О.Л. Фиговский

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ в 2020–2025-х годах

Под редакцией Ph.D. Аркадия Штейнбока

Москва
Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы
2026

УДК 001:008:004:32/35:61/69(035.3)
ББК 3/7
Ф 49

Р е ц е н з е н т ы:
заведующая кафедрой гуманитарных и социальных наук
Института технологий управления РТУ МИРЭА
доктор исторических наук, профессор *Е.В. Бодрова*;

заведующий НИЛ «Современные композиционные строительные материалы»,
профессор кафедры строительного материаловедения НИУ МГСУ
доктор технических наук *В.А. Ушаков*

Фиговский, Олег Львович.

Ф49 Развитие науки и технологий в 2020–2025-х годах : монография / О. Л. Фиговский ; под редакцией А. Штейнбока. – Москва : РУДН, 2026. – 704 с. : ил.

ISBN 978-5-209-12828-1

Монография академика Олега Фиговского предлает читателю оригинальные обзорные работы последних лет в различных областях современной науки и технике. Данная книга даст читателю достаточно полное и объективное представление о новой идеологии в науке и технике, в том числе и на систематческом анализе патентов, созданных в различных странах мира**.**

В частности, рассматриваются такие направления такие как: 3D-печать в строительстве, промышленности, медицине; наука и технологии в странах мира – Франции, Германии, Израиле, США, Индии, Канады, странах Бенилюкса, Японии, в арабском мире; прогресс Китая в области AI.

Приводятся примеры патентов в области инноваций новых материалов, например, полимерный бетон RUBCON.

Освещаются темы новой научной идеологии и направлений: управление инновациями, идеология Кремниевой долины, пути развития военных технологий, век искусственного интеллекта, применение лазеров в обороне и промышенности и пути развития военных технологий.

Для широкого круга читателей.

УДК 001:008:004:32/35:61/69(035.3)
ББК 3/7

ISBN 978-5-209-12828-1

© Фиговский О., 2026
© Штейнбок А., ред., 2026
© Оформление. Российский университет дружбы народов, 2026

Посвящается
моей супруге и соратнику
Др. Нелли Бланк

Олег Фиговский

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вместо предисловия 7

Глава 1. Прогресс разработок 3D-печати 8
1.1. Новые технологии 3D-печати в строительстве 8
1.2. Новые технологии 3D-печати в промышленности 66
1.3. Новые технологии 3D-печати в медицине 113

Глава 2. Наука и технологии в странах мира 139
2.1. Национальная инновационная система и наука Франции 139
2.2. Особенности науки и промышленности Германии 152
2.3. Наука и технологии Израиля 168
2.4. Новое в науке и технике США 183
2.5. Наука и техника Индии на современном этапе 198
2.6. Наука и технологии в Канаде 202
2.7. Наука и технологии в странах Бенилюкса 218
2.8. China's Priority in Generative AI 237
2.9. Японское экономическое чудо: причины и достижения 245
2.10. Применение лазеров в обороне и промышленности 275
2.11. Наука и технологии в арабском мире 290
2.12. Новое в биотехнологии и медицине 308
2.13. Технологии для модернизации экономики Китая 336

3. Избранные обзоры патентов 349
3.1. Rubber – Asphalts for Road Application 349
3.2. Flexible Polymer Roofing 358
3.3. Novel patents on photonic equipment 366
3.4. Chinese patents on powder' separation 380
3.5. ChatGPT patents 390
3.6. Carbon based composites 399
3.7. Modern Research & Patents on Graphene 409
3.8. Review of patents on fire-protection 419
3.9. New patents on polymer-concretes 437
3.10. Non-Isocyanate Polyurethane Foams. Part I 460
3.11. Non-Isocyanate Polyurethane Foams. Part II 488

4. Некоторые мысли о новых технологиях 507
4.1. Управление инновациями 507
4.2. Новая идеология Кремниевой долины 548
4.3. Пути развития военных технологий 566
4.4. Математическое моделирование – путь в будущее 597
4.5. Environmental threats 616
4.6. Век искусственного интеллекта 627
4.7. Agro-bio-nanotechnologies 644
4.8. Experience in obtaining foamed non-isocyanate polyurethanes 666
4.9. Advantages in the nuclear fuel 676
4.10. Израильская экономика и наука на фоне войны 687

Вместо заключения.
500 изобретений Олега Фиговского *(Яна Любарская)* 694

Краткая библиография 700

Избранные книги академика Олега Фиговского 703

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Учёным и изобретателям русского мира не всегда доступна информация, касающаяся достижений науки в других странах. Данная книга написана на основе публикаций за последние годы на английском, китайском, японском и других языках. Как главный редактор и член редколлегий многих научных журналов в США, Швейцарии, Бельгии, Израиля, России и странах СНГ и как рецензент научных проектов в USA, EU, Израиле, Казахстане и России, профессор Фиговский детально знаком с передовыми тенденциями в науке и технике и готов поделиться этим с читателями. Он выступает с лекциями в ведущих университетах мира по инжинирингу, инновационным системам и новым материалам в промышленности.

Ph.D. Аркадий Штейнбок,
научный редактор монографии

Глава 1
ПРОГРЕСС РАЗРАБОТОК 3D-ПЕЧАТИ*

1.1. Новые технологии 3D-печати в строительстве

Общий анализ создания технологии 3D-печати

Спрос на массовое строительство создаст потребность внедрения новых и более эффективных и экономичных технологий, в частности, 3DP.

В будущем благодаря популярности этой технологии частные потребители также смогут достраивать свои дома. 3DP имеет большой потенциал развития в сфере индивидуального дизайна интерьера, искусства дизайна.

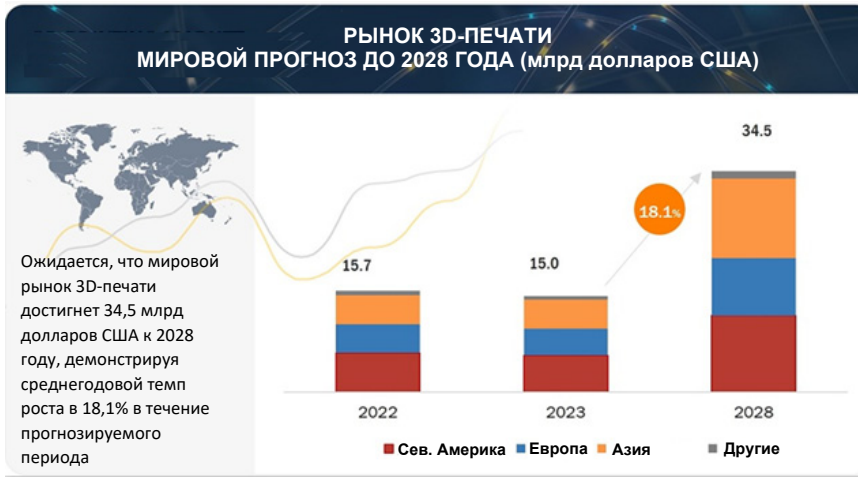


Рис. 1.1. Инвестиции в технологии 3D-печати

* Соавтор – Ph.D. Аркадий Штейнбок.

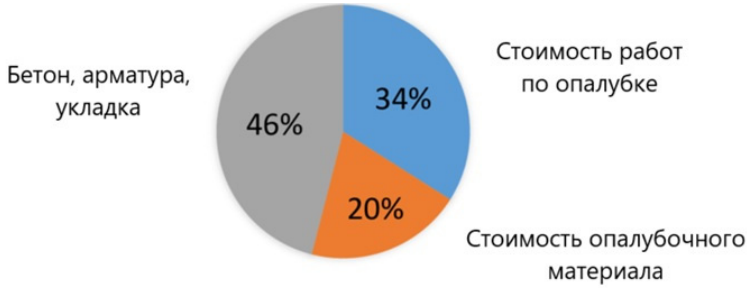


Рис. 1.2. Типичное распределение затрат на проект нового бетонного строительства

Сегодня известны некоторые условия внедрения 3DP. Исходные условия – время и небольшая потребность в рабочей силе. Для достижения лучшего качества поверхности требуется больше времени, что увеличивает затраты. Второе условие – стоимость оптимизации. Любой процесс оптимизации приведет к увеличению стоимости из-за дополнительных проектных работ, и структура может стать излишне сложной (рис. 1.1; 1.2).

3D-печать и жилищное строительство: интеллектуальная собственность и строительное право

Несмотря на потенциальные преимущества, 3DP еще не полностью реализовала свой потенциал в строительной отрасли, и не является технологией, способной полностью заменить традиционные методы строительства.

Что касается интеллектуальной собственности, существуют законы и постановления, защищающие новые изобретения и изобретателей. Одна из областей будущих изменений – установление принципов защиты интеллектуальной собственности для 3D-моделей.

В то время как технологии аддитивного производства все чаще применяются во многих отраслях промышленности, использование 3D-печати в строительстве все еще находится в зачаточном состоянии. Несмотря на столь раннюю стадию развития, технологические возможности и надвигающееся нарушение статус-кво очевидны.

Отметим некоторые аспекты, связанные с правовой и интеллектуальной собственностью. Первое: существует несколько типов технологий 3D-печати, применяемых в строительной отрасли. Второе:

взаимодействие вопросов интеллектуальной собственности, таких как авторское право, закон о промышленных образцах, патентное право, закон о товарных знаках и коммерческая тайна, связанные с 3D-печатью в строительстве. Следует проанализировать нормативно-правовую базу потенциальных проектов жилищного строительства, напечатанных на 3D-принтере, влияние технологии на правовую базу, касающуюся строительного процесса. Как результат, необходимы дальнейшие исследования как в области интеллектуальной собственности, так и в вопросах регулирования строительства, связанных с внедрением 3D-печати.

Общая функциональная схема процесса использования технологии 3D-печати в строительстве

Весь процесс 3D-печати можно описать двумя способами:

- сегмент программного обеспечения (левая часть рис. 1.3);
- аппаратный сегмент (правая часть рис. 1.3).

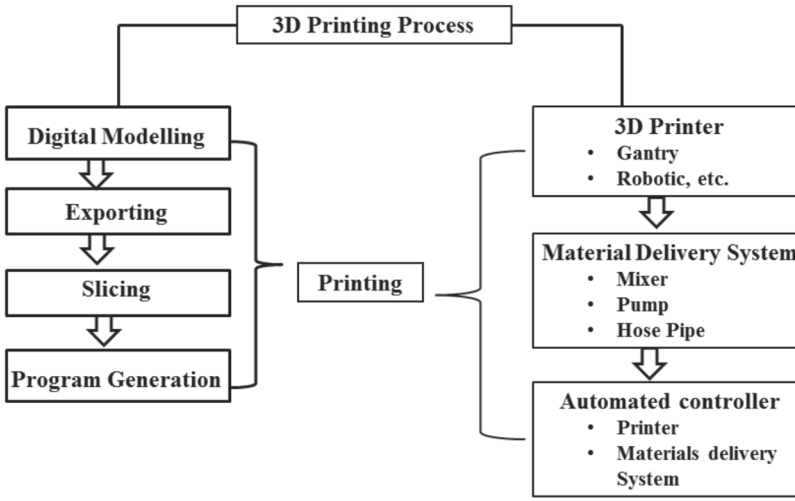


Рис. 1.3. Процесс 3D-печати для строительной отрасли

В 3D-программном обеспечении (например, AutoCAD, Revit, Inventor, Solid Works или других) объекты моделируются как 3D-объекты, затем они экспортируются в другое программное обеспе-

чение для нарезки (определить размер слоя в зависимости от печатного оборудования, материала, желаемое разрешение печати и т.д.). После этого для всего объекта создается программный файл в виде G-кода, который принтер может прочитать и выполнить задание, как показано на рис. 1.3.

В аппаратном сегменте используется встроенный принтер (портальный или роботизированный) с доставкой материала. Система, которая связана с подачей материала (например, насос или другие), и ведущая труба необходимы для подачи материала к сопловому отверстию/головке, которая соединена в концевой части шланга для нанесения материала послойно. Также необходим контроллер для управления принтером и насосом в соответствии с конструкцией (формой, размером и т.д. по конкретным параметрам) печатаемого объекта.

Эта технология позволяет использовать переработанные строительные материалы и тем самым сэкономить 30–60% строительных материалов. Кроме того, значительно (до 70%) сокращаются сроки строительства и до четырех раз – трудозатраты (рис. 1.4).

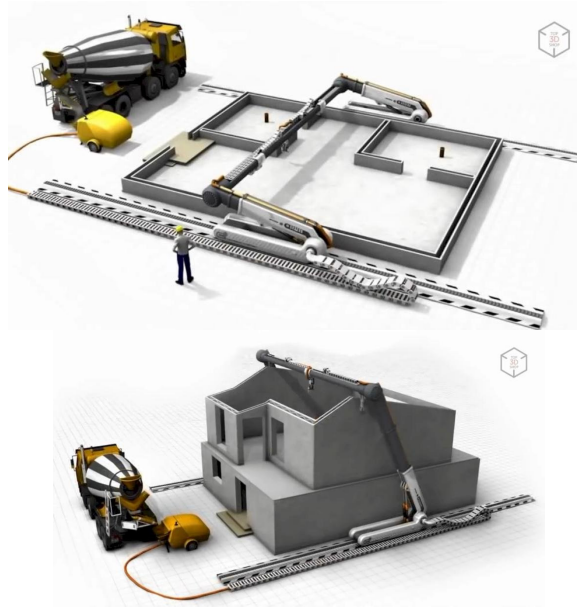


Рис. 1.4. Принципиальная схема процесса строительства методом 3DP



Рис. 1.5. Процесс 3D-печати стены

На сегодняшний день основными недостатками являются: объёмность и неудобство использования машин для 3D-печати зданий, проблема с армированием, сложности возведения здания на высоту, технические проблемы в горной местности, трудности печати горизонтальных элементов (полов и крыш), наружных отделочных работ (рис. 1.5).

Материалы для использования в 3DP

Материалы для 3D-печати и их свойства представляют значительный исследовательский интерес.

Все материалы, напечатанные на 3D-принтере, должны иметь исключительную скорость печати. Сюда входят возможность подачи и перекачки, экструдируемость, прилипаемость слоёв, минимальное время первичного затвердевания, возможность сборки.

Большую часть материалов, используемых для 3DP в строительстве, составляют бетон, гипс, сталь и полимерные материалы. А также новые материалы, такие как стабильные композиты на основе цемента, стабильные цементные пасты и различные композиты. Имеется возможность комбинирования разных материалов, например, стали и нескольких видов бетона, в том числе полимербетона. Так, исследователи из NTU Singapore использовали переработанное стекло вместо песка при 3D-печати бетона.

Бетоны и нанодобавки.

В ВТТМ СО РАН предложено заменить основу в цементных вяжущих на силикатную. Это улучшит качество используемого материала: нагрев при более низкой температуре, более высокая прочность на сжатие, отсутствие набухания при нагреве.

Замена обычной арматуры на базальтовую. Такая арматура легче, радиопрозрачна и устойчива к коррозии по сравнению с обычной. Ударопрочные характеристики такой арматуры возрастают в 4,5 раза, а долговечность – в 5 раз.

Различные наноструктурированные добавки в бетон: например, 0,1% кемерита в общей массе цемента повысит прочность конструкций на 25%.

Полимербетон – это бетон, защищенный американским патентом.

Резинобетон – первый в мире полимерный бетон, в котором в качестве связующего используется жидкая резина (полибутадиен), а не эпоксидная, полиэфирная или фурановая смола. Такой бетон имеет прочность на сжатие до 90 МПа и прочность на растяжение до 30 Мпа, что особенно важно, поскольку эта прочность на разрыв значительно выше, чем прочность на разрыв обычного портландцементного бетона.

Водопоглощение полимербетона не превышает 0,06%. Полимербетон обладает высокой химической стойкостью как к щелочам, так и к кислотам. Фактически само полимербетонное вяжущее может использоваться как самостоятельное химически стойкое защитное покрытие, обладающее высокой адгезией к стали (до 11,5 МПа при отрыве) и работоспособное до температуры 95°С (табл.1.1).

Таблица 1.1

Основные физико-химические и механические свойства RubCon

Индексы	Единицы изиерения	RubCon
Плотность	kg/m^3	2100-2300
Максимальное напряжение: – сжатие – изгиб – растяжение	MPa	 80-95 25-30 12-15
Модуль эластичности	10^4 MPa	2.0-2.7
Коэффициент Пуассона		0.26-0.28
Коэффициент теплопроводности	W/m/°C	0.3-0.5

Окончание табл. 1.1

Индексы	Единицы изиерения	RubCon
Износостойкость	$(kg/m^2)10^{-3}$	2-3
Specific toughness Удельная прочность	$(J/m^2)10^3$	3.5-4.5
Термостойкость	°C	80-100
Поглощение воды	%	0.05-0.06
Коэффициент химической стойкости при 20 ºС (из расчета на 360 дней воздействия): – 20% H_2SO_4 – 10% молочной кислоты – 20% едкого поташа – 35% H_3PO_4		 0.97-0.98 0.95-0.96 0.97-0.98 0.96-0.98 0.99-0.995 1.00-1.05
Устойчивость к истиранию	$(kg/m^2)10^{-3}$	2-3.5

Бетонное и дисперсное армирование.

Разработка перспективных бетонных смесей, способных выдерживать действие внешних нагрузок (в том числе динамических), является важной научной проблемой современного строительства.

Разработаны и представлены различные виды распределенного армирования. Эти разработки включают методы математического проектирования и экспериментальные испытания. Дисперсное армирование позволяет использование такого бетона в 3DP и увеличивает прочность на сжатие на 35% (комбинации стальной и базальтовой фибры с объемной концентрацией 2%).

Максимальная прочность на изгиб увеличилась на 79%, предел прочности при осевом сжатии – на 52%, при осевом растяжении – на 39%, модуль упругости увеличился на 33%. Аналогичные результаты были получены и для других комбинаций диффузного армирования. Проведенные исследования позволили определить наиболее эффективные сочетания волокон разных типов и их оптимальную объемную концентрацию.

Динамическая нагрузка полимержелезобетона

Лабораторный эксперимент был осуществлен в Воронежском университете (Россия). Размеры образцов составляли 16×4×4 см. Эксперимент проводился при нагрузках, соответствующих требованиям к шпалам высокоскоростных поездов ($2*10^6$ циклов нагруже-

ния). Было проведено два типа испытаний: на изгиб и на сжатие. Вот некоторые результаты экспериментов.

При динамическом изгибе:

Прочность образца со стальными волокнами 40/0,8 мм относительно $K_{b,pul}$ = 0,301 и составляет $R_{bn,pul}$ = 12,15 МПа.

Прочность образца с латунными волокнами 15/0,3 мм относительно $K_{b,pul}$ = 0,413 и составляет $R_{bn,pul}$ = 10,91 МПа.

При динамическом прессовании:

Относительная прочность образца со стальной фиброй 40/0,8 мм составляет $R_{pr,pul}$ = 77,97 МПа.

Относительная прочность образца с латунными волокнами 15/0,3 мм составляет $R_{pr,pul}$ = 75,83 МПа.

Относительная прочность образца с полипропиленовыми волокнами 12/0,12 мм составляет $R_{pr,pul}$ = 62,91 МПа.

Для сравнения, у обычного бетона прочность на осевое сжатие при таких нагрузках находится в пределах 15-40 Мпа.

3D-печать и автоматическое армирование бетонной смеси

По технологии 3D-печати бетонной смеси с автоматической системой интеграции армирования поставка арматуры организована таким образом, чтобы обеспечить практически беспрепятственное применение. Исследователи проверили влияние смеси на динамику строительного принтера. Для этого с задней стороны насадки открывается роликовый питатель. В ходе работы конструктивного 3D-принтера с акселерометра были получены данные в виде графиков частоты колебаний строительного принтера, которые характеризуют основные параметры работы. Экспериментальные кривые смещения приведены для армированных образцов размером 40×40×160 мм.

Внесение пенопласта в конструкцию для создания хорошей изолирующей способности.

Пенопечать для создания панелей с хорошей изоляционной способностью. Прототип плиты, созданный командой DBT, показывает, как можно комбинировать универсальные бетонные конструкции и пенопласт, напечатанный на 3D-принтере. В плите используются ребра, образованные изостатическими линиями, которые указывают направление сжатия и растяжения. Судя по диаграмме главных напряжений, геометрия этой плиты имеет 24 полости для пенопластовых вставок 12 различных форм.



Рис. 1.6. Сводчатая бетонная крыша HiLo и адаптивный солнечный фасад

Этот процесс можно повторить для других стандартизированных или более сложных бетонных структурных элементов. Расчет основных напряженных конструкций может быть использован для проектирования и изготовления различных элементов конструкций с эффективным применением материалов. Они могут варьироваться от стандартных элементов до индивидуальных плит и стен. Поскольку при использовании FoamWork не образуются отходы, вся производственная система потенциально может быть безотходной. Помимо минимизации отходов материала, более легкая масса элементов конструкции упрощает транспортировку, погрузочно-разгрузочные работы и сборку на строительных площадках.

Потолок бетонной плиты HiRes был спроектирован компанией DBT для одного из двух закрытых офисных помещений в блоке HiLo. HiLo – это двухэтажное гибкое рабочее пространство для совместной работы, расположенное в Дюбендорфе, Швейцария, в рамках платформы Next Evolution Sustainable Building Technologies (NEST). Главной архитектурной особенностью объекта является сводчатая бетонная крыша HiLo, конструкция, разработанная BRG. В корпусе



Рис. 1.7. Потолок бетонной плиты HiRes

находятся общее открытое пространство двойной высоты и два бокса для частных офисов. Один из этих офисов покрыт плитой HiRes и использует адаптивный солнечный фасад, разработанный A/S (рис. 1.6; 1.7).

3D-печать строительных элементов и зданий цементом BCT

Изобретение относится к материалу на основе цемента для 3D-печати и способу его изготовления. Этот материал на основе цемента для 3D-печати состоит из гелеобразующего материала в виде порошка и заполнителя.

Гелеобразующий материал в виде порошка состоит из цемента, активной добавки, восстановителя воды, ускорителя затвердевания, регулируемого агента затвердевания, расширяющего агента, связующего, воздухововлекателя, агента, сохраняющего пластичность, водоотталкивающего агента, эфира крахмала, порошкового наполнителя и волокна, а заполнитель состоит из мелкого и грубого заполнителя.

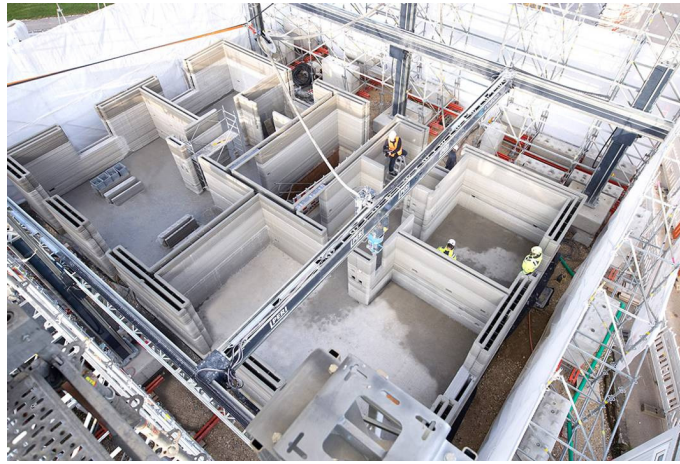


Рис. 1.8. Процесс 3D-печати стен

По сравнению с предшествующим уровнем техники, материал на основе цемента для 3D-печати обладает преимуществами хороших рабочих характеристик, технологичности, механических свойств и долговечности (рис. 1.8).

Экологические аспекты и тенденции 3DP

3D-технологии не только не создают отходов, но и позволяют повторно использовать материалы. Например, по таким показателям, как потребление энергии, выбросы углекислого газа, использование и производство токсичных веществ. Одним из направлений будущих исследований является использование оценки жизненного цикла (LCA) для анализа воздействия 3DP на окружающую среду. LCA – один из наиболее широко применяемых инструментов экологической оценки зданий.

Метод оценки LCA предполагает сбор, обработку и анализ огромных объемов данных. Это требует много времени и усилий. Поэтому для поддержки LCA необходимы инструменты информационного программного обеспечения, такие как BIM (Building information modeling). BIM – это метод управления строительством, основанный на жизненном цикле с широким спектром этапов, включая проектирование, планирование и эксплуатацию, энергопотребление и выбросы энергии и т.д. В настоящее время проводятся соответствующие исследования по методу оценки воздействия зданий на

окружающую среду, который называется оценкой воздействия на окружающую среду, BIM-LCA и 3DP показали, что они могут повысить эффективность и точность (рис. 1.9).



Рис. 1.9. 3D-печать пеной внутри бетонной конструкции

Ниже приведены несколько примеров использования технологии 3D-печати в строительстве.

Компания STRABAG И PERI построила первое здание в Австрии, используя технологию 3D-печати.



Рис. 1.10. 3D-принтер может напечатать небольшой дом за несколько часов

Новый 3D-принтер UMaine побил бывший мировой рекорд Гиннеса, продвигая новое поколение передовых производств.

Как заявили разработчики, строительство небольшого однокомнатного дома, на которое обычно уходит около месяца, принтер завершит менее чем за четыре дня. Университет штата Мэн побил собственный мировой рекорд, создав еще один гигантский полимерный 3D-принтер (рис. 1.10).

Factory of the Future 1.0 (FoF 1.0), как и его предшественник, предназначен для экологичного строительства домов в штате, который страдает от дефицита рабочих рук.

В 2019 г. инженеры из Университета штата Мэн попали в Книгу рекордов Гиннеса за создание самого крупного полимерного 3D-принтера, который напечатал дом площадью 56 м² из перерабатываемых материалов. FoF 1.0 печатает в четыре раза быстрее: аналогичный дом он напечатает примерно за 80 часов.

Принтер может печатать из термопластичного полимера объекты размером до 30 м в длину, 10 м в ширину и 5,5 м в высоту, потребляя 220 кг материала в час. Разработчики отмечают, что кроме скорости строительства технология отличается меньшими выбросами, что важно для отрасли, которая производит до 37% парниковых газов. Готовые объекты можно переработать, если их измельчить и расплавить материалы. Применение принтера не ограничивается строительством жилья, можно также создавать крупные детали для промышленных станков, кораблей, электростанций (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Презентация 3D-принтера. Фото: Umaine

В Дубае запустят крупнейший в мире экологический проект.

Крупнейший город Объединенных Арабских Эмиратов уже может похвастаться самыми высокими в мире небоскребом и жилой башней. Теперь местная компания URB собирается преобразовать береговую линию Дубая благодаря мегапроекту по восстановлению прибрежных зон. Амбициозный проект, охватывающий расстояние в 72 км и шесть пилотных зон, предполагает посадку более 100 миллионов манговых деревьев, чтобы защитить береговую линию Дубая от эрозии и повышения уровня моря. Также в планах строительство образовательно-развлекательных и природоохранных объектов, парков и общественных пространств (рис. 1.12).

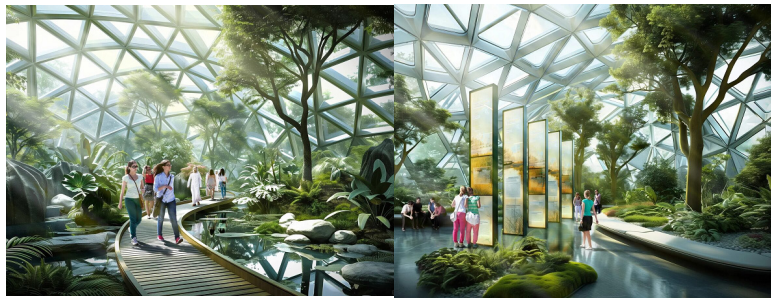


Рис. 1.12. Рендер проекта по восстановлению береговой линии эмирата Дубай / © URB



Рис. 1.13. Рендер проекта по восстановлению береговой линии эмирата Дубай / © URB. Большое здание, напечатанное на 3D-принтере в Дубае (2020)

Двухэтажное здание площадью 640 квадратных метров используется в качестве офиса для общих административных функций муниципалитета Дубая. Подчеркнём, что на постройку ушло всего два дня (рис. 1.13).

Работа над таким крупным проектом представляла собой дополнительные трудности. Строительная площадка занимала площадь около 700 квадратных метров, что при нормальных условиях строительства потребовало бы установки достаточного количества строительных лесов. Однако, поскольку специальный 3D-принтер компании размером с автомобиль является мобильным, здание было построено непосредственно на месте быстрее и эффективнее, чем традиционный строительный проект.



Рис. 1.14. Здание (2020), напечатанное на 3D-принтере, в Дубае

Вместе с тремя рабочими и одним строительным краном машина распечатывала конструкцию по секциям, применяя смесь на основе гипса Apis Cor. Позже для установки окон и крыши были использованы традиционные методы строительства, а для усиления стен добавлены арматурные опоры (рис. 1.14).

Ирландский город Дроэда.

Ирландский город Дроэда – маловероятное место для строительной революции. Примерно в 34 милях к северу от Дублина он наиболее известен церковью, в которой находится голова католического мученика Святого Оливера Планкетта. Однако в Дроэде также расположен учебный центр Harcourt Technologies (HTL) компании, имеющей лицензию на методы 3D-печати в Великобритании и Ирландии.

Но это не обычные методы 3D-печати, которые используются, скажем, для изготовления точно калиброванных медицинских имплантов или специальных инженерных деталей. Оборудование HTL было разработано датской фирмой COBOD (Строительство зданий по требованию), и в настоящее время способно печатать здания высотой до трех этажей (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Ирландский город Дроэда

Этот огромный аппарат, по сути, представляет собой сопло, соединенное с трубой, перекачивающей печатную смесь, подвешенной на гигантском портале, который управляет ее движениями. Порталы могут скользить в соответствии с требованиями плана здания,

и сопло движется вдоль них, создавая по ходу движения равномерные слои стены, как гигантская морозилка для торта. Удивительно для оборудования такого размера, но в движениях сопла, когда оно поворачивается и совершает пируэты, есть что-то почти балетное. Стены с характерной многослойной отделкой при желании могут быть выровнены или облицованы.

Но именно скорость процесса обещает революцию. После того как устройство подготовлено (а в COBOD утверждают, что опытные специалисты могут сделать это за четыре часа), система может строить по этажу в день для семейного дома среднего размера. Это и наружные стены, и все внутренние перегородки, с полостями для утепления и проемами для окон и дверей.

Нет рабочих – нет проблем.

«Это решает проблему нехватки рабочей силы. Никто не знает каменщика моложе 45 лет. Это позволяет обойти серьезную проблему в строительстве», – говорит Пол Келли из HTL.

Более того, даже лучшие каменщики обычно вносят очень незначительные изменения в первоначальные планы, например, делая оконные проемы немного у́же, чем предусмотрено, по причине неравномерной резки кирпичей из-за естественной человеческой ошибки. Затем застройщик должен дождаться завершения строительства каркаса здания и повторных измерений всех проемов, прежде чем заказывать окна и другую фурнитуру. Это добавит несколько недель к дате завершения. Однако использование принтера является чрезвычайно точным, и все можно заказать заранее с уверенностью, что оно подойдет. Здание можно сделать водонепроницаемым за несколько дней, а не недель, а учитывая проблемы с линиями водоснабжения, даже месяцев.

Есть также заявления об устойчивости технологии. По сути, для строительства стенок принтера COBOD используется цемент. Келли признает, что этот материал содержит огромное количество встроенного углерода, но утверждает, что тот факт, что его, как правило, можно купить на месте, означает, что для его транспортировки потребуется меньше миль.

«Наша миссия – строить быстрее, дешевле, лучше и экологичнее», – говорит Филип Кнудсен, директор по маркетингу COBOD, из штаб-квартиры компании в Дании. «Выбросы CO_2 [наших зданий] снизились на 50% за последние несколько лет, и снизятся еще на 50% [от нынешнего уровня] в ближайшие год или два», – замечает он.

Используемый материал для 3D-печати примерно на 50% легче обычного бетона и значительно более прочный. В процессе строительства 3D-принтер «нарисовал» стены слоями материала толщиной в несколько дюймов, а затем медленно наращивал их вверх, пока стены не достигли полной высоты. Когда стены были завершены, строительные бригады заполнили стены изоляцией, установили крышу (готовые элементы) (рис. 1.16).

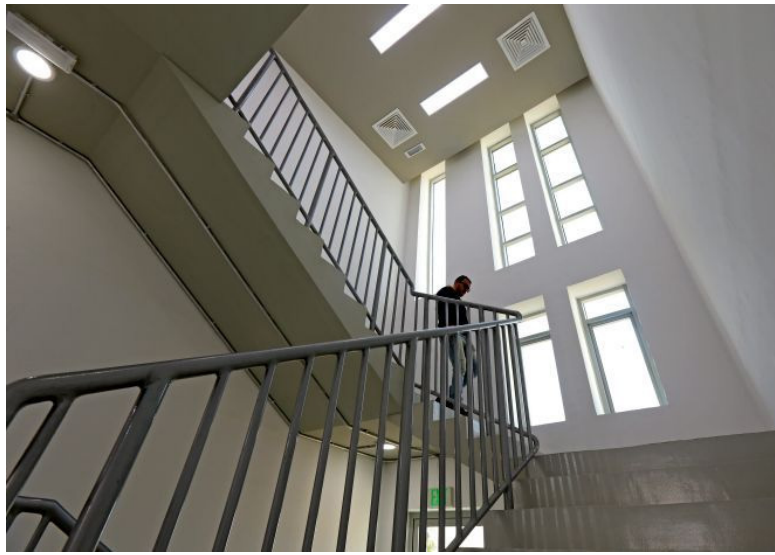


Рис. 1.16. Вид здания изнутри.
Фото: Сатиш Кумар/Reuters

Металлический мост, напечатанный на 3D-принтере.

В октябре 2022 г. голландская робототехническая компания MX3D (разработчики нескольких новаторских проектов в области аддитивного роботизированного производства) завершила печать стального моста с использованием шестиосных промышленных роботов (рис. 1.17).

Впервые проект был предложен еще в 2015 г., и с тех пор мост претерпел несколько различных итераций. Первоначальный план заключался в том, чтобы построить его на месте, но эта идея была слишком опасной.



Рис. 1.17. 3D-печатный мост в Нидерландах. Фото с сайта dezeen.com

Этап строительства уже завершен, и мост установлен через канал в Амстердаме в 2019 г.

В России появится одно из самых высоких зданий в мире, напечатанных на 3DP.

В Татарстане планируют напечатать на 3D-принтере здание высотой 9,8 м. Внутри разместится многофункциональный общественно-культурный центр, где будут проходить концерты, выставки и кинопоказы. Новый объект станет одним из самых высоких зданий, напечатанных на 3D-принтере в мире (рис. 1.18).

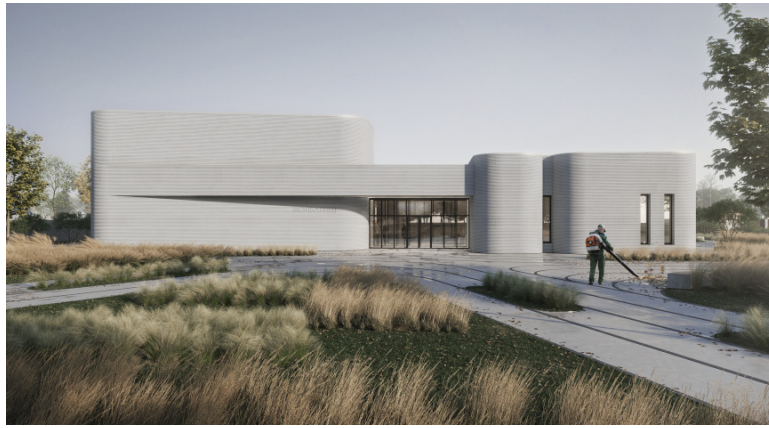


Рис. 1.18. Одно из самых высоких зданий в мире, напечатанных на 3D-принтере в России

Проект уже прошёл экспертизу и получил разрешение на строительство от управления государственной экспертизы и ценообразования по строительству и архитектуре Республики Татарстан.

Новое здание под названием «Мелля» построят в селе Мальбагуш Азнакаевского района.

Технология гибридного покрытия в строительстве

В индустрии покрытий с оборотом в несколько миллиардов долларов в последнее время наблюдается более пристальное внимание к полиуретану и его применению. Основное значение придается безопасности работников со стороны OSHA, которое разработало новые стандарты и рекомендации для предприятий, использующих полиуретан. Обычно аппликатор украшает полный защитный костюм с покрытием с головы до ног из-за токсичности изоцианатов в полиуретановом веществе. Хотя существуют тысячи применений, таких как напыление пены на трубы и защитные покрытия на автомобилях, но наибольшую озабоченность вызывают покрытия для промышленных полов.

Эти промышленные напольные покрытия используются в складских помещениях, ангарах аэропортов, больницах, ресторанах, школах и других промышленных помещениях. При покрытии полов традиционным полиуретаном всегда существует риск чрезмерного воздействия токсичных веществ, называемых изоцианатами, содержащихся в покрытиях. Известно, что изоцианаты при тесном контакте вызывают астму, рвоту, раздражение грудной клетки, горла и носа, а в некоторых случаях даже смерть. Ни для кого не секрет, что во время катастрофы в Бхопале в Индии утечка изоцианатов с завода Union Carbide привела к гибели более 10 000 человек, и сегодняшнее применение обычного полиуретана не сильно изменилось.

Ответом на вопрос о нетоксичном полиуретане послужило изобретение академика О. Фиговского, названное «Зеленый полиуретан™». Зеленый полиуретан™ (также называемый HNIPU – гибридный неизоцианатный полиуретан) – это «гибридный» материал, который сочетает в себе высокую химическую стойкость эпоксидной смолы и улучшенные свойства долговечности и износостойкости полиуретана, что делает его идеальным применением для защиты поверхностей с интенсивным движением и коррозией, особенно с повышенными требованиями безопасности. Благодаря 100% содержа-

нию твердых веществ и специальной рецептуре отверждения Green Polyurthan ™ можно наносить в один слой (в зависимости от основания), обеспечивая экономичную замену используемым в настоящее время многослойным системам напольных покрытий. Green Polyurthan™ также является первым надежным решением проблемы опасности для окружающей среды и здоровья людей, связанных с изоцианатами в полиуретане. Его функции безопасности с нулевым содержанием изоцианатов и летучими органическими соединениями позволяют применять без ущерба для бизнеса, что обеспечивает экономию 30-60% затрат на использование для клиентов.

Пример оборудования: бетонные 3D-принтеры (ICE CORAL).

Мобильный принтер и все его аксессуары помещаются в один грузовик или в два 20-футовых транспортных контейнера.

Один из них можно было использовать как станцию очистки и сарай для технического обслуживания, а другой – как склад и гараж (рис. 1.19).



Рис. 1.19. Полный комплект оборудования для 3DP на одном грузовике

Бетононасос оснащен кавитационным насосом для зерна размером до 8 мм. Он может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме (рис. 1.20).

Дозирующая насосная станция доставляет добавки в печатающую головку. Это неотъемлемая часть системы (рис. 1.21).



Рис. 1.20. Бетононасос



Рис. 1.21. Насосная станция присадок в процессе работы

Гусеничное шасси танка позволяет принтеру передвигаться по строительной площадке. Шасси может быть дизельным или электрическим (рис. 1.22).



Рис. 1.22. Шасси – подвижная база для насоса



Рис. 1.23. Пример модульного дома – элементы созданы с 3DP

Модульные дома, напечатанные на 3D-принтере, предлагают эффективное и доступное решение с высокой степенью гибкости дизайна, широким спектром вариантов планировки и возможностей индивидуальной настройки. Это позволяет домовладельцам создать дом, отвечающий их потребностям и предпочтениям (рис. 1.23-1.29).



Рис. 1.24. Процесс печати дома

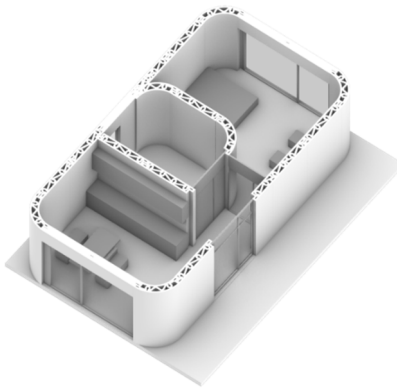


Рис. 1.25. Общий вид дома (60 м^2)

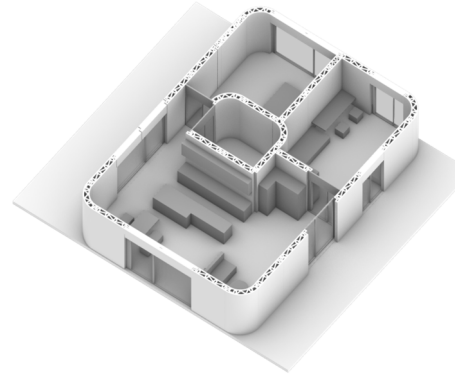


Рис. 1.26. Общий вид дома (95 м^2)

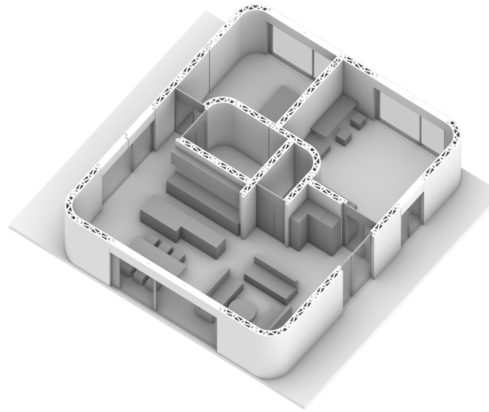


Рис. 1.27. Общий вид дома (120 м^2)

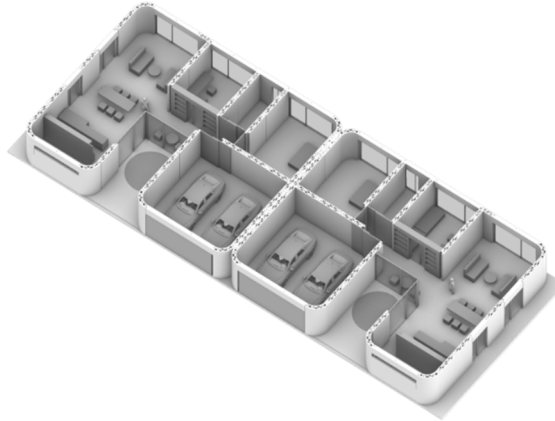


Рис. 1.28. Общий вид дома – кластер



Рис. 1.29. Схема строительства перекрытий/крыши

3DP для создания модульной системы защиты.

Это уникальная система защитных, боевых и предохранительных элементов, изготовленная по технологии 3D-печати бетоном.

Система MoDeSty предлагает универсальное решение для создания защитных барьеров, бункеров, контрольно-пропускных пунктов и домов для удовлетворения разнообразных потребностей в военных конфликтах, борьбе с терроризмом и при защите от других угроз.

Эти модули, совместимые друг с другом, делают возможным создание сложных конструкций из простых элементов, одновременно выполняя множество функций.

Возможность настройки отдельных деталей позволяет создавать конструкции различных классов стойкости с учетом конкретных требований безопасности и в соответствии с соглашением по стандартизации (рис. 1.30; 1.31; табл. 1.2).



Рис. 1.30. Примеры элементов защиты

Таблица 1.2

Пример модулей защиты, созданных с 3DP

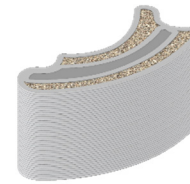
Модули защиты			
Классы сопротивления	**A3**	**A4**	**A5**
Диапазон высот	0,5–3 м	0,5–3 м	0,5–3 м
Ширина	1,3 м	1,3 м	1,85 м
Общая ширина стены	0,3 м	0,3 м	0,6 м
Объем 3D-бетона	0,32 м^3	0,32 м^3	0,5 м^3
Объем наполнения	–	Песок 0,2 м^3	Гравий 4–8 мм 0,45 м^3 Железобетон 0,25 м^3
Время печати	20 мин	20 мин	30 мин
Транспортный вес	800 кг	800 кг	1700 кг



Рис. 1.31. Общий вид модулей защиты на поле

Дизайн с использованием цифровых технологий

Техасская компания Icon, которая занимается производством 3D-принтеров, показала новую модель Phoenix в работе. Она построила двухэтажный дом в городе Остин. Новый принтер легко настраивать и перемещать с места на место, он требует меньше операторов и быстро справляется с масштабными работами. Его использование вдвое дешевле, чем у Vulcan, предыдущего поколения принтеров Icon. Phoenix состоит из большого свободно движущегося шарнирного рычага на вращающемся основании. Его создавали как более мобильный и автономный аппарат. Предыдущая модель – Vulcan имела зафиксированные колонны и поперечины. При создании 3D-принтера с головкой, прикрепленной к концу поворотного рычага, труднее всего было обеспечить точность. Для строительства жилых помещений она необходима. Icon сумела разработать систему стабилизации, которая предотвращает раскачивание выталкивающего сопла на конце рычага. Она не только более мобильна, но и может печатать крупные многоэтажные здания.

Дизайн с использованием цифровых технологий: 3D-печать открывает новые возможности в Китае (рис. 1.32).

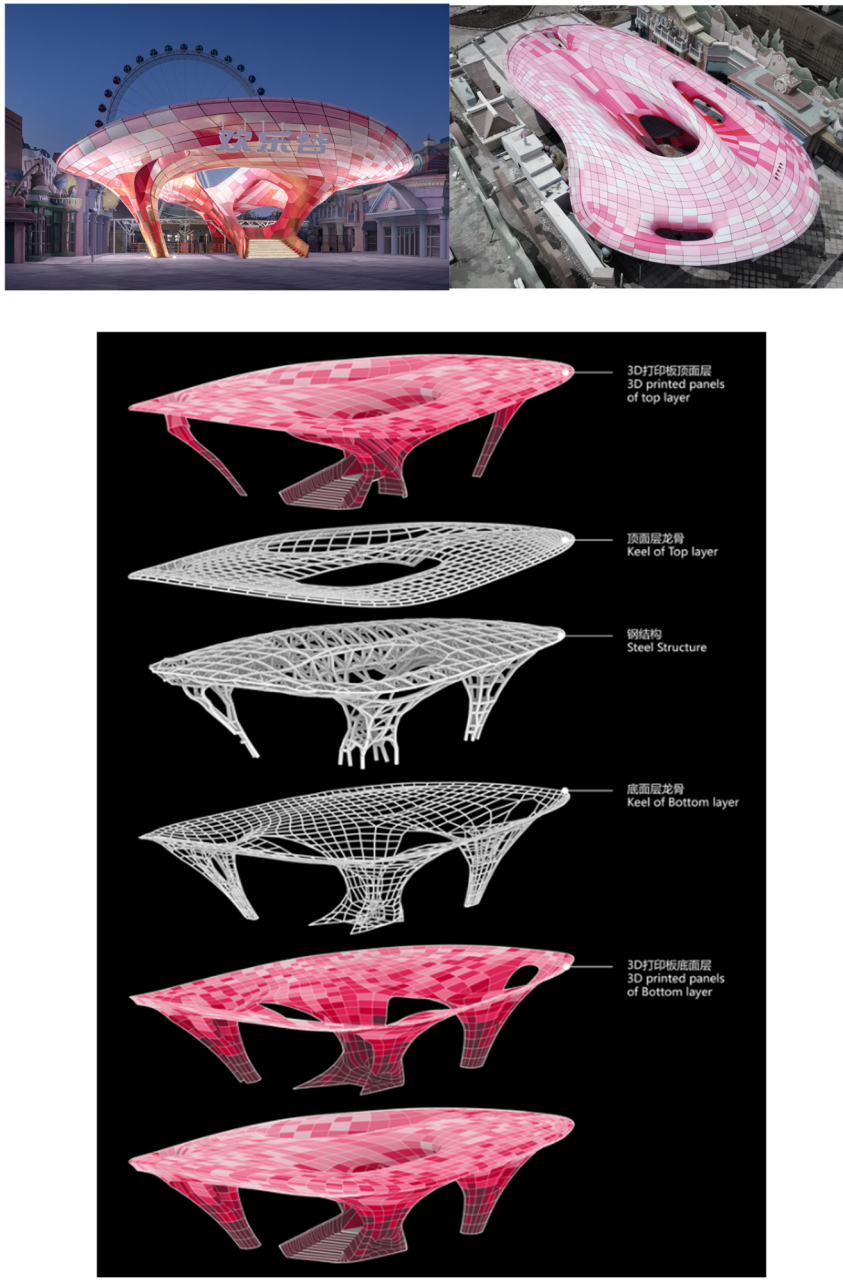


Рис. 1.32. Пример создания сложного дизайна, используя 3D-печать (Китай)

По данным компании, Phoenix вдвое снижает затраты по сравнению с Vulcan. Использование системы будет стоить около $25 за квадратный фут (около 0,09 м²) для стеновых систем и $80 за квадратный фут для фундамента и крыши. Это позволит сэкономить около $25 тысяч на строительстве типичного американского дома. Руководство Icon считает, что будущее строительства и проектирования принадлежит искусственному интеллекту. Поэтому она выпустила ИИ-систему Vitruvius, которая позволит быстро получить проект дома, который можно напечатать на 3D-принтере. Система поможет спроектировать дом и создать планы этажей, визуализацию интерьера и фасада за считанные минуты, исходя из собственных желаний и бюджета. Icon утверждает, что к концу года система Vitruvius сможет предоставлять полную строительную документацию и проекты, готовые к получению разрешений, а также бюджеты и графики строительства.

Icon – американский лидер 3D-строительства с 2018 г., когда компания представила свой первый принтер. С тех пор Vulcan напечатал 130 домов в США и Мексике. Она планирует создать полностью напечатанный район в родном штате Техас. Кроме того, компания сотрудничает с NASA. Она создаёт прототипы базы для Марса и работает над 3D-инфраструктурой на Луне, включая посадочные площадки, дороги и жилые помещения. Их возведут в рамках проекта «Олимп».

Американские специалисты использовали 3D-принтер для печати деревянных конструкций из смеси целлюлозы и лигнина. После горячего прессования при 180 градусах по Цельсию брусок из такого материала оказался схожим с натуральной древесиной из бальзы по визуальным и механическим свойствам. В процессе обработки древесины для изготовления конструкций лишние части обтачивают или вырезают для придания нужной формы, что приводит к образованию колоссального количества опилок. Опилки хотя и находят применение при изготовлении древесно-стружечных плит, но все еще являются нерациональной тратой древесины.

В современном мире 3D-печать коренным образом изменила подходы к изготовлению конструкций: с ее помощью можно печатать разнообразные изделия от дамасской стали и перерабатываемого углеродного транзистора до ушной раковины и десерта из семи ингредиентов. Группа материаловедов под руководством Мухаммада Рахмана (Muhammad M. Rahman) из Университета Райса и Ок-Риджской национальной лаборатории разработали состав для

3D-печати материала, по свойствам и составу похожего на древесину. В отличие от других работ они решили отказаться от добавок и органических растворителей и использовать водный раствор лигнина из твердых пород дерева и смеси нановолокон и нанокристаллов целлюлозы.

Технологии 3D-печати помогают снизить расходы и время на производство, сокращают отходы. И в то же время многим материалам, которые используются в аддитивных технологиях, недостает прочности. Для решения этой проблемы специалисты из США разработали новый процесс печати: изделие из неметаллического материала получается прочнее и в пять раз быстрее, чем у традиционных 3D-принтеров. Принцип жидкой 3D-печати заключается в послойном отвердении жидкого фоточувствительного полиуретана под действием света. Чтобы перейти к печати следующего слоя, платформа с моделью поднимается, постепенно обретая заданную форму. Проблема в том, что застывающий, еще липкий полимер нужно перемещать очень аккуратно, что существенно замедляет процесс печати. Инженеры из Сандийской национальной лаборатории сравнили этот процесс с выпечкой:

«После того как вы испекли печенье, ему надо дать остыть. Если вы попытаетесь оторвать горячее печенье от противня, оно будет слишком мягким и сломается. То же происходит с 3D-принтером, если печатать слои быстро. Модель окажется кривой», – пояснила Леа Эпплханс, участница проекта. Команда разработали инновационный метод охлаждения материала после печати при помощи двух источников света: синего и ультрафиолетового. На эту идею их натолкнули методы двухволновой печати с полимеризацией акрила и непрерывной жидкой печати (CLIP). Печать идет как обычно, слой за слоем, но второй источник света предотвращает полимеризацию на дне кюветы, чтобы модель не прилипала. Следовательно, деталь можно перемещать быстрее. Вместо акрила инженеры взяли дициклопентадиен, который применяется при производстве красок и огнетушителей. Для того чтобы он лучше полимеризировался, они изменили базовые компоненты материала с акриловых на олефиновые. Это позволило повысить прочность моделей. Главная цель исследователей – расширить для инженеров и дизайнеров диапазон используемых полимеров, чтобы им проще было выбирать подходящий материал для своих проектов.

Компании PERI 3D Construction и KRAUSGRUPPE меньше, чем за шесть дней, возвели центр обработки данных Wave House

в Гейдельберге (Германия). Новое здание стало крупнейшим строением в Европе, напечатанным на 3D-принтере. Его площадь составляет 600 кв. м.

В немецком городе Люнене начинается строительство социального жилья с использованием 3D-печати. Проект предусматривает возведение трёхэтажных домов с двумя квартирами на каждом этаже площадью от 61 до 81 кв. м. Первые два этажа будут напечатаны на 3D-принтере COBOD BOD 2, а третий этаж будет надстроен из дерева. Процесс печати одного дома займёт около 100 часов. О масштабном проекте объявил производитель 3D-принтеров COBOD. Его реализует компания Peri 3D Construction, которая также знаменита строительством центра обработки данных для KRAUSGRUPPE. COBOD BOD 2 напечатает первые два этажа по чертежам PERI 3D Construction и KRAUSGRUPPE за 100 часов, послойно укладывая смесь, похожую на цемент, из роботизированного сопла. Ранее этот принтер создал сейсмостойкий дом за 26 часов.

Однако верхний этаж создадут и установят люди-строители. В экстерьере первых двух этажей останется оригинальная бетонная конструкция с характерным ребристым внешним видом стен, а деревянный этаж отделают фасадной обшивкой. Помимо деревянного пола и крыши строители также установят окна, проводку, сантехнику и все остальное. Фабиан Мейер-Брётц, управляющий директор Peri 3D Construction, считает, что технология уже пригодна для широкого использования в строительстве. Он ожидает, что в ближайшие годы 3D-печать домов станет популярной в Германии (рис. 1.33).



Рис. 1.33. PERI печатает на 3D-принтере трехэтажный жилой дом в Германии

Цементная компания Progreso завершила строительство первого в Гватемале здания, напечатанного на 3D-принтере. Сам процесс занял всего 26 часов, но вместе с обустройством дома инженерными системами работа растянулась на неделю. Прототип дома был спроектирован так, чтобы противостоять местной сейсмической активности. Проект сочетает современные методы строительства с помощью 3D-печати и местные традиции, реализованные в соломенной крыше. Дом площадью 49 кв. м был построен с использованием принтера COBOD BOD2, который также применялся при строительстве первого в Европе двухэтажного напечатанного дома. В данном случае 3D-принтер также пошагово создавал оболочку здания, экструдируя цементоподобную смесь по чертежу.

Процесс печати занял всего 26 часов, хотя растянулся на семь дней. Как только бетонный каркас был завершен, строители добавили окна, двери, проводку и сантехнику. Они установили крышу из пальмовой соломы, которая является традиционной в этом регионе. Были установлены деревянные рейки, которые также способствуют естественной вентиляции. Упор был сделан на то, чтобы конструкция выдерживала даже сильное землетрясение. 3D-печать позволила создать стены органической формы, которые иначе было намного дороже возвести из бетонных блоков – главного материала строительства в регионе. Крыша из пальмовых листьев используется столетиями в Латинской Америке, поскольку она недорогая, обеспечивает комфортную температуру и хорошо подходит для сейсмических регионов благодаря гибкому и легкому материалу.

Одноэтажный дом имеет простую внутреннюю планировку, в которой напечатанные из бетона стены остаются открытыми – без дополнительной отделки. В здании есть гостиная, небольшая кухня и спальня, которая может быть и кабинетом. Еще одно помещение – ванная комната с санузлом.

Крупнейший в мире 3D-принтер строит уютные дома из дерева.

Эми Гуния, CNN 3 июня 2024 г.

Университет штата Мэн, Центр передовых структур и композитов.

В конце 2022 г. Центр передовых структур и композитов Университета штата Мэн (ASCC) представил BioHome3D, односемейный дом площадью 600 кв. футов, который является первым в мире домом, напечатанным на 3D-принтере и полностью изготовленным из биоматериалов.

По всему миру построены десятки домов, напечатанных на 3D-принтере, для размещения семьи в американском штате Вирджиния или членов бедной общины в сельской Мексике. Крупнейший в мире район, напечатанный на 3D-принтере, в настоящее время строится недалеко от Остина, штат Техас (рис. 1.34-1.37).





Рис. 1.34. BioHome3D – деревянный дом, созданный с 3DP, вид комнаты (2022, Университет штата Мэн)



Рис. 1.35. BioHome3D – деревянный дом, созданный с 3DP



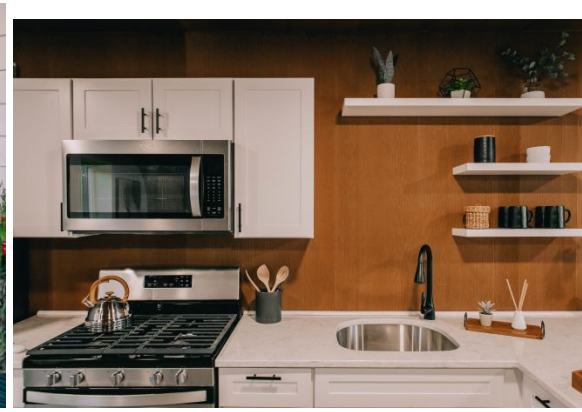


**Рис. 1.36. BioHome3D – деревянный дом,
созданный с 3DP, – вид входа и кухни**



Рис. 1.37. BioHome3D – деревянный дом, созданный с 3DP, – вид комнат

Согласно отчету, опубликованному в прошлом году тремя агентствами штата, эта технология может быть особенно полезна в таком месте, как американский штат Мэн, которому к 2030 г. потребуется около 80 000 новых домов для решения проблемы нехватки жилья.

Дом каждые 48 часов: в последние годы 3D-печать использовалась для строительства всего – от предприятий до мостов и мечетей. Одна некоммерческая организация даже работает над типографскими школами в зоне боевых действий. Дубай в Объединенных Арабских Эмиратах занесен в Книгу рекордов Гиннеса как самое большое в мире сооружение, напечатанное на 3D-принтере, и стремится к 2030 г. построить 25% новых зданий с использованием технологии 3D-печати.

Подавляющее большинство современных методов печати основано на бетоне: роботизированная рука, оснащенная соплом, накладывает слой влажного бетона на нужную форму.

ASCC меняет сценарий. Его гигантский принтер и предшественник, который в 2019 г. был сертифицирован Guinness World Records как «крупнейший прототип полимерного 3D-принтера», –

единственные принтеры, строящие дома из отходов древесины, говорит Дагер.

Технология уже опробована. В конце 2022 г. университет представил BioHome3D, односемейный дом площадью 600 кв. футов, который является первым в мире домом, напечатанным на 100% биологической основе и построенным на 3D-принтере из местного древесного волокна и материалов из биосмолы.

«Когда они делают бетон, они печатают только стены», – говорит Дагер. Он добавляет, что пол, крыша и стены BioHome3D были напечатаны. По его словам, бетонные дома также необходимо строить на месте. Это может быть проблематично, особенно во время снежной зимы в Новой Англии. «Когда погода портится в течение двух недель, вы не можете печатать», – добавляет он.

ASCC, напротив, напечатала готовые модули в университете и соединила их вместе на месте, чтобы создать BioHome3D.

Хабиб Дагер, исполнительный директор Центра перспективных структур и композитов Университета штата Мэн: новый принтер может печатать объекты размером до 96 футов в длину, 32 фута в ширину и 18 футов в высоту и печатать со скоростью до 500 фунтов в час. Дагер говорит, что цель – напечатать 1000 фунтов материала за час. По его словам, при такой скорости он сможет воспроизвести BioHome3D за 48 часов. Если они смогут достичь этой цели, их дома, напечатанные на 3D-принтере, будут «очень конкурентоспособны по сравнению с текущими затратами на жилищное строительство», – добавляет он. Но обрабатывать древесные материалы на такой высокой скорости может быть затруднительно. Даже рекордные принтеры ASCC иногда застревают. Например, при печати BioHome3D принтер перестал работать из-за скопления пыли. «Никто никогда раньше не делал этого с такими материалами», – говорит Дагер. Теплые деревянные полы и стены BioHome3D придают ему вид элегантного современного бревенчатого домика в скандинавском стиле.

«Многие люди считают, что бетон – это холодная вещь, и это необязательно то место, где вы хотите жить», – говорит Дагер. Однако BioHome3D очень теплый и привлекательный.

Сначала нужно преодолеть некоторые препятствия. «На изменение норм требуются годы», – говорит Дагер, имея в виду строительные нормы, которым должны соответствовать строительные компании.

Одним из больших преимуществ метода является то, что когда дом больше не нужен, его можно снести и использовать для печати

чего-то другого из его материала. ASCC применяет древесные отходы лесопилок штата Мэн в своих исследованиях, и рассматривает возможность расширения производства на основе этих местных побочных продуктов. Тысячи людей осмотрели прототип в университетском городке Ороно, штат Мэн. Дагер говорит, что это редкий случай, когда посетитель не спрашивает: «“Когда я смогу его получить?» «Мы слышим: Знаете, я ухожу на пенсию и хочу сократить штат. Могу ли я построить у себя одну из них?», – говорит Дагер.

Принтер не заменит традиционное жилищное строительство, но в будущем дома, напечатанные на 3D-принтере, вероятно, будут составлять большую долю мирового жилищного фонда.

ASCC сейчас работает над тем, как включить в процесс печати кабелепроводы и водопроводные трубы – «именно там, где этого хочет архитектор», – добавляет Дагер.

Следующий крупный проект типографии – это район из девяти домов для бездомных. ASCC сотрудничает с местной неправительственной организацией для проектирования конструкций, а печать планируется начать в 2025 г.

Плюсы 3D-печати в архитектуре.

Архитекторы все чаще прибегают к услугам 3D-печати для улучшения своих рабочих процессов. Это мощный инструмент, который расширяет их возможности и способствует инновациям. 3D-печать предлагает архитекторам несколько явных преимуществ.

Быстрое прототипирование: позволяет архитекторам создавать физические прототипы, способствуя инновациям и итеративным процессам проектирования.

Кастомизация и персонализация: предлагает уникальные возможности для создания индивидуальных архитектурных элементов, повышая персонализацию дизайна.

Сокращение времени и затрат на строительство: оптимизирует строительные процессы, снижает затраты на рабочую силу и материальные отходы, а также продвигает методы устойчивого строительства.

Минусы 3D-печати в архитектуре.

Несмотря на выдающиеся преимущества и возможности, 3D-печать в архитектуре, как и любая новая технология, сталкивается с определенными ограничениями и проблемами, которые необходимо учитывать.

Высокие затраты. Первоначальные инвестиции в оборудование для 3D-печати могут быть значительными, что представляет проблему для малого бизнеса или отдельных архитекторов.

Нехватка квалифицированной рабочей силы. Отрасль сталкивается с нехваткой специалистов, разбирающихся в технологиях 3D-печати, что влияет на ее более широкое внедрение.

В 2024 г. 3D-печать в архитектуре произвела революцию в дизайне благодаря устойчивым практикам, сложной геометрии, экономически эффективным городским решениям, сохранению наследия и созданию индивидуальных пространств, одновременно интегрируя интеллектуальные технологии и способствуя сотрудничеству в сфере образования. Архитекторы творчески используют эту технологию в своей повседневной работе, особенно при создании прототипов, предложении дизайнерских идей и повышении общей эффективности.

Пример дигитального моделирования здания.

3D-печать широко используется для создания физических моделей архитектурных проектов. В отличие от традиционных двумерных представлений, таких как чертежи и чертежи, модели, напечатанные на 3D-принтере, обеспечивают реалистичное трехмерное представление предлагаемой конструкции. Эти модели позволяют архитекторам визуализировать и понять больше о проекте до фактического строительства, как, например, этот напечатанный на 3D-принтере район в Техасе (рис. 1.38; 1.39).



Рис. 1.38. Масштабная модель дома, напечатанная на 3D-принтере. Фото: R3DPrints



Рис. 1.39. Напечатанная модель. 3D-печать позволяет воссоздать самые сложные элементы дизайна без ущерба для точности. Фото: R3DPrints

Повышение эффективности рабочего процесса.

Помимо демонстрации общих концепций дизайна, 3D-печать можно использовать для выделения конкретных элементов дизайна и сложных деталей, превращая презентации из простых презентаций в захватывающие впечатления. От демонстрации инновационных структурных компонентов до демонстрации уникальных материалов отделки – модели, напечатанные на 3D-принтере, обеспечивают уровень детализации, который невозможно передать в цифровых презентациях.

3D-печать позволяет архитекторам быстро создавать физические модели своих проектов. Это облегчает итеративные процессы проектирования, благодаря которым архитекторы могут быстро визуализировать, оценивать и совершенствовать свои проекты на основе отзывов клиентов. Модели, напечатанные на 3D-принтере, оптимизируют планирование строительства, обеспечивая точную детализацию конструкции, что сводит к минимуму задержки и сокращает отходы.

Выбор 3D-принтеров для архитектуры.

Для создания архитектурных моделей доступны различные технологии 3D-печати, каждая из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Эти специализированные принтеры предлагают множество

преимуществ, которые улучшают процесс проектирования, результаты проектов и способствуют устойчивому развитию архитектуры. Приведем некоторые из наиболее часто используемых технологий.

Моделирование наплавленным осаждением на основе нитей (FDM): FDM – это универсальная и доступная технология, в которой пластиковые нити используются для создания моделей слой за слоем. Он особенно хорошо подходит для создания крупномасштабных моделей.

Стереолитография на основе смолы (SLA): SLA позволяет создавать высокодетализированные и точные модели с гладкой поверхностью. Он идеально подходит для создания сложных моделей с мелкими деталями.

Селективное лазерное спекание на основе порошка (SLS): SLS использует лазер для спекания мелких частиц порошка, создавая прочные и долговечные модели. Его часто используют для создания моделей, требующих структурной целостности.

Binder Jetting предлагает архитекторам несколько явных преимуществ, что делает его привлекательным для создания архитектурных моделей, прототипов и даже полномасштабных конструкций.

Поскольку технология 3D-печати продолжает развиваться, а ее применение расширяется, ожидается, что она будет играть все более важную роль в формировании будущего архитектуры. Более того, 3D-печать может изменить архитектурную практику, сделав проекты более эффективными, устойчивыми и высококачественными.

Обеспечивая возможность изготовления на месте, минимизируя отходы материала и оптимизируя структурную целостность, 3D-печать в архитектуре может снизить затраты на строительство, минимизировать воздействие на окружающую среду и повысить долговечность зданий.

Обеспечение процессов эффективного возведения бетонных конструкций различной функциональности в строительстве

Бетонные конструкции – это большая группа строительных материалов, обладающих высокой прочностью и долговечностью. Однако в чистом виде его нельзя использовать для изготовления габаритных изделий. Армирование металлом повышает устойчивость к деформациям, прочность и долговечность конструкции. Именно поэтому возведение современных строительных объектов невозмож-

но осуществить без применения бетонных и железобетонных конструкций. Изделия из железобетона – прочные и надежные конструкции, используемые в разных видах строительства. Многообразие изделий обусловлено широкой сферой применения, особенностями конструкции, материалами. Для изготовления используют разные виды бетона – ячеистые, лёгкие, тяжёлые, особо тяжёлые, жаростойкие, декоративные, стойкие к химическим воздействиям. По виду армирования – предварительно напряженные изделия и ненапряженные.

Классификация железобетонных конструкций по форме выглядит следующим образом:

– линейные – балки, прогоны, колонны;

– блочные, предназначенные для изготовления фундамента и возведения стен;

– пространственные – кольца колодцев, трубы;

– плоскостные – плиты, перегородки.

Изделия из железобетона применяют при строительно-монтажных работах в гражданском, энергетическом, промышленном, железнодорожном строительстве для возведения стен, фундаментов, перекрытий, мостов, опор линий электропередачи (ЛЭП) и многого другого.

Охарактеризуем основные виды железобетонных конструкций:

– монолитные изделия используют при жилищном строительстве. Они ускоряют возведение всех видов зданий и сооружений;

– сборные железобетонные конструкции доставляют в готовом виде со строительного комбината. Основное преимущество – возможность проведения строительных работ в любое время года;

– железобетонные плиты применяют для создания перекрытий в жилых зданиях.

Для перекрытия производственных цехов используют бетонные фермы. Железобетонные конструкции в виде ригелей и балок – опоры, размещённые в определённых местах возводимого строения. При строительстве здания на слабых грунтах используют железобетонные сваи, обеспечивающие устойчивость сооружения. Для увеличения долговечности и надежности ЛЭП применяют стойки. Основные несущие элементы каркаса здания – колонны, имеющие прямоугольное или квадратное сечение.

Отметим основные преимущества железобетонных конструкций:

– высокая прочность, возможность эксплуатации в регионах с высокой сейсмичностью;

– стойкость к воздействию влаги, растворов кислот и щелочей;

– долговечность;

– морозостойкость;

– огнестойкость;

– технологичность – возможность изготавливать путем заливки изделия сложной формы;

– высокая скорость проведения строительных работ;

– низкая цена.

Сочетание этих качеств позволило железобетонной продукции занять лидерские позиции среди строительных материалов. Основной недостаток – высокая масса. Она увеличивает расходы на транспортировку и монтаж, требует затрат на усиление основы сооружения.

Эффективность возведения бетонных конструкций различной функциональности связана с обеспечением прочности бетона, которая в свою очередь зависит от состава исходного сырья – цемента, песка, гравия. Большое значение имеют пористость и плотность строительного материала. Бетон имеет невысокую теплопроводность, железобетонные конструкции переносят длительный нагрев, поэтому их используют для возведения промышленных объектов. Важная характеристика железобетонных конструкций – морозоустойчивость, способность выдержать многочисленные замерзания и оттаивания без ухудшения качества. Недостаток бетона – невысокое сопротивление растяжению.

Возведение железобетонных конструкций различной функциональности с использованием технологии фибробетонов связано с активным внедрением стекло-, органо- и минеральных волокон, как новейших добавок к железобетону, значительно повышающих прочность и долговечность конструкций. Волокна способствуют устойчивости бетона к растрескиванию, тепловому расширению и вибрации, продлевая срок службы и уменьшая необходимость в будущем обслуживании.

Армирование фибробетоном железобетонных колонн может изменить осевое напряженное состояние бетона на трехмерное напряженное состояние и улучшить несущую способность и деформационную способность замкнутого бетона. Результаты практического использования фибробетона при возведении бетонных конструкций различной функциональности показывают, что железобетонные колонны, укрепляющие углепластиковую ткань, обладают характеристиками простой конструкции, сильной коррозионной

стойкостью, хорошим сдерживающим эффектом и практически не требуют обслуживания. Когда железобетонные колонны подвергаются осевому сжатию, стержни вызывают боковое расширение с очень малым предельным значением. Например, вокруг элементов могут быть созданы поперечные ограничения, чтобы предотвратить такое боковое расширение сжимающих элементов и улучшить способность элементов к сжатию и деформации. Возведение бетонных конструкций различной функциональности по технологии создания фибробетонов – идеальный выбор для проектов, подвергающихся суровым условиям окружающей среды, или для использования в крупных конструкциях, таких как мосты и башни (рис. 1.40).



Рис. 1.40. Возведение железобетонной колонны из фибробетона на основе углеродного волокна

Кроме того, 3DP позволяет легко интегрировать другие современные технологии. Например, «умный» бетон. Концепция «умного» бетона основана на интеграции технологий зондирования

и мониторинга в железобетонные конструкции для предоставления точной информации об их состоянии и характеристиках. Датчики, встроенные в бетон, используются для измерения давления, напряжения, температуры и влажности, что помогает отслеживать и оценивать потенциальные повреждения и изменения в конструкции. Этот тип бетона способствует повышению безопасности, устойчивости и снижению затрат на техническое обслуживание в долгосрочной перспективе.

Используя передовые технологии, подрядные организации могут контролировать состояние бетона и прогнозировать любую потенциальную проблему до ее возникновения, предоставляя возможность принять превентивные меры и снизить затраты, возникающие в результате ремонта повреждений.

Датчики, встроенные в «умный» бетон, разнообразны и включают в себя множество устройств и систем, таких, как:

- Датчики давления: используются для измерения давления бетона и его распределения во времени. Эти датчики устанавливаются в бетон для отслеживания любых изменений напряжения, что помогает обнаружить потенциальные или существующие трещины.
- Датчики растяжения: они измеряют прочность бетона на растяжение и определяют любые изменения напряжения с течением времени. Эти датчики можно использовать для раннего обнаружения разрушения конструкции или чрезмерной нагрузки на бетон.
- Датчики температуры: используются для контроля температуры бетона в процессе затвердевания. Эти датчики позволяют выявлять любые изменения температуры, которые могут повлиять на прочность и долговечность железобетона.
- Датчики влажности: используются для измерения уровня влаги в бетоне, поскольку высокое содержание влаги может повлиять на прочность и долговечность бетона. Мониторинг влажности помогает выявить любые потенциальные проблемы, связанные с коррозией или износом.

Когда данные датчиков собираются, их можно передать в системы мониторинга для анализа и интерпретации. Анализ данных можно использовать для обнаружения необычных закономерностей и изменений в структуре.

Актуальным направлением «умных» технологий возведения бетонных конструкций различной функциональности является использование сплавов с памятью формы (Shape memory alloy-SMA). SMA представляют собой функциональные материалы для возве-

дения бетонных конструкций, которые могут проявлять большие деформации в процессе нагружения-разгрузки без остаточной деформации. Они обладают способностью запоминать заданную форму даже после сильной деформации. Возведение бетонных конструкций различной функциональности связано с использованием SMA в качестве датчиков, исполнительных механизмов, пассивных рассеивателей энергии, ограничителей для мостовых конструкций и демпферов для контроля формы и вибрации строительных конструкций.

SMA-ограничители мостовых соединений при возведения бетонных конструкций различной функциональности – это элементы, которые обычно используются для соединения двух соседних пролетов или рам мостов и предотвращения их больших относительных смещений во время землетрясений. Сверхэластичные SMA могут использоваться в качестве демпфирующих элементов или потенциальных сейсмозащитных устройств для мостов. На рис. 1.41 показаны сверхэластичные ограничительные стержни SMA диаметром 25,4 мм, используемые для сейсмической модернизации многопролетных опорных мостов. Ограничитель SMA более эффективно уменьшает относительное шарнирное смещение опоры и обеспечивает больший диапазон упругих деформаций по сравнению с обычными стальными ограничительными тросами. Кроме того, SMA чрезвычайно ограничивает реакцию покрытия моста на движение грунта в ближней зоне. Повышенная жесткость ограничителей SMA при больших нагрузках обеспечивает дополнительную фиксацию для ограничения относительных отверстий в мосту.

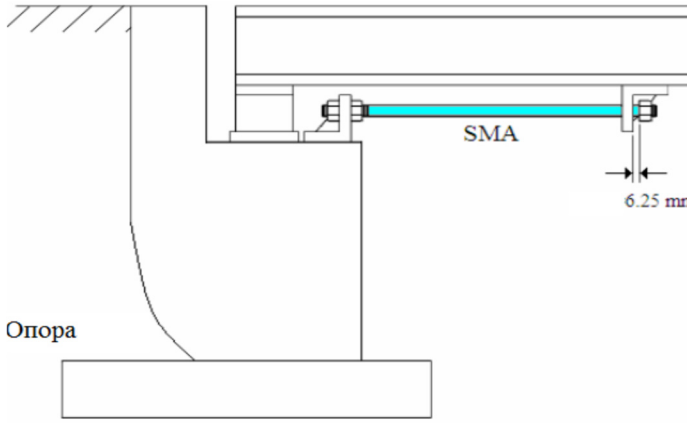


Рис. 1.41. Схема установки фиксатора SMA для простоопорного моста

Также при возведения бетонных конструкций различной функциональности используются крепления SMA. Крепления SMA были разработаны для обеспечения демпфирования и выдерживания относительно больших деформаций. Предложен колонный фундамент открытого типа с креплением SMA для обеспечения сейсмостойкости (рис. 1.42, *а*). Крепления SMA изготовлены из нитиноловых стержней SMA диаметром 20–30 мм и стальных стержней (рис. 1.42, *б*).

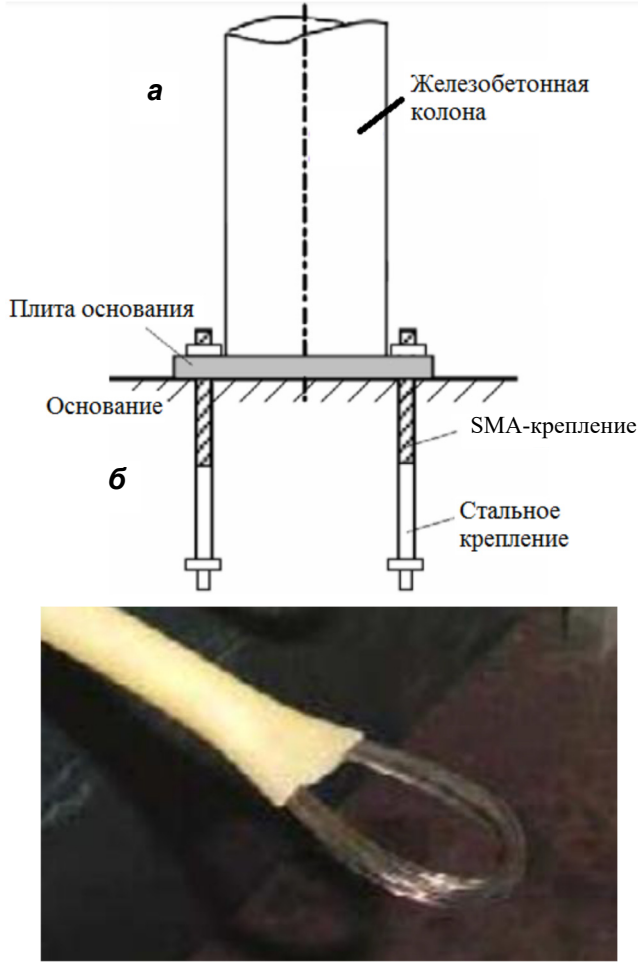


Рис. 1.42. Схема (*а*) и внешний вид (*б*) SMA-крепления стержня для колонны

Результаты испытаний на пульсирующую растягивающую нагрузку и численного моделирования крепления SMA показали, что крепление SMA очень эффективно рассеивают энергию и снижают вибрацию здания при сильных сейсмических движениях грунта. Кроме того, анкерные крепления SMA могут восстанавливать свою первоначальную форму после циклических нагрузок, поэтому их характеристики сопротивления остаются неизменными, что позволяет предотвратить пластическую деформацию и повреждение несущих колонн.

Кроме того, разработаны и другие приемы улучшения механических и прочностных свойств бетонных конструкций различной функциональности. Эти методы включают использование улучшенных химических добавок и современных инструментов для формовки, армирования и отделки. Они расширяют характеристики бетона по сопротивлению напряжениям, растяжению, изгибу и истиранию, что способствует увеличению срока службы конструкций и сокращению технического обслуживания в будущем.

Создан композитный материал, пригодный для диагностики состояния конструкций: такие датчики будут фиксировать зарождающиеся трещины, деформации на конструкции, подсвечивая их.

Специалисты Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (ИТПМ) разработали композитный материал с люминофорами, который можно в перспективе применять в виде датчиков при диагностике состояния конструкций, а также в строительстве. При исследовании композитного материала стало понятно, что его можно использовать в качестве датчиков для диагностики деформации строительных конструкций, таких, как здания, мосты, балки, места сварки трубопроводов.

Датчики будут фиксировать зарождающиеся трещины, деформации на конструкции, подсвечивая их. Свечение будет видно, даже если датчик помещен внутрь конструкции, а не находится на ее поверхности. По оптоволокну, прикрепленному к датчику, станет передаваться информация о начале разрушения на приемное устройство в виде светового сигнала.

Если конструкции будут выполнены из полимерных композитов, то обнаружить деформации будет еще проще, так как сами конструкции подсветятся.

В дальнейшем планируется провести еще ряд экспериментов, которые покажут зависимость интенсивности свечения от приложенного напряжения. Полученные данные можно будет внести

в специальную программу, которая находится еще на стадии разработки. В ней станут видны все разрушения конструкции.

Другой пример – Индия. Techno International New Town (TINT), образовательное учреждение в Индии, признает важность этой тенденции и стремится вооружить будущих инженеров-строителей необходимыми знаниями и навыками. Благодаря комплексной учебной программе и отраслевому подходу TINT гарантирует, что его студенты останутся в авангарде новых технологий. Techno International New Town (TINT) стремится предложить комплексное образование и сформировать следующее поколение инженеров-строителей. Акцент института на практическое обучение идеально соответствует требованиям развивающейся строительной отрасли. Современное оборудование и опытные преподаватели TINT предоставляют студентам благоприятную среду для изучения и внедрения инноваций в области гражданского строительства, включая революционную сферу 3D-печати. Развивая культуру инноваций и внедряя новейшие технологии, Techno International New Town (TINT) открывает путь начинающим инженерам-строителям к тому, чтобы стать первопроходцами в строительной отрасли. Благодаря 3D-печати, способной изменить то, как мы строим, TINT выступает в качестве маяка передового опыта, готовя студентов формировать будущее, в котором сливаются эффективность, устойчивость и креативность.

В заключение отметим, что недавняя тенденция использования 3D-печати в гражданском строительстве представляет собой сдвиг парадигмы в методах строительства. От ускорения сроков строительства и снижения затрат до повышения гибкости и устойчивости дизайна 3D-печать готова переопределить способы создания конструкций. По мере того как мир осваивает эту революционную технологию, такие учреждения, как Techno International New Town (TINT), играют жизненно важную роль в формировании компетентных профессионалов, которые будут продвигать будущее гражданского строительства.

В США близится к завершению строительство крупнейшего в мире района, напечатанного на 3D-принтере.

В американских пригородах незаметно происходит архитектурная революция. В Техасе группа высокотехнологичных роботов-строителей усердно строит самый большой в мире район, напечатанный на 3D-принтере, и в настоящее время он близится к завершению.

Проект, получивший название Wolf Ranch, расположен недалеко от Остина и возглавляется ведущей фирмой 3D-печати Icon, строительной фирмой Lennar, а также высококлассной студией Bjarke Ingels Group. Дома построены с использованием модели принтера Icon Vulcan. Он имеет размеры 46,6 футов (14,2 м) x 15,6 футов (4,75 м) и может построить дом размером 3000 кв. футов (278 кв. м) с минимальным контролем человека и без необходимости перемещения. Гигантский роботизированный принтер выдавливает запатентованную цементоподобную смесь из сопла слоями, следуя чертежу, и создает основную оболочку дома. После того, как процесс печати завершен и основная структура дома готова, строители приступают к работе и отделывают окна, двери, крышу и все остальное, что требуется для превращения объекта в современный дом (рис. 1.43-1.49).



Рис. 1.43. Wolf Ranch состоит из 100 ультрасовременных 3D-печатных домов, Icon



Рис. 1.44. Wolf Ranch hpuse имеют размеры 1500–2100 футов^2 (круг 140–195 м^2), Icon



Рис. 1.45. 3D-принтер Vulcan имеет размеры 46,6 футов (14,2 м) x 15,6 футов (4,75 м) Icon



Рис. 1.46. Wolf Ranch расположен в Джорджтауне, недалеко от Остина, штат Техас



Рис. 1.47. Дома Wolf Ranch оборудованы солнечными батареями, что снижает их нагрузку на электросеть Icon



Рис. 1.48. Vulcan выдавливает запатентованную цементоподобную смесь из сопла слоями, чтобы создать основную оболочку каждого дома Icon

Сами дома очень высокого класса. Они имеют площадь от 1 500 до 2 100 кв. футов (примерно 140 – 195 кв. м) и расположены на одном этаже, с восемью различными планировками этажей и тремя/четырьмя спальнями и двумя/тремя ванными комнатами. Интерьеры выглядят светлыми и просторными внутри, с остеклением и большой открытой гостиной и кухней. Они сокращают потребление энергии в сети с помощью системы солнечных батарей, а также могут похвастаться некоторыми технологиями «умного дома», включая видеозвонок Ring, замок с Wi-Fi и «умный термостат». Домовладельцы переезжали в свои новые дома в течение нескольких месяцев, и на сегодняшний день Icon напечатала 98 из 100 стеновых систем домов, и продолжаются работы по их завершению в ближайшие месяцы. Представитель компании сказал, что цены начинаются от 400 000 долларов США.

В другом месте в Texace Icon также реализует другие архитектурные проекты, напечатанные на 3D-принтере, в том числе проект Wimberly Springs и кемпинг-отель El Cosmico.

Заключение

Учитывая преимущества 3D-печать, можно смело сказать, что это революция в строительстве.

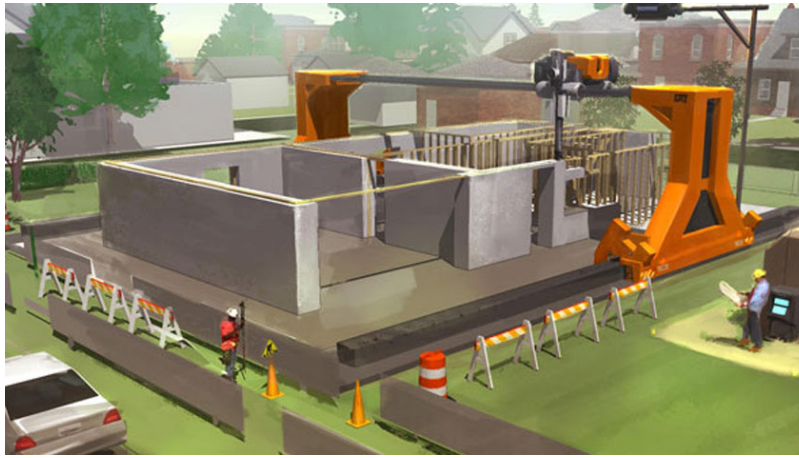


Рис. 1.49. Использование 3D-печати в гражданском строительстве (Techno International New Town (TINT), Индия)

Перечислим некоторые особенности и преимущества метода.

1. Быстрое и эффективное строительство. Одним из основных преимуществ 3D-печати в гражданском строительстве является ее способность ускорять процесс строительства. Традиционные методы часто включают в себя трудоемкие задачи, такие как создание опалубки и установка арматуры. С помощью 3D-печати сложные конструкции можно строить слой за слоем, сводя к минимуму необходимость ручного труда и значительно сокращая время строительства.

2. Снижение затрат. Оптимизируя использование материалов и устраняя отходы, 3D-печать предлагает экономически эффективные решения для проектов гражданского строительства. Возможность точной печати сложных конструкций гарантирует эффективное использование ресурсов, что в конечном итоге снижает затраты на строительство. Кроме того, 3D-печать позволяет производить продукцию на месте, сокращая транспортные расходы и повышая общую доступность проекта.

3. Гибкость настройки и дизайна. Универсальность 3D-печати позволяет архитекторам и инженерам создавать уникальные и индивидуальные проекты, которые раньше было трудно достичь с помощью традиционных методов. Эта технология позволяет с легкостью создавать конструкции сложной геометрии, замысловатой детализации и даже изогнутые конструкции. В результате архитекторы могут

расширить границы творчества, создавая более эстетически привлекательные и функциональные проекты.

4. Устойчивость. Воздействие строительства на окружающую среду уже давно вызывает обеспокоенность. Однако 3D-печать в гражданском строительстве предлагает устойчивые решения. Используя пригодные для вторичной переработки и экологически чистые материалы, сокращая отходы материалов и минимизируя потребление энергии в процессе строительства, 3D-печать соответствует целям устойчивого развития и способствует более экологичному будущему.

Железобетон и новейшие технологические разработки его возведения представляют собой интересную и важную область современного и будущего сферы создания бетонных конструкций различной функциональности.

Были проанализированы современные технологии возведения бетонных конструкций: фибробетона, «умного» бетона, а также методы модификации для улучшения свойств бетонных конструкций. Показано, что армирование фибробетоном железобетонных колонн может изменить осевое напряженное состояние бетона на трехмерное напряженное состояние и улучшить несущую и деформационную способность замкнутого бетона. Отмечено, что актуальным направлением «умных» технологий возведения бетонных конструкций различной функциональности является использование сплавов с памятью формы SMA.

На основе проанализированных технологий можно создать более прочные и устойчивые конструкции, сократить расходы на техническое обслуживание и накладные расходы, а также способствовать инновациям в строительной отрасли.

Отметим, что проводятся исследования по использованию 3D-строительства проектов на Луне.

Crane WASP, также известный как «бесконечный 3D-принтер», использует местную глину, грязь или цемент для печати доступного жилья. Он даже может применять сельскохозяйственные отходы в качестве заполнителя. Уникальная конструкция позволяет устанавливать принтер даже на неровной местности, поэтому он может печатать жилье в труднодоступных регионах, где использование традиционной строительной техники ограничено. Стоимость одного дома составляет всего $1000. Вскоре эта система будет внедряться для строительства жилья в Колумбии.

Программа развития Организации Объединенных Наций приобрела 3D-принтер Crane WASP для строительства доступного жилья в Колумбии с использованием местной почвы и ресурсов. Стоимость принтера составляет $180 000. Более четверти колумбийских семей сталкиваются с проблемой дефицита жилья – это около 3,7 млн домохозяйств. При этом две из трех семей, уже имеющих жилье, вынуждены проводить капитальный ремонт своих домов, который не отвечает современным стандартам.

Проект Crane WASP (World's Advanced Saving Project) был вдохновлен одиночной осой – маленьким насекомым, которое строит свои гнезда из грязи. Программа развития ООН сможет устанавливать эти 3D-принтеры в труднодоступных районах, где использование традиционной строительной техники ограничено. Благодаря наличию местных ресурсов ООН не придется перевозить дорогие или запатентованные материалы из дальних стран, что значительно снижает затраты.

3D-печать домов – не новая концепция. Вблизи Остина, штат Техас, завершается строительство жилого района Wolf Ranch, состоящего из 100 домов, возведенных с помощью этой технологии. Компания Icon, отвечающая за проект, использует принтер Vulcan для печати новых домов на существующих бетонных плитах. Этот гигантский принтер, весом почти 5 тонн и шириной 13,7 м, выдавливает из сопла слои специального строительного материала Lavacrete, создавая таким образом прочные стены. Этот метод строительства не из дешевых: стоимость одного дома в Wolf Ranch составляет $450 000.

Технология 3D-печати обеспечивает более высокую долговечность по сравнению с традиционными домами. Однако транспортировать, устанавливать и использовать такие принтеры, как Vulcan, в отдаленных районах с ограниченной или отсутствующей инфраструктурой почти невозможно. Каждый принтер WASP использует устойчивую конструкцию типа «дельта» с четырьмя опорами и треугольными распорками. Это позволяет устанавливать его даже на неровной местности. Стоимость строительства одного дома с помощью такого принтера составляет всего $1000, что значительно дешевле традиционных методов кирпичной кладки. Более того, несколько принтеров могут быть объединены в единую структуру, напоминающую соты, что позволит одновременно возводить целые поселки.

Литература

1. 3D printing reinforcement of concrete mixture, Siberian Federal University, Krasnoyarsk; E.S. Turysheva, A.A., Marchenko, G.K. Gorovaya, N.A. Chelnochkov, D.S. Shulyushenkov. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/3d-pechat-i-armirovanie-betonnoy-smesi

2. Formwork for Concrete Structures. K.N. Jha, Tata McGraw Hill Education Private Limited, New Dilhi, India, 2012.

3. To Grow a Building, Jerusalem Design Week. 7.2022, jerusalem design week 2022 | design and architecture news and projects (designboom.com).

4. Some new technologies and materials for 3D printing in buildings, Acad O.Figovsky, Dr. A.Shteinbok, (2023).

5. 3D Printing Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Software, Services), GVR, By Printer Type, By Technology, By Software, By Application, By Vertical, By Region, And Segment Forecasts, 2023–2030. URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis

6. The World's Largest 3D Printing Companies by Market Cap: 3D Systems & Xometry on Top. URL: https://manufactur3dmag.com/the-worlds-largest-3d-printing-companies-by-market-cap-protolabs-3d-systems-on-top/

7. Phenotypically complex living materials containing engineered cyanobacteria. URL: https://www.nature.com/articles/s41467-023-40265-2

8. 3D-печать и армирование бетонной смеси / Е.С. Турышева, Марченко А.А., Г.К. Горовая, Н.А. Челночков, Д.С. Шулюшенков // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1. URL: https:/ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8951

9. 3D Printing Additive Manufacturing Technologies, Figovsky Oleg, Shteinbok Arkady // China Coatings Journal. 2023, july. P. 58-65.·

10. Compositions and Methods for 3D Printing of Calcium Phosphate Cement Composite Scaffolds, Dr Stella Alimperti, Dr Yoontae Kim, Dr Eun-Jin Lee, Dr Laurence Chow, Dr Shozo Takagi. URL: https://www.ada.org/-/media/project/ada-organization/ada/ada-org/files/resources/research/compositions-and-methods-for-3d-printing-of-calcium-phosphate-cement-composite-scaffolds.pdf?rev=979a9ae585504c54910450363e447f52&hash=4A1F38D3D2724DD663359FA3102BF799

11. Liquid Metal Printing – chrome-extension. URL: https://static1.squarespace.com/static/58977341414fb5309fc954e6/t/65aee0cdbd9c1e50b009b2b7/1705959629800/ACADIA+23+Proceedings_LMP.pdf

12. 3D bioprinting of human neural tissues with functional connectivity. URL: https://www.cell.com/cell-stem-cell/fulltext/S1934-5909(23)00439-3

13. Typical construction project cost distribution (Paul et al., 2018). URL: https://www.researchgate.net/figure/Typical-construction-project-cost-distribution-Paul-et-al-2018_fig3_329365708

14. World's first 3D-printed steel bridge unveiled at Dutch Design. URL: https://www.dezeen.com/2018/10/22/worlds-first-3d-printed-steel-bridge-completed-mx3d-technology/

15. Umaine 3D Printer, Maine Universyty. URL: https://go.umaine.edu/

16. Нетоксичное полиуретановое промышленное напольное покрытие. URL: https://hybridcoatingtech.com/polyurethane/non-toxic-polyurethane-floor-coating/January 29, 2023

17. 3D-печать строительных элементов и зданий цементом BCT. URL: https://patents.google.com/patent/CN104891891A/en

18. 3D-печать и жилищное строительство: интеллектуальная собственность и строительное право. URL: https://www.researchgate.net/publication/348205429_3D_Printing_and_Housing_Intellectual_Property_and_Construction_Law

19. 3D printing pushes the boundaries of construction and architecture. URL: https://www.ice.cz/en/construction-automation/3d-printing-of-concrete

20. PERI 3D Construction и KRAUSGRUPPE. URL: https://www.google.com/search?q=PERI+3D+Construction+%D0%B8+KRAUSGRUPPE&sca_esv=0638464d073c0798&sca_upv=1&hl=en-IL&gbv=2&tbm=isch&sxsrf=ADLYWIIR1XXJguuIXgXf-9gfPWHaWloFTg:1722404821957&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEwiHzsn8ydCHAxW9BNsEHeVMBcgQ_AUIBigB&biw=1524&bih=770

21. Digital Building Technology (DBT). URL: https://dbt.arch.ethz.ch/project/3d-printed-formwork-for-hires-concrete-slab/

22. Революция в гражданском строительстве: последняя тенденция 3D-печати. URL: https://tint.edu.in/trend-of-3d-printing.html

23. ‘World’s first on-site 3D printing of apartment building’ begins. URL: https://bkt.tradelinkmedia.biz/publications/7/news/2538

24. Куприяновский В.П., Покусаев О.Н., Намиот Д.Е., Климов А.А., Жабицкий М.Г. Цифровой бетон: открытый BIM, машиночитаемые стандарты, IOT, цифровые двойники, логистика 4.0, бережливое строительство и другие промышленные подходы на примерах транспортных инфраструктур // International Journal of Open Information Technologies. 2021. № 9. URL: cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-betonotkrytyy-bim-mashinochitaemye-standarty-iot-tsifrovye-dvoyniki-logistika-4-0-berezhlivoe-stroitelstvo-i-drugie; URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_17N6y24_Tamov1.pdf_903dfd177e.pdf

25. Тамов Р.М. Обеспечение процессов эффективного возведения бетонных конструкций различной функциональности в строительстве // Кубанский государственный технологический университет. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_17N6y24_Tamov1.pdf_903dfd177e.pdf

26. 3D printing in construction: is it worth the hype? URL: https://www.ucem.ac.uk/whats-happening/articles/3d-printing-construction/

1.2. Новые технологии 3D-печати в промышленности

В мире, где инновации – это главное, 3D-печать привлекает всеобщее внимание. 3D-печать, которая когда-то была нишевой технологией, разрушает традиционные производственные барьеры, сокращает отходы и поддерживает массовую индивидуализацию в различных отраслях промышленности. Новый отчет Европейского патентного ведомства (ЕПВ) подтверждает это наблюдение. За последние месяцы 2024 г. в мире были сделаны новые разработки. Согласно исследованиям, эта технология применяется в ядерной энергетике в основном для производства оборудования, поскольку она быстрее, гибче и дешевле, чем традиционные процессы. И этот последний момент особенно важен, потому что в настоящее время прибыль атомных электростанций продолжает снижаться из-за падения оптовых цен на электроэнергию, а 3D-печать может помочь сократить эти расходы.

Учитывая, что технология 3D-печати зародилась в США почти четыре десятилетия назад, неудивительно, что страна продолжает лидировать в этой преобразующей области. Исследование, озаглавленное «Инновационные тенденции в аддитивном производстве: патенты в технологиях 3D-печати», глубоко погружается в международные патентные данные и предлагает комплексную глобальную картину текущего состояния 3D-печати. Согласно отчету, США и Европа находятся на переднем крае инноваций в этой области. Вместе они составляют почти три четверти всех изобретений в области 3D-печати в мире, при этом лидируют США – 40%, а за ними следуют сраным Европы – 33% (рис. 1.50).

Компания Siemens установила металлическое рабочее колесо для пожарных насосов на АЭС Крко в Словении. Китайский научно-исследовательский и проектный институт ядерной энергетики и Southern Additive Technology Co., Ltd. совместно инициировали проект по аддитивному производству корпусов высокого давления реактора ACP100 (3D-печать). Использование крупномасштабной технологии электромуфтовой 3D-печати позволяет точно реализовать интегральное литье крупногабаритных металлических компонентов со сложной структурой, открывая новый путь для высококачественного, высокоэффективного и недорогого производства оборудования для ядерной энергетики. После технической оценки характеристики изделий, напечатанных на 3D-принтере, могут быть выше или даже частично лучше, чем у кованых изделий. Производство ядерных

топливных элементов – это высокоточное производство, сочетающее дизайн и обработку. Оно имеет сложную структуру и требует перекрестного взаимодействия нескольких процессов. Компания China Nuclear North Nuclear Fuel Element Co., Ltd. (завод 202) использовала технологию 3D-печати с селективным лазерным плавлением для изготовления нижней части трубы автономного топливного прототипа CAP1400.

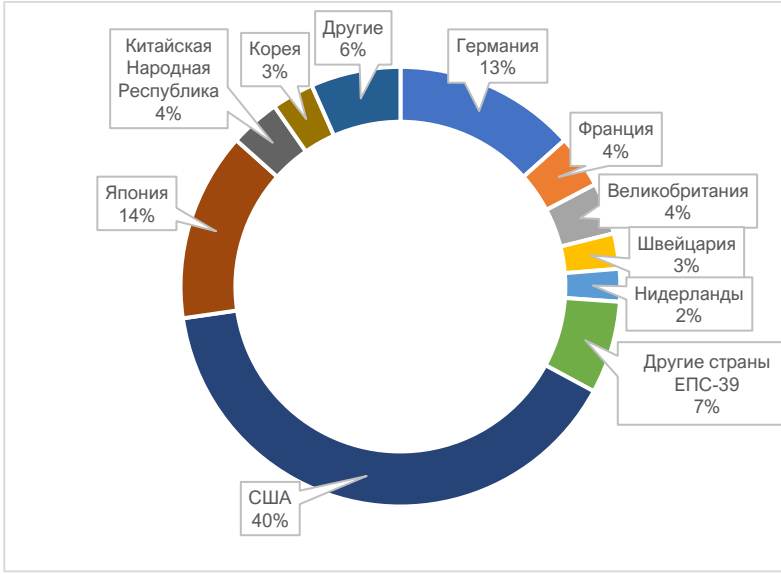


Рис. 1.50. Страны происхождения патентов в области технологий 3D-печати, 2001–2020 гг.

Инновационный метод был разработан Стратегическим и технологическим центром ВВС США, занимающимся нетрадиционными способами обеспечения тактических потребностей военных. За его разработку отвечала команда из трех человек, которая решала задачу быстрой адаптации небольших БПЛА к различным условиям и запросам военной компании. На изготовление шести дронов по новой технологии ушло 22,5 часа. «Малые БПЛА становятся боеспособным элементом новой войны, – сказал полковник Дастин Томас, член команды разработчиков новой технологии. – Однако ВВС не могут быстро менять эти летательные аппараты на основании особенностей угрозы или оперативно использовать новые технологии,

чтобы обеспечивать потребности определенных миссий. Наш проект призван найти способ изменить это».

Для ускорения создания БПЛА широкого спектра действия военные инженеры воспользовались программой автоматизации, разработанной аэрокосмической компанией Titan Dynamics. Она проектирует корпус аппарата, учитывая параметры массы, энергии, габаритов и грузоподъемности, всего за 10 минут. Созданный программой код становится инструкцией для печати дронов на 3D-принтере. После этого БПЛА остается только собрать. Технология была впервые протестирована с некоторым успехом этой весной в Юго-Восточной Азии. После доработки ее показали на авиабазе Эглин во Флориде в рамках финальных полевых испытаний, где инженерам пришлось быстро изготовить, собрать и запустить шесть автономных БПЛА для различных задач. В частности, одним из дронов стал дрон-курьер массой 3,5 кг для доставки припасов на территорию противника. «Исторически ВВС относительно медленно адаптируют и тестируют эти технологии, и Эглин пытается изменить эту парадигму».

Учёные использовали живые клетки для новых материалов, которые могут расти, развиваться и реагировать на окружающую среду. Управляя такими клетками, появляется возможность вырастить их по заданной форме. Клетками печатали по шаблону, биочернилами, с помощью 3D-принтера. В последнее время исследователи разрабатывают живые инженерные материалы, полагаясь в основном на клетки бактерий и грибков в качестве живого компонента. Но у клеток растений свои уникальные свойства, так что их также использовали для создания так называемых инженерных растительных живых материалов (EPLM). Однако материалы на основе растительных клеток до последнего времени представляли собой упрощённую версию структурно и ограниченную функционально. Цзыи Ю, Чжэнгао Ди и другие специалисты задались целью разработать EPLM сложной формы, с генетически модифицированными растительными клетками, чьё дальнейшее развитие и свойства можно было бы настраивать. Учёные смешали клетки табака с микрочастицами желатина и гидрогеля, содержащими также бактерию Agrobacterium tumefaciens. Обычно этот микроорганизм используют для переноса определённых участков ДНК в геномы растений. Затем полученной смесью произвели печать с помощью 3D-принтера по форме – это была плоскость, покрытая избирательным образом другим гелем. Формы в неживом геле представляли собой сетки, снежинки, листья

и спирали. Затем напечатанный гидрогель для прочности отверждали специальным синим светом. В течение последующих 48 часов внутри EPLM бактерии переносили ДНК в растущие клетки табака. Затем материалы промывали антибиотиками, чтобы убить бактерии. В последующие недели, по мере роста и деления растительных клеток в фигурках из EPLM, клетки начали вырабатывать белки и цвета по команде от привнесённой ДНК. Добавленная с бактериями ДНК побудила клетки табака производить зелёные светящиеся белки либо, как вариант, беталаины, т.е. красные или жёлтые растительные пигменты, которые ценятся как натуральные красители и пищевые добавки. Через 24 дня цвета стали отчётливыми.

Для этого в форме листка печатали двумя разными биочернилами. Один тип материала выработал красный пигмент вдоль «прожилок», а другой – жёлтый краситель на остальной площади листка. Таким образом, исследователи показали, что их технология позволяет создавать сложные, пространственно контролируемые и многофункциональные структуры. Итак, разработанные EPLM сочетают признаки живых организмов со стабильностью и долговечностью неживых веществ. Создатели надеются, что новинка найдёт применение на неких клеточных фабриках для производства растительных препаратов, лекарственных белков или даже для экологичного строительства.

Инженеры из США разработали инновационный метод 3D-печати VIPS-3DP, обещающий сделать аддитивное производство дешевле. Технология позволяет изготавливать объекты из одного или нескольких материалов, в том числе из металлов, экономичнее и проще по сравнению с современными аналогами. Разработчики – специалисты Университета Флориды – назвали свое изобретение индуцированной паром трехмерной печатью с разделением фаз. Она основана на особых, экологически чистых полимерных «чернилах», в которые могут быть добавлены частицы металла или керамики. При печати в зону печати выделяется нерастворяющий пар, от которого жидкий компонент чернил застывает, превращаясь в твердое тело. Процесс этот позволяет инженерам печатать объекты из различных видов материалов с разным, заданным уровнем пористости. Созданные таким методом изделия будут востребованы в медицине и аэрокосмической промышленности.

«Это многообещающий способ производства металлических изделий, требующих различного уровня пористости, – сказал Марк Сол-Грас, один из исследователей. – Хороший пример – искусст-

венная костная ткань. Мы можем напечатать имплант с подходящей пористостью, чтобы он мог образовать одно целое с расположенными вокруг человеческими клетками». Помимо того, что метод VIPS-3DP требует меньше вложений в инфраструктуру, он расходует меньше электроэнергии и не использует материалы, загрязняющие окружающую среду. Изобретатели уже запатентовали свою технологию и получили финансирование от федеральных агентств, в частности, Национального научного фонда и Министерства энергетики США.

Молодая американская компания Ursa Major, разработчик ракетных двигателей для ракет малого и среднего класса, подписала контракт с ВМС США на проектирование, изготовление и огневое испытание твердотопливного РД, созданного методом аддитивной печати. В случае успеха двигатель будет использоваться для производства зенитных управляемых ракет семейства «Стандарт» класса «корабль – воздух» средней и большой дальности.

В рамках программы NEST ВМС США намерены разработать новый ракетный двигатель Mk 104 для ракет типа «Стандарт-2», «3» и «6». Этот двигатель славится долгим и трудоемким процессом производства, который давно требует упрощения. На фоне дефицита местных поставщиков США испытывают нехватку в твердотопливных ракетных двигателях, и аддитивная печать могла бы стать решением этой проблемы. «Мы гордимся поддержкой ВМС и признанием Ursa Major доверенным партнером для разработки следующего поколения твердотопливных ракетных двигателей Mk 104, – сказал Джо Лауренти, основатель компании. – Наш новый подход к производству твердотопливных РД позволяет быстро производить высокоэффективные двигатели, увеличив объемы и снизив расходы на производство, чтобы восполнить критически важные потребности государства».

Метод, получивший название Lynx, в честь созвездия Рыси, сочетает трехмерную печать с универсальной инструментальной системой, готовой выпускать твердотопливные РД без дорогих и длительных замен инструментов и переобучения системы. «В результате получился адаптивный технологический процесс, предназначенный для массового производства систем, быстрого переключения между моделями, оперативного выпуска надежных твердотопливных РД в большом объеме при возможности сотрудничества с отраслевыми партнерами по вопросам энергетики», – пояснил Лауренти.

Твердотопливные РД с двигателями производства Ursa Major предназначены для военного флота, в частности, зенитных управляемых ракет «Стандарт-2» класса «корабль – воздух», баллистических ракет «Стандарт-3» и ракет увеличенной дальности «Стандарт-6» с активным самонаведением. По заключению Агентства противоракетной обороны США, это единственный летательный аппарат, способный перехватить маневренные гиперзвуковые ракеты. В 2022 г. Ursa Major заявила о себе, представив два вида двигателей на замену российских РД-180 и РД-181, которые использовались на космических ракетах-носителях тяжелого класса.

Исследователи из Массачусетского технологического института (MIT) разработали 3D-принтер, который может самостоятельно определять параметры печати для неизвестного материала. Это новшество позволяет использовать возобновляемые или перерабатываемые материалы, которые трудно характеризовать. Принтер модифицирован так, что может измерять плотность, давление и поток материала, а затем, основываясь на этих данных, автоматически генерировать параметры печати. Метод уже успешно протестировали на нескольких уникальных материалах. Группа исследователей из MIT, Национального института стандартов и технологии (NIST) США и Национального центра научных исследований в Греции представила новый подход к 3D-печати. Обычно для каждого нового материала параметры печати, которых около 100, приходится настраивать вручную. Это затрудняет использование устойчивых и переработанных материалов, потому что легче выбросить остатки нескольких полимеров, чем смешать их вместе и потратить много времени на настройку принтера.

Новый 3D-принтер сам настраивает параметры, поэтому может работать с любым материалом, в том числе смешанным. Технология основана на модификации экструдера – ключевого компонента 3D-принтера, который отвечает за нанесение материала. К нему добавили несколько приборов. Тензодатчик измеряет давление, оказываемое на печатную нить полимеров, а датчик скорости подачи измеряет толщину нити и фактическую скорость, с которой она проходит через принтер. Эти измерения можно использовать для расчета 2 наиболее важных, но трудно определяемых параметров печати: скорости потока и температуры. Почти половина всех настроек печати в стандартном ПО связана с этими двумя параметрами.

Полученные данные затем обрабатываются математической функцией в течение 20 минут, что в свою очередь позволяет

определить оптимальные параметры печати. Затем их можно ввести в готовое программное обеспечение. Таким образом можно получить примерно 50 параметров из 100, которые обычно настраивают вручную. В экспериментах с 6 различными материалами, отдельные из которых были биологическими, метод автоматически генерировал жизнеспособные параметры. Их неизменно использовали для успешной печати сложных объектов.

Метод масс-спетрометрии позволяет исследовать химический состав веществ, в том числе в медицинских целях. Стоимость этих аппаратов измеряется в десятках миллионов рублей, так что обычно они имеются только в лабораториях, куда посылают образцы на анализ. Американские инженеры напечатали важный компонент масс-спектрометра – миниатюрный ионизатор. Если технология окажется работоспособной, она позволит обеспечить этим аппаратом всех, кто в нем нуждается. «Наша мечта – сделать масс-спектрометрию доступной. Каждый, кто болен хроническим заболеванием, требующим постоянного наблюдения, сможет иметь аппарат размером с обувную коробку, чтобы проводить анализы дома. Для этого оборудование должно стать недорогим», – сказал Луис Фернандо Веаскес-Гарсия, старший специалист из Массачусетского технологического института.

Исследователи сделали большой шаг в этом направлении, напечатав дешевый ионизатор, который к тому же работает в два раза эффективнее современных аналогов. Устройство длиной в пару сантиметров можно печатать пачками и интегрировать в масс-спектрометры при помощи методов автоматизированной сборки. Такая технология дешевле, чем производство обычных ионизаторов, которые часто требуют ручного труда, наличия чистой комнаты и дорогого оборудования для подключения к масс-спектрометрам. Помимо этого, 3D-печать ионизатора позволяет с высокой точностью контролировать форму устройства и использовать специальные материалы, повышающие производительность.

Излучатель ионизатора изготовлен из металла методом впрыска связующего материала (binder jetting), который отличается высокой точностью и эффективностью. Порошкообразный металл вперемешку с полимерным клеем распрыскивается из сопла, создавая объект слой за слоем. Затем его нагревают в печи для испарения клея, излучатели подвергают электрополированию и покрывают слоем оксида цинка, сообщая ему нужный уровень пористости для фильтрации и переноса жидких образцов. Оптимизация позволила

повысить напряжение на 24% по сравнению с современными версиями. Это выражается в два с лишним раза более высоком отношении «сигнал – шум». В ближайших планах команды – создать прототип, объединяющий ионизатор с фильтром для масс-спектрометра, который они напечатали недавно.

Чтобы использовать при печати и медленно отверждающиеся гибкие полимеры, исследователи усовершенствовали 3D-печать, добавив лазерный сканер, который немедленно проверяет каждый напечатанный слой на наличие неровностей поверхности. Механизм обратной связи компенсирует нарушения при печати следующего слоя, вычисляя и корректируя количество печатного материала в реальном времени и с высокой точностью. Для демонстрации возможностей технологии была напечатана роботизированную рука с костями, связками и сухожилиями, изготовленными из разных полимеров. Ее было бы невозможно создать из быстроотверждаемых полиакрилатов, которые традиционно применялись в 3D-печати. «Сейчас мы используем тиоленовые полимеры медленного отверждения. Они обладают очень хорошими эластичными свойствами и гораздо быстрее возвращаются в исходное состояние после изгиба, чем полиакрилаты. Это делает тиоленовые полимеры идеальными для изготовления эластичных связок роботизированной руки», – сказал Томас Бухнер, аспирант ETH Zurich и соавтор исследования.

Европейские и сингапурские ученые разработали новый тип систем трехмерной печати. Они позволяют не только производить сложные металлические конструкции из разных металлов, но и управлять их внутренней структурой, придавая прочность – то, что тысячелетиями выполняли кузнецы в процессе ковки. Это позволит значительно сократить расходы энергии на изготовление металлических изделий. «Мы выяснили, что лазер можно применять в качестве микроскопического кузнечного молота для обработки металла давлением при работе 3D-принтеров. Этот же лазер можно использовать для повторного плавления металла и релаксации его структуры – это готовит его к структурным изменениям, которые происходят, когда изделие помещают в печь. Мы ожидаем, что этот подход снизит расходы энергии при изготовлении деталей», – заявил ведущий автор работы, доцент Кембриджского университета Маттео Сейта. Как отмечают Сейта и его коллеги, помимо экономии на процессах производства, система позволит создавать конструкции, состоящие из слоев металла с разными свойствами, идеально подобранными для решения конкретных задач. Этот подход, по словам ученых, можно

реализовать на любой системе 3D-печати металлами, оснащенной лазером или возможностью его подключения к устройству.

Работой этого лазера управляет специально разработанный алгоритм. Он способен оценивать то, как лазерная обработка порошка из стали или других металлов будет влиять на механические свойства структуру, пластичность и другие ключевые параметры будущего металлического изделия. Это позволяет задавать свойства металла примерно таким же образом, как это делают металлурги, периодически нагревая изделия, отбивая их кузнечным молотом и охлаждая их. Для этого, как обнаружили физики, достаточно переплавлять при помощи лазера часть слоев изготавливаемых конструкций и сразу же покрывать их новыми слоями порошка из металла, часть которых также впоследствии переплавляется. В результате этого внутри изделия образуются зерна из металла, которые соединяются и приобретают нужные свойства при кратковременном помещении готовой детали в кузнечную печь с относительно низкой температурой. Опираясь на этот подход, ученые изготовили несколько деталей при помощи созданного ими трехмерного принтера. Последующие механические испытания и анализ структуры этих изделий показали, что они в целом не уступали аналогичным конструкциям из стали, изготовленным традиционным путем. Это говорит о возможности использования систем лазерной 3D-печати для относительно дешевого и эффективного производства высококачественных металлических изделий.

В США начинаются НИОКР, цель которых применение технологий 3D-печати для изготовления оборудования и запасных частей АЭС, а также деталей тепловыделяющих сборок. Но по мнению российского эксперта – замгендиректора ЦНИИТМАШа, директора Института технологии поверхности и наноматериалов Владимира Береговского, использовать трехмерную печать целесообразно только для деталей, имеющих сложную форму, к точности изготовления которых предъявляются повышенные требования. Именно такие изделия используются в конструкциях тепловыделяющих сборок и для производства деталей автоматики системы аварийной защиты реактора или оборудования перегрузки ядерного топлива. По его мнению, «услуги по производству деталей для ядерной энергетики методом 3D-печати будут востребованы в России года через три-четыре. Химический «переключатель» позволяет создавать перезаписываемые 3D-проекции на любом полимере.

Исследователи из Дартмутского колледжа и Южного методистского университета представили технологию, которая может кардинально изменить способ визуализации и использования 3D-изображений в различных областях. Она позволит, например, врачам проецировать подробные трехмерные модели органов или других структур в простой акриловый куб.

Ученые используют световой проектор для внедрения двухмерных и трехмерных изображений в полимеры, улучшенные светочувствительной химической добавкой. Это вещество, разработанное исследовательской группой, сохраняет рисунок до тех пор, пока изображение не будет стерто с помощью тепла или света. После чего полимер можно использовать снова.

Потенциальные приложения этой технологии огромны. Она пригодится в любой области, требующей подробных, точных 3D-визуальных данных. Разработчики предполагают ее использование в медицинской визуализации, архитектурном дизайне, образовании и даже искусстве.

Канадские исследователи разработали новый метод 3D-печати, который назвали размытой томографией. Изобретение позволяет быстро создавать микролинзы высокого качества, фактически сразу же готовые для продажи. Дэниел Уэббер из Национального исследовательского совета Канады рассказал, что они с коллегами намеренно добавили оптическое размытие к лучам лазера, используемым для 3D-печати. В результате удалось изготовить прецизионные оптические компоненты, т.е. выполненные с высокой точностью. Разработанный метод позволяет производить готовые детали оптики всего за полчаса.

В новой технологии используется специальная проекционная линза для размытия лазерных лучей, необходимых для отверждения светочувствительной смолы. В результате получается гладкая поверхность, которая позволяет печатать линзы коммерческого качества.

Дэниел Уэббер отметил, что изготовление оптических компонентов традиционными способами обходится дорого из-за строгих технических требований, а также сложного и трудоёмкого процесса производства. А размытую томографию можно использовать для создания оптики произвольной формы, причём недорого.

Чтобы испытать предлагаемый метод, исследователи сначала создали простую плосковыпуклую линзу и показали, что её характеристики сравнимы с коммерческой стеклянной линзой тех же

размеров. Доскональный анализ продемонстрировал, что погрешности формы были микронного масштаба, шероховатость поверхности измерялась в субнанометрах, а функция рассеяния точки (ФРТ) – как у стеклянной линзы. ФРТ описывает картину при наблюдении точечного объекта.

Сейчас изобретатели работают над повышением точности. С этой целью они пытаются оптимизировать создание светового рисунка и учесть параметры материала в процессе печати. Исследователи также хотят автоматизировать этапы, чтобы их система производства была достаточно надёжной для коммерческого использования.

В последние годы 3D-печать завоевала промышленный мир, предлагая революционные методы производства и прототипирования. В частности, технология SLM (Selective Laser Melting) стоит в авангарде инноваций благодаря своей способности создавать детали из металла с высокой точностью.

Технология SLM, или Selective Laser Melting, представляет собой процесс, при котором лазерный луч плавит и спекает металлический порошок по слоям, создавая твердую металлическую деталь из 3D-модели. Этот метод позволяет производить компоненты с высокой плотностью и превосходными механическими свойствами, что делает их идеальными для использования в промышленности, особенно при изготовлении деталей сложной формы, которые трудно или невозможно создать традиционными методами.

Следствием широкого распространения технологии SLM стало ее активное внедрение в аэрокосмическую и автомобильную промышленность, где требования к точности и надежности чрезвычайно велики. К примеру, производители в аэрокосмической отрасли России используют SLM-принтеры для создания легких, но прочных компонентов, которые могут выдерживать экстремальные условия эксплуатации. Автомобильные компании, в свою очередь, применяют эти устройства для прототипирования и производства комплексных деталей, которые способствуют увеличению эффективности и безопасности транспортных средств.

В отличие от FDM (Fused Deposition Modeling) и SLA (Stereolithography), SLM-технология позволяет работать не только со специальными пластиками, но и с металлическим порошком, что значительно расширяет возможности 3D-печати. Метод SLM обеспечивает более высокую точность и прочность изготавливаемых деталей, всё чаще становясь выбором для промышленного производства (рис. 1.51).



Рис. 1.51. Технология FDM (Fused Deposition Modeling)

Использование 3D-принтеров SLM для печати по металлу обеспечивает производителям уникальную возможность создавать сложные детали с высокой точностью и превосходными механическими характеристиками. Это позволяет сокращать время на разработку и изготовление прототипов, а также оптимизировать производственные процессы за счет минимизации отходов и возможности изготовления конструкций, недостижимых традиционными методами.

Технология FDM (Fused Deposition Modeling), или метод послойного наплавления, является одной из самых популярных и доступных технологий 3D-печати на сегодняшний день. Этот метод позволяет создавать трехмерные объекты путем послойного наплавления материала. FDM-технология нашла широкое применение в промышленном производстве, прототипировании, образовательном процессе и даже в бытовом секторе благодаря своей экономической выгоде, гибкости и скорости печати.

Технология FDM подразумевает создание объектов путем расплавления и экструзии пластиковой нити через сопло 3D-принтера. Этот процесс заключается в послойном нанесении материала, где нить перемещается вдоль заданных координат, а расплавленный пластик быстро застывает, формируя твердое тело.

Таблица 1.3

Важные характеристики FDM-принтеров

Критерий	FDM	SLA	SLS	DLP
Принцип работы	Экструзия и отвердевание расплавленного термопластика	Отвердевание жидой фотополимерной смолы при воздействии ультрафиолетового лазера	Спекание порошкообразных материалв лазером	Отвердевание фотополимерной смолы при воздействии света проектора с ультрафиолетовым диапазоном
Материалы	Термопласты (PLA, ABS и др.)	Фотополимерные смолы	Полимерные порошки, металлические порошки, стекло, керамика	Фотополимерные смолы
Точность и детализация	От средней до высокой. Меньше детализации по сравнению с SLA и DLP	Высокая. Хорошая детализация и качество поверхности	Высокая в зависимости от размера частиц порошка. Поверхность может быть пристой	Высокая. Схожа с SLA по качеству и детализации
Время печати	Среднее до быстрого. Зависит от сложности объекта и настроек печати	Сравнительно медленнее из-за слоя за слоем отвердевания смолы	Среднее. Зависит от объема порошка и сложности объекта	Быстрее SLA из-за одновременного отвердевания целого слоя
Стоимость	Низкая. Доступны недорогие материалы и оборудование	От средней до высокой. Высокакя стоимость материалов и оборудования	Высокая. Дорогостоящие материалы и оборудование	От средней до высокой. Стоимость материалов и оборудования схожа с SLA

В основе процесса печати FDM лежит принцип слой за слоем создания объекта. Экструдер принтера, снабженный соплом, расплавляет пластиковую нить, после чего она наплавляется на платформу или уже сформированные нижние слои. Высота слоя и точность печати могут варьироваться, что позволяет достигать необходимых свойств готового изделия (табл. 1.3).

В сравнении с другими технологиями 3D-печати, такими как SLA (Stereolithography) или SLS (Selective Laser Sintering), FDM представляет собой более доступный и менее сложный в освоении метод.

FDM-принтеры, также известные как FFF (Fused Filament Fabrication)-принтеры, являются наиболее распространенным типом 3D-принтеров, используемых как в домашних, так и в профессиональных условиях (рис. 1.52; 1.53). Они работают, плавя и экструдируя термопластичную нить (филамент), создавая объект слой за слоем. Вот ключевые характеристики FDM принтеров, которые считаются важными при их выборе и использовании:

1. Размер печатной зоны – определяет максимальный размер объекта, который может быть напечатан. Большая печатная зона позволяет создавать большие детали или печатать несколько объектов за один раз.

2. Разрешение печати – включает в себя толщину слоя и точность позиционирования по осям X и Y. Меньшая толщина слоя повышает детализацию и качество печати, но также увеличивает время печати.

3. Скорость печати – влияет на то, сколько времени потребуется для печати объекта. Скорость зависит от многих факторов, включая сложность объекта и выбранное разрешение печати.

4. Совместимость с материалами – разные принтеры могут поддерживать различные виды филаментов, такие как PLA, ABS, PETG, нейлон и др. Некоторые материалы требуют специальных условий печати, например, подогреваемой рабочей платформы или закрытого корпуса для поддержания определенной температуры.

5. Подогреваемая платформа – необходима для предотвращения деформации нижних слоев объекта при печати из некоторых видов пластика, таких как ABS и нейлон. Она помогает поддерживать адгезию первых слоев и уменьшает риск деформации.

6. Закрытая камера печати – позволяет поддерживать стабильную температуру внутри принтера, что особенно важно при печати материалами, чувствительными к температурным колебаниям, такими как ABS и нейлон.

7. Система подачи филамента – бывает двух типов: прямая и Bowden. Прямая система подачи располагает экструдер непосредственно на печатающей голове, обеспечивая лучшую точность подачи филамента, особенно для гибких материалов. Bowden-система уменьшает вес печатающей головы, что может увеличить скорость печати и уменьшить вибрации.

8. Программное обеспечение – важный аспект для успешной печати. Удобное и функциональное программное обеспечение (слайсер) позволяет настроить параметры печати, такие как температура экструдера и платформы, скорость печати, разрешение и др.



Рис. 1.52. Вид типичной небольшой лаборатории 3D-печати



Рис. 1.53. Лаборатория 3D-печати

Применение FDM-технологии в производстве позволяет значительно снизить стоимость создания прототипов и малосерийных изделий по сравнению с традиционными методами производства. Такая экономия достигается за счет использования доступных расходных материалов и уменьшения времени, необходимого для изготовления деталей.

Технология FDM предоставляет возможность быстрого изменения и адаптации проектов без дополнительных финансовых и временных затрат. Это открывает перед проектировщиками широкие возможности для экспериментов с формой, размером и функциональностью изделий, делая процесс проектирования значительно гибким.

Скорость печати в технологии FDM может значительно варьироваться в зависимости от заданных параметров и сложности изделия, но в сравнении с традиционными методами производства время существенно сокращается. Это позволяет быстрее выводить продукты на рынок и увеличивает конкурентоспособность компаний.

Для FDM-печати чаще всего используются пластиковые нити на основе полилактида (PLA) и акрилонитрилбутадиенстирола (ABS). PLA представляет собой биоразлагаемый материал, который характеризуется легкостью печати и минимальной усадкой, в то время как ABS отличается высокой прочностью и термостойкостью, но требует более высоких температур печати.

PLA (полилактид) и ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) – два наиболее популярных материала для 3D-печати методом FDM, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки (рис. 1.54).

Преимущества PLA:

- Биоразлагаемость: PLA является биоразлагаемым полимером, произведенным из возобновляемых ресурсов, таких как кукурузный крахмал, что делает его более экологичным выбором в сравнении с ABS.
- Простота печати: PLA плавится при относительно низкой температуре (около 180–220°C) и не требует нагретой платформы, что делает его доступным для печати на большинстве 3D-принтеров.
- Минимальная усадка: этот материал характеризуется небольшой усадкой, что упрощает печать больших деталей и уменьшает вероятность деформации.
- Глянцевая отделка: PLA дает гладкие и часто глянцевые поверхности после печати, что придает изделиям привлекательный внешний вид.

Недостатки PLA:

- Низкая температурная стойкость: PLA начинает размягчаться уже при 60°C, что ограничивает его использование в условиях высоких температур.
- Низкая механическая прочность: хотя PLA достаточно твердый, он может быть ломким, особенно при ударных нагрузках или длительном использовании.



Рис. 1.54. Примеры напечатанных FDM-изделий

Преимущества ABS:

- Высокая прочность и жесткость: ABS характеризуется высокой ударной вязкостью и прочностью, что делает его идеальным для изготовления деталей, подвергающихся механическим нагрузкам.
- Термостойкость: ABS сохраняет свои физические свойства при температурах до 100°C и выше, что делает его пригодным для применения в условиях высоких температур.
- Устойчивость к химическим воздействиям: ABS обладает хорошей стойкостью к маслам, жиру и многим химическим веществам, что расширяет сферу его применения.
- Легкость обработки: ABS легко обрабатывается после печати, его можно шлифовать, сверлить и красить, что делает его универсальным для различных проектов.
- Ударопрочность: ABS обладает высокой ударопрочностью, что делает его пригодным для изготовления предметов, которые могут подвергаться механическим повреждениям.

Недостатки ABS:

- Высокая усадка: ABS склонен к значительной усадке и деформации при остывании, что требует использования нагретой платформы и часто закрытой камеры для печати.
- Выделение вредных паров: при печати ABS выделяются пары стирола, которые могут быть вредны для здоровья, поэтому рекомендуется использовать хорошую вентиляцию или воздушные фильтры.
- Сложность печати: печать ABS требует более высокой температуры экструдера (около 220–250°C) и нагретой платформы, что может быть недоступно для некоторых 3D-принтеров.

Помимо традиционных PLA и ABS, в FDM-печати можно использовать и нестандартные материалы, такие как нити с добавлением дерева, металла, а также гибкие TPU-нити. Это расширяет возможности FDM-технологии и позволяет создавать изделия с необычными свойствами и эстетикой. Действительно, FDM печать открывает широкие возможности для экспериментов с материалами за счет использования нестандартных нитей.

Рассмотрим подробнее эти варианты:

1. Нити с добавлением дерева. Эти материалы представляют собой композиты, состоящие из PLA (полилактид)-основы с добавлением мелкозернистых древесных волокон. Изделия, напечатанные такими нитями, имеют вид и текстуру, напоминающие настоящее дерево, включая возможность шлифовки и окрашивания. Это делает их

идеальными для создания декоративных предметов, моделей, искусственных деревьев или мебели.

2. Нити с добавлением металла. Эти филаменты могут содержать металлическую пудру (например, медь, бронзу, нержавеющую сталь) в смеси с PLA или другим пластиком. Изделия, созданные с использованием таких нитей, обладают металлическим внешним видом и увеличенным весом. После печати обычно требуются дополнительные процессы обработки, такие как полировка, чтобы добиться типичного металлического блеска. Благодаря этим материалам можно создавать стилизованные украшения, элементы декора или компоненты, имитирующие металлические изделия.

3. Гибкие TPU-нити. TPU (термопластичный полиуретан) – это гибкий, износостойкий материал, который позволяет печатать объекты со свойствами, аналогичными резине. Это делает его идеальным для создания гибких изделий, таких как обувь, защитные чехлы, амортизирующие детали и уплотнители.

Выбор расходных материалов для FDM-печати должен базироваться на требуемых свойствах конечного продукта. От прочности и гибкости, до термостойкости и внешнего вида – все эти факторы необходимо принимать во внимание при планировании проекта.

Настройка 3D-принтеров для оптимальной FDM-печати

Одним из важнейших параметров при FDM-печати является выбор высоты слоя, который напрямую влияет на качество поверхности и время печати. Более низкая высота слоя обеспечивает лучшее качество детализации, но увеличивает время печати, тогда как более высокие слои позволяют быстрее печатать, но могут снижать качество изделия. При FDM-печати могут возникать различные проблемы, такие как деформация изделия, непрерывность слоев или засорение сопла. Решением могут служить корректировка температуры, увеличение адгезии платформы или использование специальных конструкций поддержки. Правильная настройка и опыт работы с 3D-принтерами помогают максимально снизить риск возникновения таких проблем. Также важно следить за качеством и свежестью филамента, проводить регулярную чистку сопла и поддерживать 3D-принтер в хорошем состоянии (рис. 1.55).

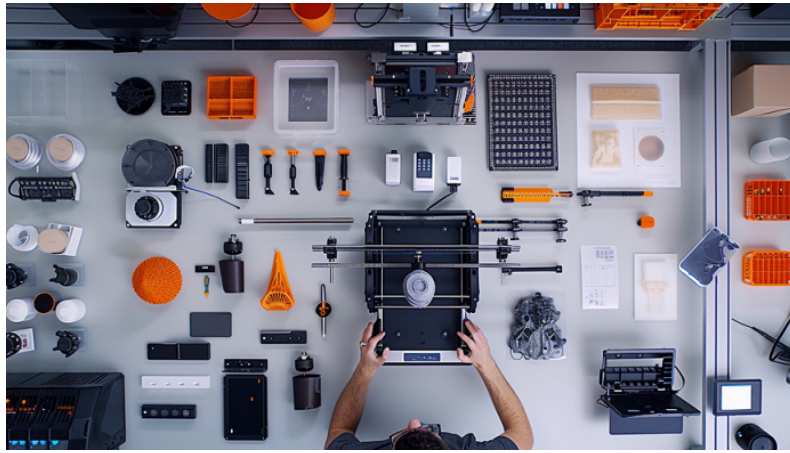


Рис. 1.55. Рабочий стол ЗДП



Рис. 1.56. Постобработка при 3D-печати

Некоторые проблемы могут быть вызваны неправильными настройками программного обеспечения или неверным выбором параметров печати. Поэтому рекомендуется ознакомиться с руководством по использованию конкретной модели принтера и обращаться за помощью к специалистам, если возникнут сложности (рис. 1.56).

Вот несколько основных методов постобработки, используемых для улучшения качества печатных изделий.

1. Механическая обработка

- Обрезка и снятие поддержек: сначала необходимо аккуратно удалить любые вспомогательные конструкции и излишки материала с помощью плоскогубцев, ножей или иных инструментов.
- Шлифовка: для уменьшения видимости слоев и повышения гладкости поверхности применяется шлифовка. Можно начать с более крупной наждачной бумаги и постепенно переходить к более мелкозернистой для достижения лучшего результата.
- Полировка: использование тряпки и полировочных средств может помочь получить глянцевую поверхность на термопластике.

2. Химическая обработка

- Гладкость с помощью химикатов: ацетон (для ABS-пластика) или другие растворители могут быть использованы для растворения внешнего слоя пластика, чтобы скрыть слои. Этот метод требует осторожности и должен проводиться в хорошо вентилируемом помещении, используя защитные средства.
- Краска и покрытие: для дополнительной защиты и улучшения внешнего вида модели можно использовать краску и покрытие. Они не только придают изделию законченный вид, но и могут добавить дополнительные свойства, такие как устойчивость к ультрафиолетовому излучению или влагозащиту.
- Покрытие эпоксидной смолой: нанесение эпоксидной смолы на поверхность модели может сделать её гладкой и прочной. Этот метод требует аккуратности, так как смола должна быть равномерно распределена и оставлена для отверждения.
- Использование праймеров и грунтовок: праймеры и грунтовки могут помочь сгладить поверхность перед окончательной окраской. Они заполняют мелкие трещины и неровности, создавая более гладкую основу для дальнейшей обработки.

3. Механическая обработка

- Шлифовка и полировка: использование наждачной бумаги различной зернистости для шлифовки поверхности модели позволяет добиться гладкости и устранить видимые линии слоев. После шлифовки поверхность можно отполировать для достижения блеска.
- Дрель и шлифовальные машинки: электрические инструменты, такие как дрели и шлифовальные машинки, могут ускорить процесс обработки, особенно для больших моделей или труднодоступных мест.

• Резка и обрезка: лезвия и резаки могут использоваться для удаления поддержек и излишков материала, оставшихся после печати. Этот метод требует аккуратности, чтобы не повредить модель.



Рис. 1.57. Примеры напечатаных FDM-изделий после обработки

4. Термическая обработка

• Термоформование: нагревание модели до определенной температуры позволяет изменить её форму или устранить незначительные деформации. Этот метод требует точного контроля температуры, чтобы избежать повреждения модели.

• Использование горячего воздуха: горячий воздух может быть использован для устранения мелких дефектов поверхности и улучшения адгезии между слоями. Этот метод также требует осторожности и точного контроля температуры.

5. Комбинированные методы

• Сочетание химической и механической обработки: например, сначала шлифовка модели для устранения крупных неровностей, а затем химическая обработка для достижения гладкости поверхности.

• Многоступенчатая обработка: использование нескольких этапов обработки, таких как шлифовка, грунтовка, окраска и покрытие, позволяет добиться наилучшего качества и внешнего вида модели.

Технология FDM, или моделирование методом наплавления, представляет собой один из методов 3D-печати, при котором модель создается путем нанесения расплавленного материала через экструзионные сопла по слоям. Как и любая технология, FDM имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества FDM:

1. Доступность: FDM-принтеры широко распространены и доступны для широкого круга пользователей, от хобби и DIY-комьюнити до профессиональных конструкторских бюро.

2. Простота использования: принтеры с технологией FDM относительно легки в эксплуатации и не требуют сложного обслуживания, что делает их идеальными для начинающих.

3. Разнообразие материалов: существует широкий спектр термопластичных материалов, доступных для печати, включая ABS, PLA, PETG, TPU и даже композитные материалы, такие как углеволокно, наполненные полимеры.

4. Экономичность: стоимость материалов и самой печати на FDM-принтерах является сравнительно низкой, что делает технологию экономически эффективной для создания прототипов и малых серий продукции.

5. Низкие требования к постобработке: в отличие от других методов 3D-печати, модели, созданные с помощью FDM, часто требуют минимальной послепечатной обработки.

Недостатки FDM:

1. Ограниченное качество поверхности: из-за послойного подхода к печати модели часто имеют видимые линии слоев, что может потребовать дополнительной постобработки для достижения гладкой поверхности.

2. Ограниченная детализация: в сравнении с другими технологиями 3D-печати, такими как SLA (стереолитография), FDM-принтеры могут иметь более низкую разрешающую способность, что ограничивает создание мелких и детализированных объектов.

3. Сложности с нависающими частями: печать моделей с нависающими частями может потребовать использование поддержек, которые затем нужно удалять, что увеличивает время и трудоемкость процесса.

4. Материалозатратность: для создания поддержек и предотвращения деформации может потребоваться дополнительный материал, что увеличивает общую стоимость печати.

5. Температурные ограничения: некоторые материалы, используемые в FDM-печати, имеют низкую температурную стойкость, что ограничивает их применение в условиях высоких температур.

6. Точность размеров: термическое расширение и усадка материалов могут приводить к незначительным искажениям размеров и формы готовых объектов.

7. Низкая скорость печати: высокое разрешение печати требует меньшего размера слоев, что увеличивает общее время печати, особенно для крупных объектов.

8. Ограниченная прочность: объекты, созданные методом FDM, могут иметь более низкую прочность в сравнении с изделиями, изготовленными традиционными методами производства, особенно в направлении слоев.

9. Чувствительность к условиям окружающей среды: качество печати может значительно зависеть от условий окружающей среды, таких как температура и влажность, что требует тщательного контроля этих параметров.

FDM-печать находит применение в самых разных отраслях промышленности – от авиастроения до медицинских изделий. Благодаря возможности быстрого и экономичного изготовления прототипов и малосерийных изделий компания смогла значительно сократить время разработки продукции и увеличить эффективность процессов. Технология FDM прочно утвердилась как одна из самых популярных и доступных технологий 3D-печати на сегодняшний день. Ее уникальные преимущества, такие как экономическая выгода, гибкость проектирования и высокая скорость производства, делают FDM незаменимым инструментом для множества отраслей – от промышленного производства до образовательных учреждений.

Неорганические связующие имеют преимущество по сравнению с органическими полимерными клеями из-за их способности выдерживать высокие температуры. Это чаще всего аморфные вещества, такие как диоксид кремния. Некоторые связующие представляют собой вещества, находящиеся в виде наночастиц, например,

оксид алюминия, которые обычно диспергированы в жидком носителе. Такие дисперсии известны как коллоидные растворы. В процессе изготовления композиционного материала носитель испаряется во время нагревания. При этом связующее взаимодействует с наполнителем с образованием областей скрепления компонентов наполнителя между собой.

В последние годы получило интенсивное развитие направление в технологии керамики и неорганических композитов – формование материалов из растворов с использованием золь-гель процессов. Естественно, в первом ряду таких материалов стоят продукты на основе кремнезолей, которые являются продолжением ряда жидких стекол при устремлении силикатного модуля к бесконечности. Сущность этих процессов заключается в применении золей – коллоидных растворов, соответствующих оксидов и оксигидратов металлов, обладающих способностью в определенных условиях превращаться из жидких систем в твердые продукты.

Другим типом неорганического связующего являются продукты на основе жидких фосфатных растворов, таких как кислые фосфаты алюминия или хрома. Такой раствор протекает между поверхностями, подлежащими соединению. При нагревании полученного раствора (выше 500°C в течение 3 часов) в нем происходят химические реакции. В результате этих процессов он превращается в твердое вещество, которое действует в качестве связующего субстрата. Продукты реакции представляют собой твердые фазы, состоящие из различных фосфатов алюминия.

Гидроксонитраты алюминия используют в качестве связующих в виде растворов или золей. Основные соли алюминия имеют следующий состав: $Al(OH)_2NO_3$, $Al_2(OH)_5NO_3$, $Al_3(OH)_8NO_3$, $Al_4(OH)_{11}NO_3$. Эти данные являются условными, так как их брутто-формулы не отражают наличие аква-, гидроксо-, оксо- и других групп, которые содержатся в структуре молекул основных солей. В результате термообработки образуется Al_2O_3 , а прочностные свойства материала повышаются. Благодаря вяжущим свойствам использование в качестве связующего гидроксохлорида алюминия обеспечивает надежное формование изделия-сырца. Кроме того, в результате термической деструкции поставляют в зону реакции сырьевые компоненты в активной форме, что способствует процессу спекания. С использованием гидроксохлорида алюминия были получены огнеупоры на основе магнезиального сырья и кварцевая керамика (рис. 1.58).

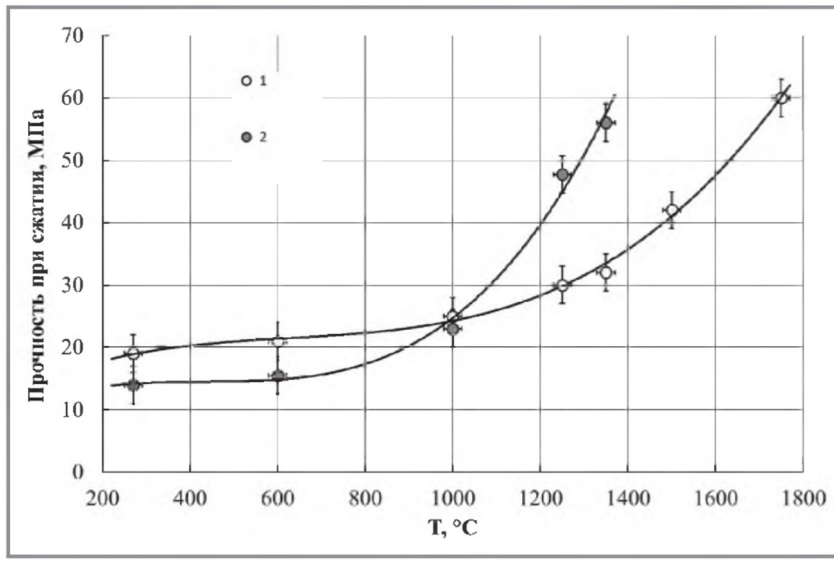


Рис. 1.58. Прочность материалов, полученных с использованием гидроксохлорида алюминия в качестве связующего:
1 – кварцевая керамика; *2* – магнезиальный огнеупор

В качестве примера влияния прочности продукта можно привести связующие вещества. Применение связующего привело к улучшению спекаемости и уменьшению в два раза пористости изделий по сравнению с изделиями, полученными на основе поливинилового спирта.

Таким образом, было показано, что основные соли многих металлов могут быть использованы в качестве связующего при получении термостойких композиционных материалов на основе оксидных систем. Основными продуктами термического разложения всех типов связующих, рассмотренных в настоящей работе, являются нанодисперсные высокоогнеупорные оксиды. Следует отметить, что материалы на основе систем, содержащих хром и некоторые другие элементы в переходных степенях окисления, имеют окраску. Вследствие этого у них худшие показатели теплопроводности по сравнению с бесцветными материалами.

Технологии 3D-печати помогают снизить расходы и время на производство, сокращают отходы. Но в то же время многим

материалам, которые используются в аддитивных технологиях, недостает прочности. Для решения этой проблемы специалисты из США разработали новый процесс печати: изделие из неметаллического материала получается прочнее и в пять раз быстрее, чем у традиционных 3D-принтеров. Принцип жидкой 3D-печати заключается в послойном отвердении жидкого фоточувствительного полиуретана под действием света. Чтобы перейти к печати следующего слоя, платформа с моделью поднимается, постепенно обретая заданную форму. Проблема в том, что застывающий, еще липкий полимер нужно перемещать очень аккуратно, что существенно замедляет процесс печати.

Инженеры из Сандийской национальной лаборатории сравнили этот процесс с выпечкой. «После того как вы испекли печенье, ему надо дать остыть. Если вы попытаетесь оторвать горячее печенье от противня, оно будет слишком мягким и сломается. То же происходит с 3D-принтером, если печатать слои быстро. Модель окажется кривой», – пояснила Леа Эпплханс, участница проекта. Команда разработала инновационный метод охлаждения материала после печати при помощи двух источников света: синего и ультрафиолетового. На эту идею их натолкнули методы двухволновой печати с полимеризацией акрила и непрерывной жидкой печати (CLIP). Печать идет как обычно, слой за слоем, но второй источник света предотвращает полимеризацию на дне кюветы, чтобы модель не прилипала. Следовательно, деталь можно перемещать быстрее. Вместо акрила инженеры взяли дициклопентадиен, который применяется при производстве красок и огнетушителей. Для того чтобы он лучше полимеризировался, они изменили базовые компоненты материала с акриловых на олефиновые. Это позволило повысить прочность моделей. Главная цель исследователей – расширить для инженеров и дизайнеров диапазон используемых полимеров, чтобы им проще было выбирать подходящий материал для своих проектов.

Исследователи из Швейцарской высшей технической школы Цюриха (ETH Zurich) создали самую человеческую роботизированную руку с костями, связками и сухожилиями, изготовленными из различных полимеров. Устройство создано с помощью новой технологии, которая сочетает 3D-печать с лазерным сканером и механизмом обратной связи. 3D-принтеры обычно создают объекты слой за слоем: сопла наносят заданный материал в вязкой форме в каждую точку. После этого под воздействием УФ-лампы каждый слой

быстро затвердевает. Предыдущие методы включали устройство, которое соскребало неровности поверхности после каждого отверждения.

Для демонстрации возможностей технологии исследователи напечатали роботизированную руку с костями, связками и сухожилиями, изготовленными из разных полимеров.

Исследователи из Массачусетского технологического института (MIT) разработали технологию 3D-печати, которая позволяет быстро создавать крупные детали из жидкого металла. Например, ножки столов и каркасы стульев можно напечатать за считанные минуты. В этом методе расплавленный алюминий наносится по запрограммированному пути в слой крошечных стеклянных шариков. Алюминий быстро затвердевает и приобретает объемную структуру. По оценкам разработчиков, эта технология в 10 раз быстрее, чем сопоставимый процесс аддитивного производства металлов. Этот метод жертвует разрешением ради скорости и масштаба. Хотя он может печатать компоненты большего размера, чем те, которые обычно изготавливаются с помощью более медленных технологий 3D-печати, и с меньшими затратами, он не может достичь высокого разрешения.



Рис. 1.59. Пример печати жидким металлом

Например, детали, изготовленные по новой технологии, могут использоваться в архитектуре, строительстве и промышленном дизайне, где компоненты более крупных конструкций часто не требуют детализации, а также для быстрого прототипирования на основе лома или переработанного металла.

Эта технология была разработана и внедрена путем печати алюминиевых рам и деталей столов и стульев, которые были достаточно прочными, чтобы выдержать последующую обработку и использование. Инженеры также показали, что компоненты, произведенные новым методом, можно комбинировать с процессами высокого разрешения и дополнительными материалами для создания функциональной мебели (рис. 1.59).

Новый сплав железа и никеля продемонстрировал нестандартные требуемые свойства. Ему дали название «инвар», которое происходит от слова «инвариант», означающего относительное отсутствие расширения. Почему «родственник»? По той простой причине, что расширение все же наблюдается, но измеряется долями процента, а диапазон рабочих температур системы весьма приличный.

В настоящее время в Израиле работают более 400 компаний в сфере пищевых технологий – широкой области, включающей питание, упаковку, безопасность пищевых продуктов, системы обработки, новые ингредиенты и альтернативные белки. Последний содержит растительные заменители мяса, молочных продуктов и яиц; кисломолочные продукты, мясо и морепродукты; белки насекомых; продукты и процессы ферментации.

Redefine Meat – ведущий стартап в подсекторе растительного мяса, в который входят такие известные компании, как SavorEat, также производитель мяса растительного происхождения, использующий 3D-технологии (или технологии аддитивного производства), и новичок Plantish, израильский стартап, который недавно представил цельное филе лосося на растительной основе.

В Израиле блюда из продуктов Redefine Meat продаются примерно в 200 ресторанах и заведениях, в том числе в Coffee Bar и отеле Montefiore в Тель-Авиве. Израильский стартап Redefine Meat разрабатывает продукты растительного происхождения в качестве альтернативы мясу животных.

Redefine Meat использует 3D-принтеры и «чернила» для «печати» стейков. Фирма стремится продавать принтеры и картриджи

дистрибьюторам мяса по всему миру, которые будут печатать и распространять произведенное мясо. «Чернила» состоят из растительных ингредиентов, таких как бобовые и зерновые, для создания мышечной текстуры альтернативного мяса; они содержит растительные жиры, имитирующие говяжий жир, а также натуральные ароматизаторы и красители, имитирующие фактор крови в мясе и его сочность. Redefine Meat объявила, что ее продукция будет доступна в избранных ресторанах высокого класса в Великобритании, Германии и Нидерландах, в том числе в закусочных, отмеченных звездами Мишлен.

«Мы достигли уровня превосходства во вкусе и текстуре, который удивил даже некоторых из самых признанных шеф-поваров в мире, а наши уникальные технологические возможности позволяют нам впервые заменить каждую часть коровы», – сказал Бен-Шитрит (рис. 1.60).



Рис. 1.60. Мясо, напечатанное на 3D-принтере, как альтернатива мясу животных

SK On, подразделение южнокорейской нефтегазовой компании SK Innovation, владеет двумя фабриками по производству аккумуляторов для электромобилей в США. Недавно она решила увеличить свое присутствие в южных штатах, и приступила к строительству новых цехов в партнерстве с Ford Motor и Hyundai Motor Group. Четвертой стороной в соглашении о сотрудничестве стала американская

компания Sakuu, разработавшая эффективную и недорогую технологию 3D-печати электродов.

«Вместе с прорывной технологией Sakuu и высочайшим профессионализмом SK On в области производства батарей мы готовы преодолеть трудности, стоящие сегодня перед индустрией аккумуляторов», – говорится в заявлении компаний. SK On собирается вместе с Sakuu разрабатывать и внедрять в производство новейшую платформу Kavian – технологию 3D-печати электродов для твердотельных батарей. Это гибкий и надежный метод, который легко интегрируется в существующие электрохимические техпроцессы производства анодов и катодов, и позволяет обойтись без токсичных веществ вроде Н-метилпирролидона или политетрафторэтилена.

Платформа не занимает много места и может быть внедрена в производственную линию без существенных изменений и затрат. Кроме того, сам процесс позволяет снизить расходы и риск неисправностей. Технология уже прошла испытания, компания Sakuu готовится вывести ее на рынок. С декабря 2022 г. пилотная фабрика выпускает полностью функциональные и высокопроизводительные батареи различной формы и размеров.

В ОАЭ запустили пробный вариант первой в мире электрической абры, традиционной деревянной лодки, изготовленной с использованием технологии 3D-печати. Судно на 20 пассажиров оснащено электрической силовой установкой с двумя двигателями мощностью 10 КВт и литиевыми батареями. Параллельно власти Дубая модернизируют существующую инфраструктуру морских станций, расширяя пассажирские зоны и повышая доступность для людей с ограниченными возможностями. Эти инновации направлены на устойчивое развитие традиционного водного транспорта Дубая.

Судно на 20 пассажиров было построено международной морской организацией Al Seer Marine из Абу-Даби в сотрудничестве с Tasneef Maritime, японской Mitsubishi и немецкими Siemens и Torqeedo. Это самая длинная монококовая конструкция, созданная с использованием технологии 3D-печати. Монокок – это тип конструкции, в которой внешняя оболочка является основным и, как правило, единственным несущим элементом. Длина абры составляет 11 м, а ширина – 3,1 м. Судно оснащено электрической силовой установкой с двумя двигателями мощностью 10 КВт и литиевыми батареями. Изготовленная с помощью 3D-печати, абра сохранила традиционный дизайн. Эта разработка является частью стратегии Дубая

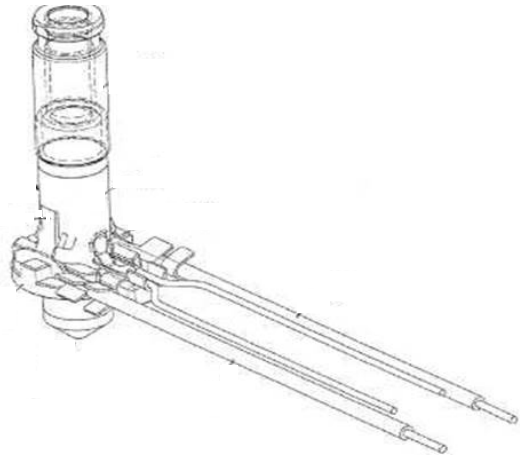
по превращению ОАЭ в мировой центр 3D-печати к 2030 г. Ожидается, что инновационный подход сократит время производства на 90%, снизит расходы на 30% и уменьшит затраты на эксплуатацию и обслуживание на 30%. Электрическая абра также соответствует стратегии Управления дорог и транспорта Дубая (RTA) по обеспечению экологической устойчивости морского транспорта для сокращения углеродного следа Дубая. Генеральный директор RTA и председатель совета директоров Маттар Аль Тайер объявил, что абра начнет пробную эксплуатацию на морской транспортной станции Sheikh Zayed Road. Регулятор будет следить за эксплуатационными характеристиками новой лодки и сравнит ее с нынешними 20-местными стекловолоконными абрами.

RTA также модернизирует существующую инфраструктуру. В рамках генерального плана по улучшению услуг морского транспорта управление совершенствует четыре традиционные станции абра в заливе Dubai Creek. Модернизация включает новые плавучие причалы, расширенные зоны ожидания и повышение доступности для людей с ограниченными возможностями. Будут установлены парковки для велосипедов и магазины. Причальные зоны расширят на 15%, крытые зоны ожидания увеличат на 100%, а коммерческие площади – на 27%. Цель – улучшить обслуживание 14 млн пассажиров в год, а также снизить расходы на техническое обслуживание.

Работы по модернизации продвигаются стабильно. В феврале 2023 г. RTA завершило реконструкцию станции морского транспорта Bur Dubai, а в феврале 2024 г. – Deira Old Souq. Оставшиеся две станции, Dubai Old Souq и Al Sabkha, планируется завершить к августу 2025 г. Причалы будут модернизированы с использованием экологически чистых и недорогих материалов, что позволит снизить годовые расходы на техническое обслуживание на 10%. Эти усовершенствования в сочетании с внедрением электрической абры, напечатанной на 3D-принтере, демонстрируют стремление властей модернизировать традиционный водный транспорт Дубая, сохраняя при этом его культурное наследие.

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ПАТЕНТЫ В 3DP.

США2024173916 (A1)



Печатающая головка 3D-принтера включает в себя сопло для подачи расплавленного материала. К соплу присоединена труба, несущая слой нагревательного резистора. Труба усажена в кольцевой кронштейн. На кронштейне установлены пружинные контакты, которые прилегают к трубе во взаимно противоположных точках и контактируют со слоем нагревательного резистора.

США2024173922 (A1)

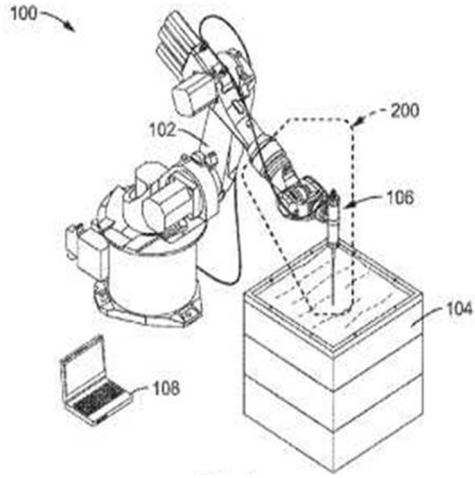
Устройство и способ 3D-печати, которые компенсируют смещение при нанесении печатного материала в результате движения сопла. Компенсация может включать в себя дискретизацию пути перемещения сопла 3D-печати на сегменты, компенсацию каждого сегмента пути на основе ожидаемого смещения осаждения печатного материала и создание компенсированного пути перемещения. Компенсация может применять инверсию модели системы, которая основана на ожидаемом смещении осаждения печатного материала относительно траектории движения сопла.

US2024189912 (A1)

Настоящее изобретение предоставляет системы трехмерной (3D) печати, устройства, способы и энергонезависимые компьютерочитаемые носители для производства по меньшей мере одного

запрошенного трехмерного объекта. Описанный 3D-принтер обеспечивает работу механизма распределения слоев с высокой точностью, хотя он работает в корпусе, загрязненном мусором, например, во время 3D-печати. Обломки могут быть побочным продуктом 3D-печати.

BO2024102803 (A1)



Непланарная гранулированная 3D-печать (NGP) – это процесс, при котором жидкое связующее избирательно впрыскивается в объем рыхлых гранулированных частиц материала с помощью пневматического дозатора жидкости. В отличие от других процессов трехмерной (3D) печати, которые позволяют изготавливать объекты последовательными слоями, NGP применяет неплоские траектории движения инструмента, которые могут перемещаться по нескольким осям одновременно, пространственно нанося жидкое связующее в объеме частиц для быстрого создания сложных 3D-печатных моделей без необходимости 3D-печати временных поддерживающих конструкций.

US2024189

Система 3D-печати включает в себя эжектор, предназначенный для приема строительного материала. Он имеет сопло. Эжектор выполнен с возможностью выбрасывания множества капель строительного материала через сопло. Система 3D-печати также включает

в себя подложку, расположенную под соплом. Капли падают на подложку после выброса из сопла. Капли образуют на подложке трехмерный объект. Система 3D-печати также включает в себя источник питания, предназначенный для генерации переменного электрического тока. Система 3D-печати содержит электрод, предназначенный для генерации плазмы в ответ на получение переменного электрического тока. Капли, трехмерный объект, подложка или их комбинация располагаются по меньшей мере частично внутри плазмы.

США2024165883 (A1)

Выше представлены способы, системы и устройства, включая компьютерные программы, закодированные на компьютерных носителях информации, для предоставления инструкций по печати трехмерных объектов. Один из способов включает в себя получение (1) информации, касающейся одной или нескольких геометрических характеристик 3D-модели объекта, который должен быть напечатан с помощью 3D-принтера на основе экструзии, и (2) параметров процесса для использования при печати. Создание с помощью автоматизированной производственной среды инструкций для печати 3D-объекта с помощью 3D-принтера на основе экструзии в виде серии из нескольких слоев, при этом измененные параметры процесса генерируются как часть инструкций по печати путем модификации полученного процесса параметры для надлежащего подмножества слоев на основе информации, касающейся одной или нескольких геометрических особенностей 3D-модели объекта. Предоставление с помощью автоматизированной производственной среды инструкций печати, содержащих измененные параметры процесса для работы 3D-принтера на основе экструзии для печати объекта.

США2024157652 (A1)

Дается описание примеров систем для обнаружения аномалий на основе триангуляции в задании печати, выполняемом трехмерным принтером. В примере данные, относящиеся к набору слоев, напечатанных на основе задания печати 3D-принтера, могут быть предоставлены двум моделям для получения соответствующих прогнозируемых аномалий. После этого полученные прогнозируемые аномалии могут быть триангулированы для обнаружения аномалии в слое, печатаемом 3D-принтером.

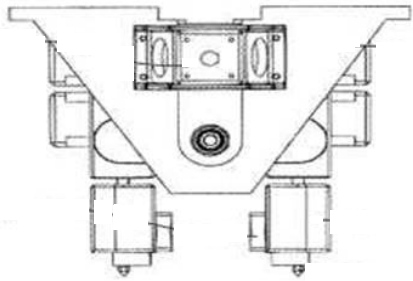
US2024190067 (A1)

Изобретение относится к композиции смолы, содержащей полимерный матирующий агент, который улучшает эстетический внешний вид изделия, полученного посредством 3D-печати с помощью экструзии материала. Композиция содержит 30-99,9 мас.% термопластичной смолы и 0,1-50 мас.% одного или нескольких сферических или околосферических полимерных матирующих агентов (ПМА), таких как шарики Altuglas Acryperl® от Arkema. Объекты, напечатанные на 3D-принтере из композиции, имеют линии скрытых слоев (так называемые «линии построения») и более однородны по внешнему виду по сравнению с объектом, напечатанным из той же термопластической смолы без ПМА.

США2024157650 (A1)

Способ калибровки 3D-принтера включает в себя этапы предоставления информации, полученной при заводской калибровке, указывающей центр внутреннего диаметра отверстия наконечника в металлическом экструзионном сопле и центр поверхности наконечника для сопла, и индуктивное определение сопла с помощью датчика вихревых токов, прикрепленного к печатающей головке на портале или роботизированной руке 3D-принтера, для определения измеренного местоположения центра поверхности кончика сопла. Способ включает определение местоположения центра внутреннего диаметра отверстия наконечника на сопле печатающей головки и использование предоставленной информации для определения местоположения центра внутреннего диаметра отверстия наконечника.

США2024157639 (A1)



Узел печатающей головки 3D-принтера содержит держатель печатающей головки и печатающую головку, в которой по меньшей мере два печатающих блока, реализованных так, что они взаимно

смещены в плоскости печати. Каждая печатная секция состоит из экструдера, устройства подачи нити, охлаждающего механизма и сопла. Печатные секции, расположенные на взаимном расстоянии, приспособлены для одновременной печати в разных взаимно смещенных плоскостях печати. Таким образом, этот узел позволяет печатать в нескольких плоскостях одновременно. Кроме того, объектом изобретения является 3D-принтер с данным узлом.

US2024190040 (A1)

Настоящее изобретение раскрывает суспензионное сырье для трехмерной 3D-печати на основе экструзии функционально классифицированного изделия и/или для литья изделия под низким давлением при комнатной температуре, способ его изготовления, способ 3D-печати и/или литье на основе экструзии и система для этого. Сырье для суспензии содержит строительный материал, включающий металл, керамику или любую их комбинацию, органическое полимерное связующее, добавку и летучий органический растворитель. Строительный материал, смешанный с добавкой, и органическое полимерное связующее, растворенное летучим органическим растворителем, образуют первую предварительную смесь и вторую предварительную смесь соответственно, которые смешиваются с образованием, по существу, гомогенной и текучей суспензионной смеси, которую используют для изготовления статьи.

US2024190075 (A1)

Система 3D-печати, в которой паста используется для заполнения пространства, ограниченного стенкой 3D-печатной формы, имеет лезвие для распределения пасты. Система очистки лезвия включает в себя погружную ванну, заполненную жидкостью до уровня жидкости. Вращающиеся щетки частично погружены в жидкость, а при необходимости очистки лезвие располагается между щетками. Щетки вращаются на ноже таким образом, что очищают каждую поверхность ножа, удаляя остатки пасты в жидкость.

US2024190066 (A1)

Устройство и способ для печати 3D-изделий, включающий электронные и функциональные элементы, 3D-принтер и плазменный струйный принтер, на основе диэлектрической барьерной плазменной системы атмосферного давления, в которой можно осуществлять как печать, так и обработку на месте, а также обработку после осаждения для соответствия характеристик материалов.

Плазменный струйный принтер, состоящий из электродов в сопле/печатающей головке для приложения электрического поля и генерации атмосферной плазмы, который можно использовать для негравитационной узконаправленной печати. Интеграция плазменного принтера с диэлектрическим барьером и струй плазменной обработки с 3D-принтером увеличивает возможности внедрения высокопроизводительной электроники в 3D-печатную структуру, что помогает в аддитивном производстве функциональных устройств. Возможность использовать ряд материалов для сборки печатающей головки, включая микрообработанный кремний, увеличивает разрешение плазменного струйного принтера до субмикронного уровня.

США2024160395 (A1)

Устройство обработки изображений; блок получения условий печати, включая тип носителя печати, на котором печатается изображение; блок получения параметра, который получает параметр текстуры, указывающий текстуру носителя печати; блок преобразования цвета, который выполняет преобразование цвета, соответствующее условию печати, для данных изображений и блок рендеринга, который выполняет рендеринг, заставляя данные изображения, над которыми выполняется преобразование цвета, соответствовать по меньшей мере одному из лицевой поверхности и задней поверхности 3D-объекта, представляющего форму носителя печати, устанавливает параметр текстуры, соответствующий передней поверхности и задней стороне трехмерного объекта, и, таким образом, генерирует визуализированное изображение, представляющее носитель печати с напечатанным на нем изображением.

US2024190775 (A1)

Настоящее изобретение предлагает составы смол, которые можно использовать для 3D-печати и термической обработки в производстве керамического материала. Оно обеспечивает прямую 3D-печать произвольной формы из прекерамического полимера с последующим преобразованием прекерамического полимера в напечатанный на 3D-принтере керамический композит с потенциально сложными 3D-формами. Раскрыто широкое разнообразие химических составов и включено несколько экспериментальных примеров для демонстрации практического применения. Например, составы прекерамических смол могут содержать карбосилан, в котором имеется по меньшей мере одна функциональная группа, выбранная из винила, аллила, этинила, незамещенного или замещенного алкила,

сложноэфирной группы, амина, гидроксила, простого винилового эфира, сложного винилового эфира, глицидила, простого глицидилового эфира, и винилглицидиловый эфир, виниламид, винилтриазин, винилизоцианурат, акрилат, метакрилат, алкилакрилат, алкилметакрилат, фенил, галогенид, тиол, циано, цианат или тиоцианат. Составы смол могут содержать твердофазный наполнитель для обеспечения высокой термической стабильности и механической прочности (например, вязкости разрушения) конечного керамического материала.

US2024182635 (A1)

Изобретение относится к способу получения частиц полимера полифениленсульфида (ПФС), основанному на использовании полиэфирного полимера (ПЭ), содержащего звенья из компонента дикарбоновой кислоты и диольного компонента, при этом по меньшей мере 2 мол. % диольного компонента представляет собой поли(алкилен) гликоль. Этот процесс включает смешивание ППС с ПЭ в расплаве, охлаждение смеси и извлечение частиц путем растворения ПЭ в воде. Настоящее изобретение относится к частицам ППС, полученным из него, и к использованию этих частиц в 3D-печати SLS, покрытиях и упрочнении термореактивных смол.

США2024149532 (A1)

Способ изготовления трехмерного (3D) изделия содержит печатный механизм для изготовления композитной конструкции, включающей трехмерное изделие, соединенное с опорной конструкцией; удаление композитной конструкции из резервуара с жидкостью и отделение внутренней поверхности оболочки от внешней поверхности изделия постепенно разрушает множество прядей. Опорная конструкция включает в себя конформную оболочку, внутренняя поверхность которой повторяет внешнюю поверхность трехмерного изделия с зазором между внутренней поверхностью оболочки и внешней поверхностью изделия, а также множество прядей, которые перекрывают зазор и индивидуально имеют противоположные концы, которые соединены с внутренней поверхностью оболочки и внешней поверхностью изделия для поддержания зазора, при этом зазор заполняется фотоотверждаемыми жидкими чернилами.

США2024139022 (A1)

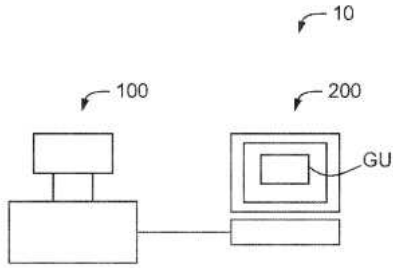
Персонализированное приспособление для стомы, включающее опорную пластину, использующее трехмерное (3D) сканиро-

вание, компьютерное моделирование и технологию 3D-печати, чтобы дать пациентам возможность улучшить качество жизни и уменьшить осложнения после стомы. В этом процессе используется технология 3D-сканирования для создания необработанной перистомальной сетки. В вариантах реализации эта сетка фильтруется с использованием алгоритма сглаживания и сращивания с заданными пациентом предпочтительными переменными. В некоторых вариантах реализации эту персонализированную фильтрованную сетку затем используют в субтрактивном производственном процессе, включая применение лазерного резака или лезвия пресса, для изменения опорной пластины стомы. Персонализированную сетку с фильтром можно также использовать для 3D-печати индивидуального шаблона стомы, который улучшает прилегание базовой пластины с помощью метода ретракции. Этот процесс можно применять для ухода за ранами с помощью вакуумной терапии отрицательным давлением и систем управления фистулами, в которых создается вакуум или опорная пластина мешка для улучшения прилегания и заживления.

США2024140042 (A1)

Устройство и способ 3D-печати печатает частичную часть, и продолжают печатать эту часть после того, как частично напечатанная часть была повернута. Каждая частичная операция печати может включать усиление посредством нанесения одного или нескольких слоев непрерывного волокна. Вращение и непрерывная печать частично напечатанной детали позволяют ориентировать волокна в разных ориентациях напечатанной детали.

WO2024086372 (A1)



Система и способ регулировки стоматологического аппарата путем модификации соответствующей цифровой модели стоматологического аппарата. Включает в себя систему аддитивного производства (например, систему 3D-принтера) и программное обеспечение

контроллера. Она предназначена для (1) 3D-печати стоматологического аппарата с использованием исходной цифровой модели стоматологического аппарата, (2) определения любых частей напечатанного стоматологического аппарата, которые могут потребовать модификации, (3) автоматической настройки цифровой модели аппарата путем выполнения смещения пикселей реализовать модификацию и (4) перепечатать устройство с использованием модифицированной цифровой модели.

США2024131800 (A1)

Контроллер предназначен для доступа к данным печати виртуального объема сборки, включая 3D-объект, который должен быть создан 3D-принтером; изменить данные печати, включив в них трехмерную структуру в определенном месте внутри объема сборки, чтобы инкапсулировать определенное количество строительного материала; получать данные о разложении порошка, соответствующие разложению порошка инкапсулированного количества строительного материала; откалибровать параметр аддитивного производства на основе данных о деградации порошка.

США2024126233 (A1)

Система послойной трехмерной (3D) печати 3D-печатного объекта. Система включает в себя компонент печати, выполненный с возможностью печати множества слоев для формирования 3D-печатного объекта, компонент модификации поверхности, выполненный с возможностью взаимодействия с компонентом печати и применения соответствующей степени шероховатости поверхности по меньшей мере к одному из множество слоев после печати, контроллер, сконфигурированный для идентификации параметров каждого из множества слоев и сконфигурированный для управления работой печатающего компонента и компонента модификации поверхности, при этом параметры включают в себя соответствующую степень шероховатости поверхности.

Аддитивное производство: тренды и прогнозы

Несмотря на скромное число выпущенных новых продуктов, низкие цены на акции OEM-производителей, несколько заметных слияний компаний и вялую экономическую динамику, влияющую на расходы, ожидается, что рынок аддитивного производства вырастет.

И что более важно, интерес к 3D-печати и ее применение никогда не были на таком высоком уровне (рис. 1.61).

Чтобы лучше понять эту двойственность и предсказать, как она проявит себя в 2025 г., один из наиболее влиятельных медиаресурсов в сфере аддитивного производства All3DP обратился к собственному пулу отраслевых экспертов. В их число входят топ-менеджеры и представители компаний, производящих и продающих 3D-принтеры и материалы, консультанты, научные сотрудники, руководители центров быстрого прототипирования, инженеры и конечные пользователи.

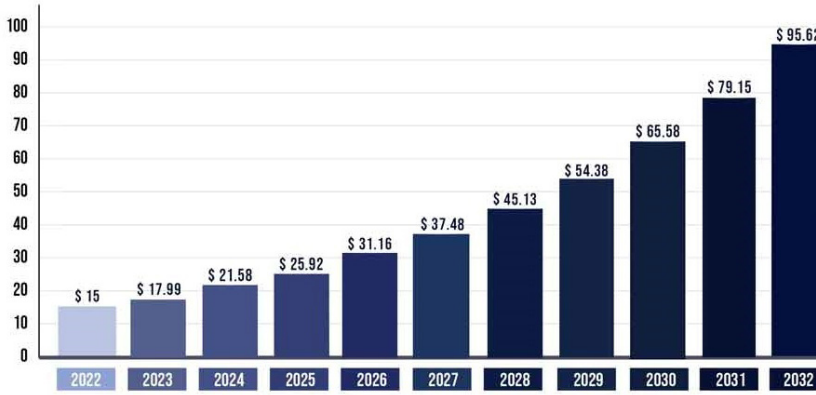


Рис. 1.61. Рост рынка 3D-печати в 2022–2032 гг., млрд долл.
© Precedence–Research

В 2024 г. не было недостатка в горячих темах, начиная со слияний и заканчивая ИИ, распределенным производством и устойчивым развитием. Экспертный совет All3DP выбрал самые важные темы, которые обсуждались в 2024 г. и будут обсуждаться в 2025 г.

Искусственный интеллект – это завтрашний день, а программное обеспечение – сегодняшний, считают эксперты. В конечном счете машинное обучение сделает проектирование деталей для 3D-печати намного более простым и доступным для людей, не обладающих продвинутыми инженерными навыками. Ускорение и удешевление процессов с участием ИИ приведут к коренным изменениям в отрасли (рис. 1.62).

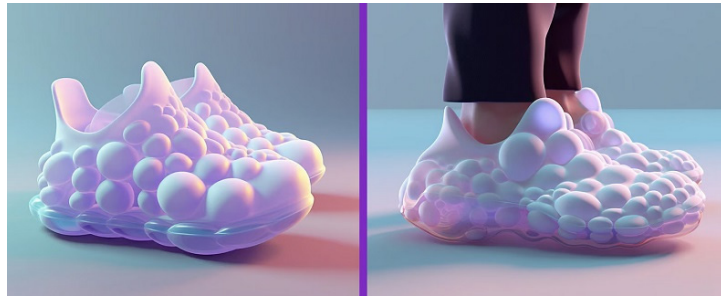


Рис. 1.62. Используя промты ПО для машинного проектирования с искусственным интеллектом, дизайнер Ник Ли разработал концепцию «пузырчатой» обуви, создаваемой с помощью 3D-печати © Nik Lee

ИИ способен оказать существенную помощь в проектировании унифицированных деталей для аддитивного производства. Программное обеспечение, позволяющее создавать изделия с помощью нескольких слайдеров и нескольких очередей устных или письменных сообщений, может сократить время проектирования на 90%. «Думаю, что ИИ и подготовка данных начнут использоваться на рынке в 2024 году, – говорит Дуглас Кроне из компании Dynamism, – и не только в верхнем промышленном сегменте рынка, но и рядовыми потребителями».

Говоря о существующей нехватке интуитивно понятного программного обеспечения для проектирования, Кристин Малхэрин (Hubbell/Women in 3D Printing) подчеркивает потенциал широкого распространения 3D-принтеров на потребительском уровне при появлении более удобного для пользователя решения: «Если компания – разработчик ПО сможет выпустить какой-то более простой продукт для проектировщиков, это вызовет огромный всплеск интереса к 3D-печати».

По мнению участников экспертного совета, более насущной потребностью в сфере ПО является технологический софт – инструменты, облегчающие сквозной рабочий процесс аддитивного производства. С более интегрированным программным обеспечением, позволяющим сделать технологическую цепочку наиболее полной (проектирование, печать, постобработка, сертификация, автоматизация), аддитивное производство станет на один уровень с другими производственными технологиями. Материалы станут более весомой причиной выбора 3D-печати (рис. 1.63).



Рис. 1.63. Примеры 3D-печати нержавеющей сталью © All3DP

Разработка материалов была одним из позитивных трендов в 2023 г. Здесь можно отметить расширение ассортимента доступных полимеров, появление новых специальных фотополимерных смол для медицины и стоматологии, а также экологические инновации в области полимерных и металлических порошков.

«Мой прогноз: процесс циркуляции и управления порошком будет переосмыслен, что даст доступ к большему количеству расходных материалов, – отмечает Джон Барнс из The Barnes Global Advisors, который также является генеральным директором компании Metal Powder Works, производящей металлические порошки. – Новые изобретения в области производства порошков ставят под сомнение то, как мы вообще проектируем 3D-принтеры».

Брайан Александер (Syensqo) рад дальнейшему росту рынка гранулированных материалов. «Гранулы в 3D-печати со временем вытеснят филаменты, и в 2023 году появилось много новых FGF- и PBAM-принтеров». Он предупреждает, что для внедрения высокоэффективных полимеров в гранулах потребуется время, но определенные уроки уже были извлечены из опыта производства филаментов. «Перед поставщиками материалов, такими как Syensqo, стоит задача адаптировать свои материалы к принтерам, печатающим гранулами, а в конечном итоге перейти на крупноформатное аддитивное производство, разработав материалы с большими диапазонами параметров обработки и меньшим короблением» (рис. 1.64).

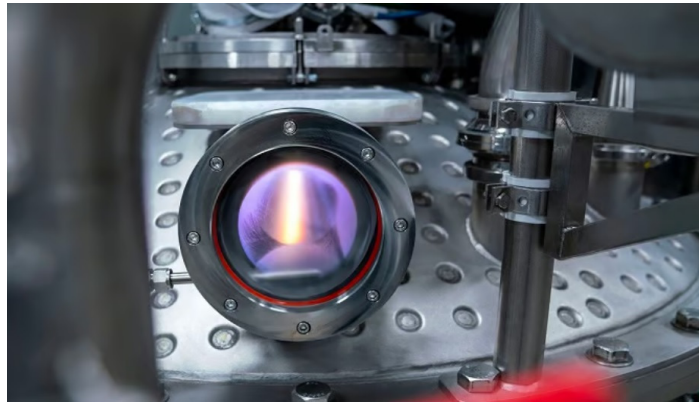


Рис. 1.64. Внутри плазменного атомайзера компании AP&C (GE Additive), которая производит металлические порошки для 3D-принтеров © GE Additive

Устойчивое развитие актуально как никогда!

Подчеркивая значимость устойчивого развития, Дуглас Кроне указывает на его важность как для экологически сознательных потребителей, так и для компаний из списка Fortune 1000, ставящих перед собой масштабные задачи по снижению выбросов углекислого газа и достижению устойчивого развития (рис. 1.65).



Рис. 1.65. Источник материалов, будь то рыболовные сети из переработанных полимеров или снятые с эксплуатации военные автомобили, является важной частью истории устойчивого развития 3D-печати © ReFlow/WASP

По словам эксперта, акцент на устойчивость проявляется двумя различными способами. «Во-первых, компании действительно стараются выбирать более экологичные варианты, когда это возможно, чтобы снизить углеродный след. Во-вторых, хотя устойчивое развитие – это маркетинговое словечко, которое компании любят упоминать, оно заставляет их действовать в правильном направлении».

Однако во времена больших колебаний и экономических ограничений такие цели, как устойчивое развитие, могут отойти на второй план. Впрочем, если это и произойдет, то ненадолго. Среда и менталитет, в которых воспитывается новое поколение инженеров аддитивного производства, в значительной степени ориентированы на устойчивое развитие.

«У нас в университете устойчивое развитие занимает центральное место в работе, – говорит Карл Дайвер, директор центра PrintCity в Городском университете Манчестера. – Мы не просто говорим об устойчивом развитии, мы реализуем его на деле, последовательно на протяжении последних десяти лет, начиная с финансируемых правительством исследовательских проектов экоустойчивости и заканчивая производством собственных филаментов из переработанных кофейных капсул и пластиковых бутылок».

Перспективы аддитивного производства – уверенность и оптимизм.

Нельзя отрицать, что в 2023 г. мнение Уолл-стрита о рынке 3D-печати было неутешительным: в отрасли не произошло значительных технологических прорывов, а рост продаж большинства OEM-производителей в аддитивной сфере был ниже запланированного. Однако, как отмечает Кроне, «также верно и то, что люди, использующие 3D-принтеры на повседневной основе, все больше полагаются на аддитивные технологии... Применение 3D-печати достигло высокого уровня и, очевидно, будет расти…» (рис. 1.66; 1.67).

После некоторого застоя в производстве нового оборудования в 2023 г. эксперты ожидают изменения ситуации в 2024-м. Перемены могут сосредоточиться вокруг рынка просьюмерских настольных принтеров (т.е. устройств, в создание которых вовлечены сами пользователи).

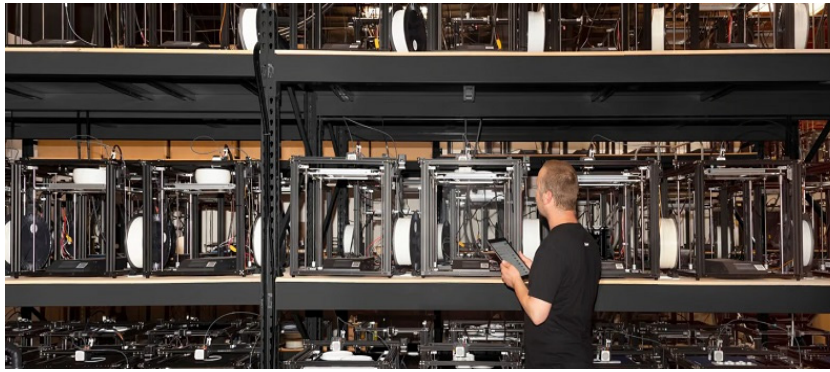


Рис. 1.66. Ферма 3D-печати компании Gantri в Калифорнии, производящей кастомизированные светильники © Gantri



Рис. 1.67. 3D-печать обуви – один из популярных трендов. По часовой стрелке: Decathlon с HP, Pangaia с Zellerfeld, Dior с HP, Adidas с Carbon

По мере того как аддитивное производство продолжает развиваться, крупные производители видят в нем потенциал и выходят на рынок. Консолидация производителей оборудования неизбежна по мере созревания рынка, считают эксперты, а наиболее инновационные компании, занимающиеся разработкой программного обеспечения, будут приобретены и ассимилированы в экосистемах аддитивного производства.

Заключение

Сегодня, благодаря 3D-моделированию в компьютерах и печатном оборудовании, проводятся исследования с непосредственным применением 3DP в различных областях, таких как строительство, дизайн, машиностроение, биология, медицина, продукты питания и многое другое. Во все области творчества 3D-технология также входит как обеспечивающая эффективность и дешевизну, но также добавляющая возможности, которых раньше не было.

Эксперты согласны не только с тем, что бизнес растет и развивается, но и с тем, что неуклонно увеличиваются продажи потребительских 3D-принтеров и появляются все новые вузовские программы, посвященные аддитивному производству и передовым технологиям.

Каждый год на рынок труда выходит целый класс инженеров. Но для них 3D-печать является родным языком – их научно-техническое образование, проекты и критическое мышление в значительной степени испытывают влияние аддитивных технологий.

Карл Дайвер из Городского университета Манчестера каждый день встречается с этими инженерами нового поколения. Он утверждает, что их интерес и уверенность в успешной карьере в 3D-индустрии никогда не были столь высоки. Дайвер говорит, что компании, с которыми он работает в PrintCity, и тип предлагаемых программ изменились, поскольку восприятие аддитивных технологий уже выходит за рамки прототипирования. «Всё больше предприятий верят, что 3D-печать – это инструмент, который при правильном использовании поможет реально оптимизировать производственные процессы. Так что я настроен весьма позитивно».

Однако пока рано говорить о том, сможет ли 3DP полностью заменить все существующие методы. На данный момент необходимо исследовать и развивать методы. Существует множество причин, в том числе экономических, для разработки методов 3DP. Одним из преимуществ 3DP является возможность создавать сложные 3D-геометрии с высокой точностью с минимальными затратами времени и вмешательства человека.

1.3. Новые технологии 3D-печати в медицине

Аддитивное производство – это процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем,

в отличие от вычитающего (субтрактивного) производства (механической обработки) и традиционного формообразующего производства (литья, штамповки).

Аддитивное производство предлагает медицинской промышленности большую свободу проектирования, адаптируемость и функциональную интеграцию. Для производителей зубных протезов, изделий медицинской и ортопедической техники, ортезов и протезов это открывает множество возможностей. Существует полный контроль над формами, материалами и конкретными конструкциями на основе данных пациента, что позволяет предлагать более индивидуальное лечение, упрощает биомеханическую реконструкцию и позволяет быстро внедрять инновационные методы терапии. Благодаря аддитивному производству протезы, ортезы и зубные импланты можно изготавливать непосредственно на основе индивидуальных анатомических данных каждого пациента. В результате появляются специальные продукты, которые более доступны, что значительно улучшает процесс заживления и прогноз.

Промышленная 3D-печать открывает далеко идущие возможности для производителей зубных протезов, изделий медицинской и ортопедической техники, ортезов и протезов: потенциал индивидуализации продукции в сочетании с экономической эффективностью позволяет производить более качественную и экономически выгодную продукцию, а также разрабатывать новые бизнес-модели. При 3D-печати дизайн определяется функциональностью, а не технологичностью. Будь то производство имплантов, хирургических инструментов или сложной медицинской техники: аддитивное производство дает возможность переосмыслить геометрию. В результате можно более эффективно разрабатывать и производить свою продукцию для конкретных целей. Возможность создавать сложную геометрию и интегрировать функциональность с процессом аддитивного производства создают огромные преимущества в ортопедических технологиях и при производстве сложного медицинского оборудования.

Технология аддитивного производства EOS дает возможность создавать точные инструменты и импланты непосредственно на основе данных САПР. Это позволяет производить импланты на основе анатомических данных, полученных от пользователя, и быстро их доставлять, избежать времени ожидания или осложнений из-за длительных периодов бездействия, поэтому импланты лучше прилегают. Это также ускоряет процесс выздоровления в целом и оказывает длительное положительное влияние на качество жизни

пациента. «Изделия могут быть разработаны с учетом диагноза, независимо от уровня их сложности, их можно изготовить и доставить в клинику в кратчайшие сроки. При традиционном производстве на это уходит около 6 недель, тогда как при аддитивном производстве производство возможно в течение всего 10 дней» (рис. 1.68).

Аддитивное производство EOS также может использоваться для создания широкого спектра поверхностных структур, которые могут упростить такие процессы, как остеоинтеграция, а именно рост между живой костной тканью и поверхностью костного импланта. Импланты, напечатанные на 3D-принтере, включают импланты позвоночника, плечевые суставы (замена гленоида, импланты тазобедренного сустава) и импланты для области OMF (оральная и челюстно-лицевая хирургия).



Рис. 1.68. Пример конструкции искусственной ноги, созданной с использованием 3DP

В сложных случаях при лечении рака, ревизии импланта или серьезных несчастных случаях пациенты могут воспользоваться технологией аддитивного производства EOS, которая позволяет разработать и быстро сделать специфический и потенциально очень сложный продукт на основе их индивидуального диагноза.

Для высокотехнологичного медицинского оборудования и специализированных машин свобода проектирования означает, что узлы можно упростить, а функциональность можно интегрировать в деталь. В этих случаях аддитивное производство может окупиться даже при небольших размерах партий. Исключаются затраты на инструменты, а также на сборку и логистику.

При сложных вмешательствах хирурги все чаще переходят на одноразовые инструменты, предназначенные для конкретного пациента. Это позволяет более точно вставлять импланты, повышая успех операции для пациентов, хирургов и больниц. Эти индивидуальные инструменты также могут быть изготовлены с помощью 3D-принтера. Хирург получает выгоду от высококачественного и точного продукта, который соответствует строгим стандартам, связанным с медицинским применением.

Альтернатива 3D-печати обеспечивает большее разнообразие («массовая настройка»), а производство может выполняться «по требованию». По сравнению с инструментами многократного использования больницы экономят на затратах на стерилизацию и хранение и получают выгоду от более высокой производительности (рис. 1.69; 1.70; 171).

Совместно с BodyCad компания EOS разработала хирургический шаблон для сверления для индивидуального эндопротезирования коленного сустава. Система предлагает более точный и контролируемый метод подготовки кости к импланту. Комбинация индивидуального импланта и хирургического шаблона для сверления была разработана для облегчения точных операций по замене или восстановлению коленного сустава, которые отражают анатомические особенности опорно-двигательного аппарата пациента.

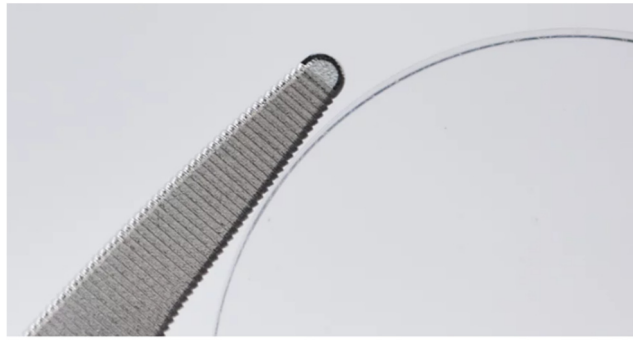


Рис. 1.69. Костный рашпиль для хирургических операций

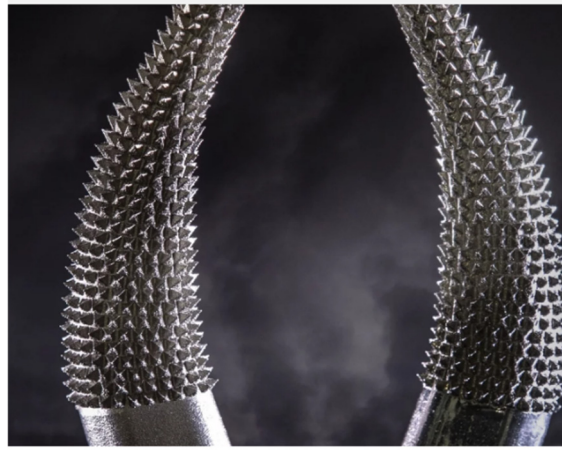


Рис. 1.70. Костный рашпиль, напечатанный на 3D-принтере
Стереотаксическое приспособление для нейрохирургии, адаптированное к пациенту, STarFix от FHC ЭОС Бонерасп
Прототип гибочного инструмента для формирования пластин в хирургии позвоночника

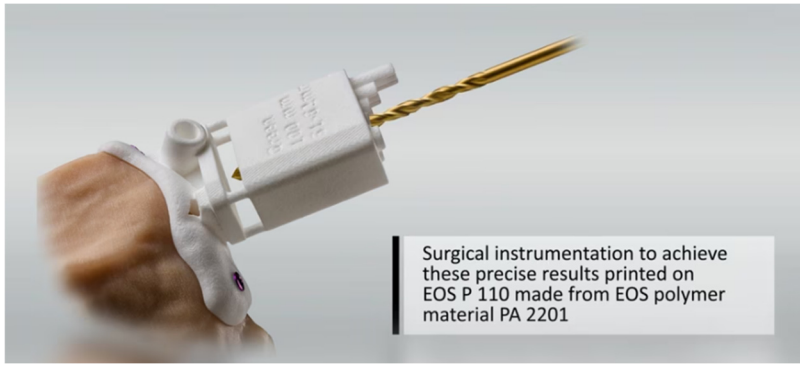


Рис. 1.71. BodyCad: система хирургических шаблонов для операций на коленном суставе

Результатом стала революционная однокамерная коленная система (UKS) с хирургическими инструментами, адаптированными к конкретному пациенту. Новые инструменты, оснащенные специальными шаблонами для сверления, гарантируют более высокую

точность при меньших затратах, сокращение времени операции и лучшие клинические результаты. Изготовлено на FORMIGA P 110 из материала PA 2201.

- Эффективность: инструменты можно создавать быстро.
- Прибыльность: более низкие затраты по сравнению с традиционными процессами.
- Своевременность: инструменты для конкретного пациента могут быть доставлены в течение 21 дня.

Имплант можно существенно оптимизировать благодаря 3D-печати. Чашка бедра состоит из фиксированных секций, обеспечивающих необходимую устойчивость, и элементов с шероховатой структурой. Эти элементы имеют непосредственную структуру, обеспечивающую надежную фиксацию импланта: грубые структуры предпочтительнее с точки зрения передачи давления, тогда как более мелкие структуры поддерживают первоначальную фиксацию. Таким образом, сложная структура упрощает остеоинтеграцию, ускоряя процесс заживления (рис. 1.72).



Рис. 1.72. Permedica – 3D-печать искусственной тазобедренной чашечки

Совместно с командой EOS Additive Minds и хорошо зарекомендовавшей себя системой для металлов EOS M 290 компании Permedica удалось создать совершенно новый продукт. Весь имплант изготавливается на 3D-принтере за один производственный этап, его было бы невероятно сложно воспроизвести обычными методами. Благодаря высокой гибкости аддитивного производства поверхность и размер тазобедренной чашечки можно задавать индивидуально для каждого пациента (рис. 1.73; 1.74).



Рис. 1.73. Продукты для имплантологии с производственными системами от EOS



Рис. 1.74. Мелкосерийное производство прецизионных хирургических компонентов на станке FORMIGA P 100

Повторяемость является ключевым моментом для медицинских имплантатов. Исследовались характеристики стандартизированного макета задания с решетчатыми структурами, напечатанными на трех различных системах EOS M 290 с использованием EOS Titanium Ti64ELI.

Результаты подтверждают:

• Повторяемость характеристик каждой машины подтверждена, поскольку относительная плотность и прочность на сжатие достигают уровня достоверности Шести Сигм.

• Существует высокая корреляция между относительной плотностью и силой сжатия.

• Объем и усилия по тестированию могут быть сокращены из-за такой высокой корреляции.

Аддитивное производство помогает оптимизировать лечение пациентов, сократить время пребывания в больнице и смягчить побочные эффекты. С их помощью можно изготавливать индивидуальные импланты и инструменты из высококачественных, совместимых с медицинской точки зрения материалов на основе данных 3D CAD. Решения для 3D-печати, будь то из металла или полимерных материалов, позволяют без инструментов производить продукцию по индивидуальному заказу с низкими затратами на единицу продукции и в рамках экономически эффективной структуры.

3D-модель играет важную роль в определении оптимального хирургического подхода. 3D-печать меняет планирование хирургических операций и позволяет доставлять персонализированные лекарства младенцам со сложными врожденными пороками сердца (ВПС). Пять лет назад команда сердечно-сосудистых специалистов детской больницы SSM Health Cardinal Glennon, педиатрического медицинского центра в Сент-Луисе, штат Миссури, использовала 3D-печать как решение для лучшего хирургического планирования этих пациентов. По данным Американской кардиологической ассоциации, врожденные пороки сердца являются наиболее распространенными во всем мире, и затрагивают восемь из каждых 1000 детей, рожденных в Соединенных Штатах, но, к счастью, только один из четырех требует хирургического вмешательства в течение первого года жизни. Детская больница SSM Health Cardinal Glennon, являющаяся педиатрическим специализированным центром, принимает некоторых из самых сложных пациентов, которым требуется восстановление сердца в течение нескольких дней или недель после рождения – с сердцем размером с грецкий орех.

Одним из таких пациентов был младенец, у которого внутриутробно с помощью УЗИ плода была диагностирована необычная форма транспозиции магистральных артерий. Дезоксигенированная голубая кровь поступала в правое предсердие, которое соединяется с левым желудочком, а затем с аортой, а насыщенная кислородом красная кровь – в левое предсердие, которое соединяется с правым желудочком, а затем с легочной артерией. У пациента также был очень большой дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП), соединяющий оба желудочка, и сильное сужение между левым

желудочком и аортой. Уже на раннем этапе стало очевидно, что пациент стал довольно синим, поскольку лишенная кислорода кровь направлялась к аорте. Баллонная предсердная септостомия, выполненная в первые несколько дней жизни, привела к некоторому улучшению. Однако значительная тахикардия сохранялась. Стало ясно, что степень субаортального сужения оказалась более серьезной, чем первоначально предполагалось, что привело к значительному угнетению функции левого желудочка. Нужно было что-то делать в ближайшее время.

Кардиоторакальная хирургическая бригада под руководством Чарльза Хаддлстона, доктора медицинских наук, и члены кардиологической бригады, в том числе Уилсон Кинг, доктор медицинских наук, согласились с необходимостью хирургического вмешательства. Из-за редкости этого заболевания возникли споры о том, как восстановить сердце младенца. Переключение предсердий у новорожденных казалось лучшей стратегией. Это сложная операция, которая перенаправляет насыщенную кислородом кровь в аорту и дезоксигенированную кровь в легочные артерии путем создания внутрипредсердных перегородок. Лечение субаортального стеноза было чрезвычайно проблематичным, поскольку оказалось, что большая часть обструкции была вызвана тканями, расположенными очень близко к митральному клапану. Повреждение митрального клапана может привести к серьезным проблемам для пациента. «После изучения эхокардиограммы многие наши кардиологи, а также направляющие кардиологи были убеждены, что это часть структурной целостности митрального клапана, и его резекция будет означать замену этого клапана и подвергнуть ребенка заболеванию на всю жизнь. Другие считали, что это добавочная ткань, не имеющая решающего значения для функции митрального клапана. На основании только визуализационных исследований было невозможно сказать, что ограничивало нашу способность уверенно разработать хирургический план», – сказал доктор Хаддлстон. В таких сложных случаях команда хирургов детской больницы кардинала Гленнона прибегает к 3D-печати.

Используя набор данных МРТ, команда напечатала модель сердца младенца на 3D-принтере Stratasys J750™. «Трудно судить, что делать, глядя на 2D-изображения на экране. Трудно уловить всю информацию в одной плоскости даже при 3D-реконструкции на 2D-экране. Пространственные отношения гораздо проще концептуализировать с помощью 3D-модели. Благодаря 3D-модели стало

очевидно, как перенаправить кровоток в нужные места, чтобы обеспечить организм кислородом», – сказал доктор Кинг. Доктор Хаддлстон добавил: «3D-модель помогла нам четко определить анатомию и дала уверенность в том, что добавочная ткань, вызывающая субаортальный стеноз, не является неотъемлемой частью митрального клапана. Это позволило нам приступить к процедуре с уверенностью, что ткань можно будет безопасно удалить, не повредив расположенный рядом с ней митральный клапан». Доктор Хаддлстон резюмировал свой опыт: «3D-модель сыграла важную роль в определении оптимального хирургического подхода. Это позволило нам приступить к делу с четким планом, основанным на наилучшей информации, которую мы смогли получить». С помощью 3D-печатной модели сердца у 20-дневного ребенка были успешно выполнены неонатальное переключение предсердий, закрытие ДМЖП и резекция субаортального стеноза, при этом функция митрального клапана осталась нетронутой. Постепенно улучшилась работа сердца, нормализовался пульс. Ожидается, что у него будет отличный долгосрочный прогноз (рис. 1.75).



Рис. 1.75. 3D-модель сердца 5-дневного ребенка с врожденно корригированной транспозицией магистральных артерий с большим дефектом межжелудочковой перегородки и тяжелым субаортальным стенозом

3D-печать лекарств больше не является фантастикой. С помощью революционной технологии можно изготовить невероятные формы и любые виды лекарств. Британская биотехнологическая компания FabRx полагает, что в течение 5-10 лет она может даже стать обычным методом в больницах и аптеках для создания персонализированных лекарств в определенных дозах.

Профессор Абдул Басит и профессор Саймон Гейсфорд увидели огромный потенциал в 3D-печати для медицины и фармацевтики, поэтому в 2014 г. основали FabRx. Они полагают, что смогут коммерциализировать печатные таблетки в течение следующих 5-10 лет. Альваро Гойанес, директор по развитию, рассказал, что в настоящее время самой большой проблемой для 3D-печати является не сама технология, а, скорее, нормативно-правовая база. Существуют строгие нормативные требования при выводе фармацевтической продукции на рынок, и регулирующим органам придется адаптироваться и принять печать как метод производства.

Хотя технология также нуждается в совершенствовании, и необходимы дополнительные исследования в области новых материалов, 3D-печать уже сегодня является жизнеспособным методом создания лекарств. Гойанес объяснил, что они могут печатать любые молекулы или активы, выбрав соответствующую технологию, такую как моделирование методом наплавления (FDM), порошковая печать или стереолитография (SLA). По сути, они экструдируют водорастворимый полимер, смешанный с ацетаминофеном и солями. Не существует какого-либо препарата, ставящего им непреодолимый барьер. Наиболее требовательными молекулами будут биологические молекулы, которые обычно более нестабильны. В этом случае необходимо избегать высоких температур или других суровых условий.

Результатом 3D-печати может стать не только улучшение компонентов самих лекарств, но и более эффективный процесс их всасывания. В мае 2015 г. Gizmodo сообщил, что исследователи FabRx экспериментируют с таблетками разного размера и формы. Они провели исследование, в ходе которого выяснилось, что таблетка пирамидальной формы усваивается организмом быстрее всего, тогда как таблетка цилиндрической формы занимает гораздо больше времени. Гойанес объяснил, что основная идея здесь заключается в том, что если увеличить поверхность, контактирующую со средой растворения, сохраняя при этом постоянный объем отпечатка, увеличивается процесс высвобождения лекарства. Это также означает, что выбор таблеток необычной формы, таких как единороги, клубника или морские звезды, изменит поверхность, контактирующую с водой, изменяя высвобождение лекарства. Исследователи, разрабатывающие рецептуры, должны помнить об этом (рис. 1.76; 1.77).



Рис. 1.76. Примеры таблеток разной формы

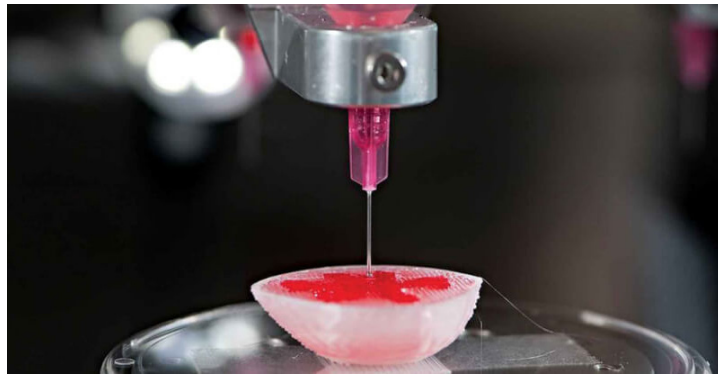


Рис. 1.77. Пример процесса печатания с «наполнителем»

С помощью 3D-печати также можно будет распечатывать точные дозы лекарств. Таким образом, не придется принимать таблетку два раза в день в течение недели, а достаточно принять всего одну таблетку за весь период болезни. Однако медицинскому сообществу сначала предстоит выяснить, как пациенты отреагируют на такое нововведение. Лучше ли принять только одну таблетку, чтобы пациенты ее не забыли? Или лучше глотать лекарство ежедневно, поскольку процесс имеет закономерность?

В целом Гойанес считает, что пациенты были бы не против иметь отпечатки, если бы у них были правильные характеристики. Он предположил, что их не особо волнует технология изготовления их лекарств; они хотят, чтобы лекарства было легко глотать и они были приемлемыми. FabRx проводит группы с добровольцами в UCL для оценки приемлемости отпечатков плацебо разных форм, размеров и цветов; и результаты очень многообещающие. Что касается медицинского сообщества, многие врачи считают 3D-печать персонализированных лекарств желанным достижением, но сейчас они далеки от рынка. Они не привыкли к этой технологии, потому что никогда не видели работающего 3D-принтера, а иногда относятся к этому скептически.

Скептицизм медицинского сообщества понятен. На данный момент даже факторы времени и стоимости не благоприятствуют 3D-печати. Гойанес рассказал, что эта технология не дешевле, чем традиционная таблетирующая машина. Однако явное преимущество 3D-печати заключается в персонализации доз, поэтому по мере того как потребность в ней будет возрастать, эта разница также постепенно исчезнет.

Команда FabRx планирует разместить первые принтеры менее чем за 5 лет в больницах для испытаний на месте. Они считают, что через 5-10 лет технология будет доступна повсюду. Как пояснил Гойанес, адаптация будет постепенной и естественной, а не изо дня в день, всегда соблюдая строгие правила в отношении лекарственных средств. Но это означает, что вскоре в больницах и общественных аптеках (по крайней мере, в крупных) появятся принтеры, и пациенты будут ходить туда за лекарствами, приготовленными специально для них.

В случае будущего сценария, когда лечащий врач может отправить рецепт на лекарство по электронной почте на домашний 3D-принтер, Гойанес отреагировал с осторожностью. Он считает, что, возможно, для конкретных пациентов с очень специфическими заболеваниями это можно вообразить; но печать в домашних условиях, безусловно, сложнее, поскольку процесс не контролируется обученными специалистами, поэтому на его внедрение уйдет более 10 лет.

Чтобы FabRx могла коммерциализировать на рынке лекарства, напечатанные на 3D-принтере, она должна доказать регуляторам рынка, что технология 3D-печати безопасна и надежна, и вполне жизнеспособная технология для больниц и аптек.

Гойанес также считает, что в случае 3D-печати очень важно иметь различные механизмы контроля качества, чтобы избежать проблем с дозировкой во время печати или других проблем. Он добавил, что не хочет представить себе ситуацию, при которой 3D-печать лекарств на пункте выдачи будет внедряться в первую очередь в странах с более низким уровнем регулирования или вообще без него; и спустя годы после того, как он оказался безопасным, его приняли в Европе и США.

3D-печать лекарств может положительно повлиять на способы создания и распространения лекарств, а также на эффективность медицинского лечения. Но следует помнить, что безопасность и надлежащая нормативно-правовая база стоят на первом месте. Таким образом, регулирующие органы должны действовать, чтобы избежать ситуаций, когда решения «сделай сам» выходят на первый план.

Инженеры-технологи и фармацевты Ноттингемского университета (Великобритания) разработали 3D-печать инновационных таблеток. Они учитывают не только индивидуальные дозировки, но и, что очень важно, временные схемы. Свое детище исследователи назвали полипилюли (от «поли» – греч. «много» и «пилюля» – лат. «шарик»).

Для производства уникальных полипилюль использовалась технология многослойной струйной 3D-печати. Ученые произвели не имеющие аналогов чернила со специальным молекулярным составом, который при ультрафиолетовом воздействии превращается в структуру, легкорастворимую в воде. Объединив чернила с различным количеством аспирина, команда разработала настраиваемые геометрические узоры, позволившие очень точно выставлять площадь таблеток. Это наряду с внутренней структурой и формой таблетки успешно контролировало скорость высвобождения и дозировку данной напечатанной таблетки.

Уникальность технологии заключается в том, что 3D-печать позволила создать структуру, которая совместила в себе нерастворимые и растворимые полимеры за один производственный цикл. Нерастворимая полимерная часть противостоит агрессивной среде внутри человека и предотвращает вымывание лекарства. В то же время растворимая часть обеспечивает высвобождение активного вещества препарата в нужное время.

Кроме того, «играя» с внутренним дизайном полипилюли, ученые научились управлять скоростью выделения лекарства в организм. К примеру, первый вариант внутренней структуры таблетки

позволил аспирину высвободиться за 70 минут. Второй и третий варианты значительно понизили скорость высвобождения. Четвертый вообще сработал двумя ступенями: выделение части препарата, пауза, затем высвобождение остатка. К слову, таблетки на 3D-принтерах печатали и до этого, однако производители практически не могли контролировать скорость высвобождения препарата. Он либо выходил в организм в течение нескольких секунд, либо выделялся путем диффузии в течение 4-100 часов. Полипилюли, сделанные ноттингемскими фармацевтами, позволяют достигать период высвобождения 1,5-3 часа, что является настоящим научным прорывом.

После этого исследователи из Ноттингема напечатали на 3D-принтере 55 дополнительных индивидуальных таблеток в одной партии. Это было сделано с целью доказать, что метод имеет крайне гибкую персонализацию и масштабируемость. В первых опытах использовался только лишь аспирин, однако исследователи не видят никаких проблем, чтобы в будущем добавить в свои полипилюли любые дополнительные препараты, независимо от дозировки и графика приема. Ноттингемские фармацевты уверены, что новые полипилюли кардинально упростят прием лекарств, ведь пациенту теперь нужно принять всего лишь одну таблетку в день. Исследователи считают, что новый метод может быть особенно полезен при разработке лекарств для лечения заболеваний, требующих введения нескольких препаратов в разное время.

В 2015 г. Скотт Саммит, директор по дизайну 3DSystems, ходил с гипсом из-за проблем с запястьем. Это был состав, созданный специально для него; и тот, который его врач мог открыть и закрыть за считанные секунды. Он даже может принимать с ним душ, без необходимости заворачивать его в полиэтиленовые пакеты. Это, конечно, был не обычный слепок, а слепок, напечатанный на 3D-принтере.

Есть компании, которые производят эту периферию. Однако преобладают те же старые гипсовые слепки.

Привлекательность 3D-печатных слепков основана не только на рекламе. Они тонкие, дышащие, настраиваемые, водонепроницаемые, легко снимаемые и предотвращающие инфекцию и атрофию мышц. Короче говоря, они во многом превосходят традиционные актеры. Во многих отношениях 3D-печатные слепки представляют собой естественную эволюцию гипсовых повязок. Чтобы отделить «шумиху» от фактов, ученые исследовали преимущества этой техники перед традиционными слепками. Исследование, проведенное

в 2017 г., показало, что 3D-печатные слепки повышают комфорт и удовлетворенность пациентов. Еще один эксперимент, проведенный в 2018 г., также обнаружил превосходную «удовлетворенность пациентов, комфорт и воспринимаемые функции» при использовании 3D-печатных слепков (рис. 1.78).



Рис. 1.78. Пример конструкций замены гипса, напечатанной на 3DP

Источник: 3D-printing the casts used to set broken bones improves patient outcomes. URL: https://www.thefabricator.com/additivereport/article/additive/3d-printing-the-casts-used-to-set-broken-bones-improves-patient-outcomes

В том же исследовании показано, что как традиционные методы литья, так и методы 3D-печати «демонстрируют схожую целевую функцию», основанную на их функциях и ловкости, которую они обеспечивают владельцу. Хуан Монсон Фабрегат разделяет аналогичное мнение. «Традиционные шины не так уж и плохи», – прокомментировал он. «Конечно, персонализированная шина, напечатанная на 3D-принтере, является лучшим продуктом, но не лучше, чем традиционные, чтобы рискнуть измениться».

Но доказательств недостаточно. Большая часть литературы о гипсовых повязках, напечатанных на 3D-принтере, посвящена дизайну гипсовых повязок и свойствам материала, а не их эффективности. Те немногие, кто сосредоточил внимание на последнем, действительно показали многообещающие результаты. Но чтобы убедить большую группу травматологов, потребуется больше таких исследований. Эти недостатки в самой литературе свидетельствуют об ограниченном применении 3D-печатных слепков как медицинским сообществом, так и пациентами. Действительно, нынешний кризис

общественного здравоохранения подчеркнул важность 3D-принтеров в медицинской промышленности. Они позволяют медицинским учреждениям обойти цепочку поставок и помочь удовлетворить спрос за счет поставок, производимых собственными силами. Несмотря на потенциал, который таят в себе 3D-печатные слепки, технология по-прежнему кажется нишевой, и перед ее массовым внедрением стоит ряд проблем.

Одна из этих проблем может быть связана с состоянием самой технологии, из-за чего травматологи отдают предпочтение традиционным гипсовым повязкам, а не их простоте и доступности, даже если слепки, напечатанные на 3D-принтере, имеют превосходный потенциал. Возьмем, к примеру, прототип Osteoid из 2014 г. Он не только удерживает кость конечности на месте, но также может способствовать ее заживлению. Благодаря импульсной ультразвуковой системе костной стимуляции он ускоряет заживление костей посредством ультразвуковых колебаний. При использовании традиционных гипсовых повязок врачи не могли применять вибрационную терапию, но модели, напечатанные на 3D-принтере, позволяют это сделать. Но Osteoid пропал с радаров, о нем не было новостей с 2014 г., и, похоже, ему суждено было остаться прототипом (рис. 1.79).



Рис. 1.79. Прототип остеоида

Источник: Where Are 3D-Printed Casts.
URL: https://medicalfuturist.com/where-are-3d-printed-casts

Время от времени появляются новости об органах, напечатанных на 3D-принтере. В таких случаях люди обычно думают, что машина уже может создавать легкодоступные имплантируемые человеческие органы. Однако реальность далека от этого оптимистического образа.

Исследователи по всему миру работают над возможными решениями: от группы, которая напечатала миниатюрную почку, через технологические решения, такие как BioAssemblyBot, о которых мы писали ранее, до совершенно новых методов, которые могут привести к печати тканей сердца с учетом особенностей каждого пациента. Список длинный и установлен в клинических условиях. 3D-биопечать может стать ответом на нехватку органов во всем мире и растущее нежелание тестировать новые косметические, химические и фармацевтические продукты на животных. Неизвестно, станет ли это реальностью в ближайшее время, хотя за последние годы исследовательская деятельность быстро развивается.

Трехмерная (3D) биопечать – это современная технология, которая означает создание живых тканей, таких как кровеносные сосуды, кости, сердце или кожа, с помощью технологии аддитивного производства 3D-печати. Традиционная 3D-печать подразумевает производство трехмерных твердых объектов из цифрового файла с использованием процесса наслаивания. В наиболее распространенной версии исходный материал, например, пластик разжижается, а затем машина добавляет слой за слоем на платформу, пока не получится полностью сформированный объект.

Излишне говорить, что печать органов «немного» сложнее. В начале 2000-х гг. исследователи обнаружили, что живые клетки можно распылять через сопла струйных принтеров, не повреждая их. Однако недостаточно иметь сами клетки, им нужна питательная среда, чтобы оставаться в живых: пища, вода и кислород. Сегодня эти условия обеспечивает микрогель: представьте себе желатин, обогащенный витаминами, белками и другими жизненно необходимыми соединениями. Более того, чтобы создать условия, способствующие наиболее быстрому и эффективному росту клеток, исследователи помещают клетки вокруг трехмерных каркасов из биоразлагаемых полимеров или коллагена, чтобы они могли вырасти в полностью функциональную ткань.

Возьмем в качестве примера мочевой пузырь – более простой орган, состоящий всего из двух типов клеток. Сначала исследователи сканируют орган пациента, чтобы определить индивидуальный

размер и форму. Затем они создают каркас, чтобы дать клеткам возможность расти в трех измерениях, и добавляют в этот каркас клетки пациента. Это кропотливая трудоемкая работа, которая может занять до восьми недель. Наконец, биореактор создает оптимальную среду для превращения клеток в орган. Когда врачи наконец помещают орган пациенту, каркас уже исчез или исчезает вскоре после операции. Это описание не может продемонстрировать, насколько сложен и трудоемок весь процесс. Мы далеки, даже десятилетия, от биопечати полностью функционирующих и сложных органов; однако 3D-биопечать уже используется для создания модельных тканей для исследований, а также в регенеративной медицине.

Биопечать в последние годы развивалась с невероятной скоростью. На данный момент есть возможность распечатать кости, хрящ, кожу, ткань печени (теоретически).

В «Росатоме» рассказали о прорывной технологии печати человеческих органов. Главная задача – разработать инновационные инженерные методы для трехмерного формирования клеточного материала, включая кровеносные сосуды, необходимые для поддержания жизни клеток. О последних разработках в сфере биопечати ученые «Росатома» рассказали на форуме будущих технологий в феврале 2024 г. Руководитель научного дивизиона госкорпорации Павел Зайцев продемонстрировал президенту Владимиру Путину приборы, с помощью которых сегодня можно вырастить функциональные кровеносные сосуды малого диаметра из биологического материала пациента. Например, посредством магнитоакустического биопринтера и биореактора ученые создали сосуд длиной 2 см. В перспективе хотят выращивать человеческие органы из собственных клеток.

Подобный подход поможет решить проблему отторжения трансплантатов, а ведь именно она остается одним из основных ограничений успешности трансплантации органов. Риск серьезных осложнений возникает вследствие иммунного ответа, что может привести к отторжению трансплантата. Использование собственных клеток не вызовет иммунного ответа организма – в этом огромный плюс.

Ученые «Росатома» проводят исследования совместно с компанией 3D Bioprinting Solutions, МИСИС и различными медицинскими учреждениями. «Россия в области биопечати находится в числе мировых лидеров: в 2015 году российская компания 3D Bioprinting Solutions напечатала первый в мире функциональный орган – щитовидную железу, а в 2018-м провела первую магнитную биопечать на

борту МКС. В 2023 году МИСИС, 3D Bioprinting Solutions и госпиталь Бурденко провели первую в мире биопечать сразу на пациенте (биопечать in situ)», – рассказал директор Института биомедицинской инженерии НИТУ МИСИС Федор Сенатов.

Ученые ведут разработки даже не столько с целью заменить импортную продукцию, сколько опередить зарубежные технологии. Речь идет о создании, например, так называемых бесскаффолдных (бескаркасных) технологий, в частности, магнитной и акустической систем биофабрикации. Управление клеточным материалом при таком подходе происходит за счет различного рода волн, и клетки образуют тканевые инженерные конструкции без дополнительных химических поддержек. Это новейшее направление, требующее специального оборудования, инфраструктуры и подготовки высококвалифицированных кадров.

В «Росатоме» разработкой технологии биофабрикации занимается Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ») совместно со студентами магистерской программы по биомедицинской инженерии и биофабрикации НИТУ МИСИС. Это новое направление передовой инженерной школы «Материаловедение, аддитивные и сквозные технологии» (ПИШ МАСТ), которая действует на площадке университета при поддержке «Росатома». Там готовят специалистов по нескольким прорывным направлениям. Студенты не только осваивают новейшие технологии, но и участвуют в создании прорывных технологических решений будущего.

Молодые ученые и студенты изготавливают из клеток так называемые тканевые сфероиды (биочернила для биопечати), проводят исследования и анализируют их биомеханические свойства, участвуют в создании лабораторного оборудования для формирования клеточного аналога сосудов, а еще разрабатывают биопринтеры нового поколения. Чтобы вырастить сосуды малых диаметров, ученые применяют магнитоакустический биопринтер и биореактор. Процесс проходит три этапа. В первую очередь из клеток пациента наращивается биоматериал. Затем ему придают нужную форму, и в результате процессов клеточного слияния образуется единая ткань. Чтобы «научить» сосуд правильно работать и выполнять свои функции, на третьем этапе его помещают в биореактор для «дозревания».

Руководитель направления лаборатории аддитивных технологий и биоинжиниринга ГНЦ РФ ТРИНИТИ Владислав Парфенов рассказал, что технология бесконтактного формирования живых

тканей из клеток пациентов, основанная на использовании физических полей, уникальна. Ведь для этого не нужно дополнительных материалов, например, скаффолдов. Это обеспечивает высокую биосовместимость и свойства, сравнимые с собственной тканью. Интересная особенность метода – мгновенное формирование структур, что важно для обеспечения жизнеспособности клеток. Главные исследования в этой области провели в свое время еще на орбитальной станции «Мир» во время эксперимента «Кулоновский кристалл». Так удалось создать кластеры из неорганического материала в условиях магнитной ловушки.

«С 2018 года исследования уже с использованием клеточного материала проводят на борту российского сегмента МКС в рамках эксперимента „Магнитный биопринтер“. Сегодня отработка биопечати в условиях микрогравитации позволила перейти к ее технологической реализации на Земле с использованием сильных магнитных полей. Одна из перспектив этого подхода – возможность перехода от биофабрикации отдельных функциональных органоидов к созданию полноценных органов путем формирования кровеносного сосудистого дерева. Это открывает новые возможности в области регенеративной медицины и может значительно улучшить качество жизни пациентов, нуждающихся в трансплантации органов», – добавил Владислав Парфенов.

В планах ученых – к 2030-м гг. перейти к биофабрикации еще более сложных органов: щитовидной железы, почек, печени. Подобные технологии, по их мнению, станут прорывом в трансплантологии, поскольку позволят сократить число нуждающихся в пересадке органов и помогут вернуться к нормальной жизни более чем двум тысячам человек каждый год.

Ученые из Университета Восточной Англии разработали смолу для 3D-печати интраокулярных линз (ИОЛ) – имплантов, используемых при лечении катаракты и рефракционной хирургии. По словам ученых, 3D-печать обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами изготовления ИОЛ. Например, можно создавать более сложные конструкции и адаптировать их под конкретного пациента. Кроме того, печать удешевляет производство линз, делая их доступными для большего числа людей. Исследователи уже получили патент на свою разработку. Интраокулярные линзы в первую очередь необходимы людям с катарактой – состоянием, при котором естественная линза глаза мутнеет, затрудняя зрение. Их также можно использовать для коррекции близорукости и дальнозоркости.

ИОЛ имплантируются в глаз хирургическим путем и становятся постоянной частью его структуры.

Традиционно интраокулярные линзы изготавливались из различных материалов, включая стекло и силикон, но в настоящее время преимущественно используются акриловые материалы. Наиболее распространены гидрофильный и гидрофобный акрил из-за превосходной оптической прозрачности, гибкости, биосовместимости, а также стабильности и безопасности для глаз. ИОЛ изготавливаются с помощью токарной обработки и формования. Эти методы позволяют производить устройства с высоким оптическим качеством, но имеют недостатки. Главные проблемы – ограничения в сложности дизайна и индивидуальной подгонке линз.

Исследование показало, что 3D-печатные линзы обладают хорошей оптической прозрачностью, могут складываться и имплантироваться в капсульный мешок глаза человека. Ученые считают, что 3D-печать улучшит производство глазных устройств, не только повышая скорость и точность производства, но и обеспечивая большую сложность и индивидуализацию дизайна. Такой подход также снизит затраты на изготовление линз, сделав их доступнее для большего числа пациентов во всем мире.

Команда ученых видит будущее, где 3D-печать можно сочетать с передовыми методами визуализации. Это позволит минимизировать необходимость корректировок или осложнений у пациентов после операции. Каждый человек сможет получить индивидуально изготовленные на 3D-принтере линзы, адаптированные под форму его глаза и другие потребности. В результате это улучшит остроту зрения и повысит комфорт. Ученые уже получили патент в США и сотрудничают с отраслевыми партнерами для совершенствования технологии.

Инженерные растительные материалы: учёные создали для 3D-печати живые чернила заданной расцветки.

В последнее время исследователи разрабатывают живые инженерные материалы, полагаясь в основном на клетки бактерий и грибков в качестве живого компонента. Но у клеток растений свои уникальные свойства, так что их также использовали для создания так называемых инженерных растительных живых материалов (EPLM). Однако материалы на основе растительных клеток до последнего времени представляли собой упрощённую версию структурно и ограниченную – функционально.

Цзыи Ю, Чжэнгао Ди и другие специалисты задались целью разработать EPLM сложной формы, с генетически модифицированными растительными клетками, чьё дальнейшее развитие и свойства можно было бы настраивать. Учёные смешали клетки табака с микрочастицами желатина и гидрогеля, содержащими также бактерию Agrobacterium tumefaciens. Обычно этот микроорганизм используют для переноса определённых участков ДНК в геномы растений. Затем полученной смесью произвели печать с помощью 3D-принтера по форме – это была плоскость, покрытая избирательным образом другим гелем. Формы в неживом геле представляли собой сетки, снежинки, листья и спирали.

Затем напечатанный гидрогель для прочности отверждали специальным синим светом. В течение последующих 48 часов внутри EPLM бактерии переносили ДНК в растущие клетки табака. Затем материалы промывали антибиотиками, чтобы убить бактерии. В последующие недели, по мере роста и деления растительных клеток в фигурках из EPLM, клетки начали вырабатывать белки и цвета по команде от привнесённой ДНК. Добавленная с бактериями ДНК побудила клетки табака производить зелёные светящиеся белки либо, как вариант, беталаины, т.е. красные или жёлтые растительные пигменты, которые ценятся как натуральные красители и пищевые добавки. Через 24 дня цвета стали отчётливыми, с результатами роста биочернил в форме листка.

Для этого в форме листка печатали двумя разными биочернилами. Один тип материала выработал красный пигмент вдоль «прожилок», а другой – жёлтый краситель на остальной площади листка. Таким образом исследователи показали, что их технология позволяет создавать сложные, пространственно контролируемые и многофункциональные структуры.

Итак, разработанные EPLM сочетают признаки живых организмов со стабильностью и долговечностью неживых веществ. Создатели надеются, что новинка найдёт применение на неких клеточных фабриках для производства растительных препаратов, лекарственных белков или даже для экологичного строительства.

Исследователи из Корнелльского университета создали искусственное человеческое ухо, которое «выглядит и ощущается естественно». Трансплантаты, напечатанные на 3D-принтере, подойдут для тех, кто родился с врожденными аномалиями уха или повредил ушную раковину из-за травмы (рис. 1.80).

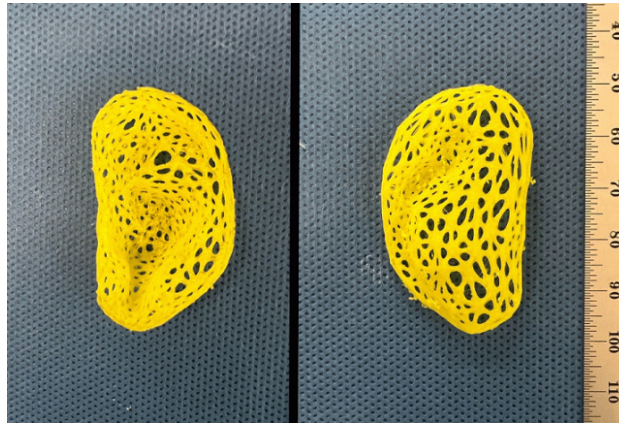


Рис. 1.80. Пластиковый каркас для левого уха, созданный на 3D-принтере на основе данных уха человека. Фото: Spector Lab

Ученые использовали стерилизованный хрящ животного происхождения, обработанный для удаления всего, что могло вызвать иммунное отторжение. Его загрузили в пластиковые каркасы в форме ушей. Техника 3D-печати позволила создать каркасы с размерами и кривыми, основанными на ушах человека, нуждающегося в реконструкции. Небольшие кусочки хряща действуют как внутренние укрепления, стимулируя образование новых тканей внутри каркаса. Как и арматура, он укрепляет трансплантат и предотвращает его сжатие. В течение нескольких месяцев структура превратилась в содержащую хрящ ткань, которая точно повторяла анатомические особенности уха, включая завиток, противозавиток и полость ушной раковины.

Тестирование образца подтвердило, что реплики обладали гибкостью и эластичностью, подобными ушному хрящу человека. Единственный недостаток – искусственный материал не был таким прочным, как натуральный хрящ. Чтобы решить эту проблему, ученые планируют добавить в смесь для печати хондроциты из небольшого кусочка хряща. Эти клетки будут откладывать эластичные белки, которые делают ушной хрящ прочным.

Реконструкция помогает устранить аномалию наружного уха, сформировавшуюся при рождении или из-за травмы. Традиционные методы изготовления нового уха часто включают в себя забор хряща из ребер ребенка – процедура, которая может быть весьма

инвазивной и болезненной. Кроме того, этот метод может вызвать рубцевание в месте иссечения хряща. Новая технология в перспективе поможет избежать неприятных процедур.

Израильская медицинская компания Vave, специализирующаяся на разработке миниатюрных клапанов для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, может быть продана фармацевтическому гиганту Johnson & Johnson за сумму около 1,7 млрд долл. Vave разработала уникальное устройство, которое имплантируется в сердце для лечения сердечной недостаточности, и сейчас идет процесс продажи компании Johnson & Johnson, которая была одним из ключевых инвесторов в эту разработку.

Идея имплантации устройства для снижения давления в сердце основывается на исследованиях и изобретениях профессора Гади Керена, начатых еще в 2001 г. Разработанное устройство представляет собой миниатюрный клапан (3D-печать), который вводится с помощью катетера между предсердиями сердца. Оно помогает снизить избыточное давление в предсердиях и левом желудочке у пациентов с сердечной недостаточностью.Это действительно значительное достижение, особенно учитывая, что устройство требует одобрения регулирующих органов. Первые эксперименты на животных были завершены в 2013 г., а первая трансплантация у человека была проведена в Израиле.

За годы работы компания привлекла значительные инвестиции, включая вложения от корпорации Edwards Health, инвестиционного фонда J&J, фонда BRM, фонда Pontifex и других, что позволило завершить проект и провести необходимые клинические испытания.

Заключение

Следуя новостям индустрии биопечати, мы столкнулись с четырьмя захватывающими новыми идеями/проектами, которые сулят большие надежды на будущее. Это:

1. 3D-биопечатные конструкции, меняющие форму с течением времени.

Исследователи из Чикагского университета штата Иллинойс разработали метод создания 3D-печатных конструкций биочернил, наполненных клетками, которые могут со временем менять форму, как это делают ткани в организме. Включение сшивающих молекул в печатные гидрогели, некоторые из которых чувствительны к ультрафиолетовому излучению, позволяет конструкциям изменять форму после печати. Этот метод может помочь ученым смоде-

лировать развитие тканей, которые также претерпевают изменения формы в ответ на внешние раздражители, такие как кости или хрящи, или во время заживления и развития.

2. 3D-биопечать на основе микрофлюидики.

Биопринтер, основанный на микрофлюидике, будет работать, точно манипулируя жидкостями через крошечные каналы, и сможет печатать структуры размером всего в десятки микрон в поперечнике. Это больше похоже на одноклеточный масштаб, и, как сообщается, это то, что необходимо, если мы когда-нибудь сможем воплотить в реальность 3D-печатные органы.

3. Мини-сердце, напечатанное на 3D-принтере, которое бьется само по себе.

Устройство было создано с использованием комбинации человеческих сердечных клеток, полученных из стволовых клеток, и микромасштабных акриловых деталей, напечатанных на 3D-принтере, и оно не зависит от внешнего источника энергии, оно работает само по себе. Исследователи надеются, что его можно будет использовать для отслеживания того, как растет сердце у эмбриона, как сердечная ткань поражается болезнями и насколько эффективны новые лекарства в лечении этих заболеваний, и все это без необходимости тестирования на людях.

4. 3D-биопечатный грудной имплант.

Компания CollPlant объявила, что разрабатываемые ею 3D-биопечатные ткани молочной железы начнут испытания в естественных условиях со второго квартала 2022 г. Эти трансплантаты предназначены для постепенной деградации и замены нативными тканями, что является более безопасной альтернативой процедурам увеличения груди.

Глава 2

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ В СТРАНАХ МИРА

2.1. Национальная инновационная система и наука Франции

Национальная инновационная система (НИС) Франции начала складываться после Второй мировой войны. К концу 1950-х гг. были заложены ее основные структурные элементы и принципы функционирования, а также ясно обозначился особый французский путь научно-технического развития. Основные направления инвестиций в НИОКР: автомобильная промышленность, аэрокосмическое приборостроение, фармацевтическая промышленность, научно-техническая деятельность, а также компьютерные технологии и информационные услуги. Франция специализируется в таких перспективных областях, как биотехнологии и технологии, связанные с экологией. Что касается фундаментальных, прикладных технологий и их соотношения, то во Франции больше внимания уделяется фундаментальным исследованиям, что объясняется прямым государственным участием и преимуществом над частным сектором. В то же время Франция стремится все больше уделять внимания прикладным наукам.

Вольфрамовый токамак WEST удерживал горячую термоядерную плазму температурой около 50 000 000 °C в течение рекордных шести минут. Реактор токамак с внутренней оболочкой из вольфрама WEST, эксплуатируемый Французской комиссией по альтернативной энергетике и атомной энергии (CEA), установил новый рекорд термоядерного синтеза, удерживая раскаленную плазму в течение шести минут с подаваемой мощностью 1,15 ГДж. Внутри реакторов в форме пончика – токамаков ученые обеспечивают условия, напоминающие недра Солнца. Водород нагревается до 50 000 000 °C, создавая четвертое состояние вещества – плазму. Исследователи изучают различные методы надежного извлечения тепла из плазмы во время термоядерного синтеза. Это непростая задача, отчасти потому, что раскаленную плазму необходимо удерживать достаточно долго, чтобы сделать процесс экономичным.

Ранее сообщалось о более длительном удержании плазмы в ректоре Tore Supra. Но в отличие от текущего эксперимента его стенки были выполнены из графита. Таким реактором проще управлять, но сложнее масштабировать технологию для промышленного производства. Углерод имеет тенденцию удерживать топливо в стенке, что будет неприемлемо в промышленном реакторе, как объясняют ученые. Для его длительного использования тритий – изотоп водорода – потребуется извлекать из камеры реактора и повторно вводить новую плазму. Использование вольфрама решает эту проблему, но управлять таким устройством сложнее: незначительное количество металла может охладить плазму при попадании. В ходе испытания WEST-исследователи подтвердили, что плазма имеет на 15% больше энергии и вдвое большую плотность, чем раньше, – оба условия необходимы для генерации надежной выходной мощности. Во время шестиминутного эксперимента мы смогли довольно точно измерить температуру центральных электронов. Она была в очень устойчивом состоянии, около 4 киловольт. Это замечательный результат, рассказал Туллио Барбуи, исследователь Принстонской лаборатории физики плазмы, участник эксперимента.

Разработчик eVTOL Lilium подписал новое партнерское соглашение, которое позволит ему начать операции на юге Франции, а также в других частях Европы. Цель состоит в том, чтобы создать сеть вертипортов на Лазурном берегу, что может сделать регион первым в Европе, где будут осуществляться региональные авиаперелеты на eVTOL. Первые рейсы eVTOL на юге Франции запланированы на 2026 г. Lilium начнет операционную деятельность с eVTOL на юге Франции – популярном направлении, которое ежегодно посещают 11 млн туристов. Стартап установил партнерство с итальянским оператором сети вертипортов UrbanV и Aéroports de la Côte d'Azur (ACA), агентством, ответственным за управление аэропортом Nice Côte d'Azur, вторым по величине во Франции. Вместе новые партнеры намерены разработать и внедрить сеть вертипортов на юге Франции для поддержки региональных перелетов на самолетах eVTOL по популярным направлениям, включая Монако, Ниццу, Канны, Гольф-де-Сен-Тропе, Экс-ан-Прованс и Марсель.

Франк Гольднадель, председатель правления аэропортов Лазурного берега, отметил, что территория предлагает уникальную возможность пролететь над морем и напрямую соединить основные экономические, культурные и туристические направления. Помимо аэропорта Nice Côte d'Azur, Lilium будет содействовать внедрению

вертипортов для eVTOL в других районах Франции, например, в аэропортах Канн-Манделье и Гольф-де-Сен-Тропе. Кроме того, рассматриваются другие локации, включая Софию-Антиполис, Экс-ан-Прованс и Марсель. Стартап сообщает, что уже ведет переговоры с несколькими региональными авиационными операторами, заинтересованными в приобретении его полностью электрических самолетов для перевозки туристов между этими будущими вертипортами.

Французская Ривьера, более известная как Лазурный берег, уже взяла на себя обязательство компенсировать выбросы и достичь углеродной нейтральности к 2030 г. Lilium надеется, что ее eVTOL и знания в области инфраструктуры вертипортов не только помогут снизить уровень локальных выбросов, но и обеспечат туристам во Франции более быстрые и тихие авиаперелеты. Ожидается, что операции eVTOL начнутся на юге Франции где-то в 2026 г. Стартап Lilium основан в 2015 г. в Мюнхене и специализируется на региональной авиационной мобильности. Компания продолжает расширять свои команды разработчиков по всей Европе и в США. Помимо увеличения штата аэрокосмических инженеров и региональных офисов, Lilium продолжает налаживать партнерские отношения по всему миру для проведения операций с eVTOL. Его авиационная технология получила разрешение на проектирование от Агентства авиационной безопасности Европейского союза (EASA). В феврале этого года Lilium объявила о партнерстве, направленном на внедрение операций с eVTOL в Азии, начиная с Филиппин. Ранее в этом месяце стартап получил заказ от UrbanLink на поставку не менее 20 eVTOL для обслуживания маршрутов в районе Южной Флориды.

Новая техника визуализации фиксирует превращение замороженных атомов лития в квантовые волны. Французские исследователи разработали технологию визуализации двойственной природы крошечных частиц – корпускулярно-волнового дуализма, лежащего в основе квантовой механики. Данные наблюдений подтверждают уравнение Шредингера. Новый метод поможет изучить свойства сложных квантовых систем, полагают ученые. Чтобы наблюдать двойственность частиц, физики охладили атомы лития до температур, близких к абсолютному нулю, бомбардируя их фотонами с помощью лазера. Охлажденные атомы удерживали с помощью оптической решетки. При этом физики периодически включали и выключали лазеры, позволяя атомам перемещаться, переходя из состояния, близкого к частице, до состояния, напоминающего волну, а затем обратно. Камера микроскопа зафиксировала свет, излучаемый атомами

в состоянии частицы в два разных момента времени, а между ними атомы вели себя как волны. Из множества отдельных изображений физики реконструировали форму волны и наблюдали, как она расширяется со временем, что полностью соответствует уравнению Шредингера (рис. 2.1).

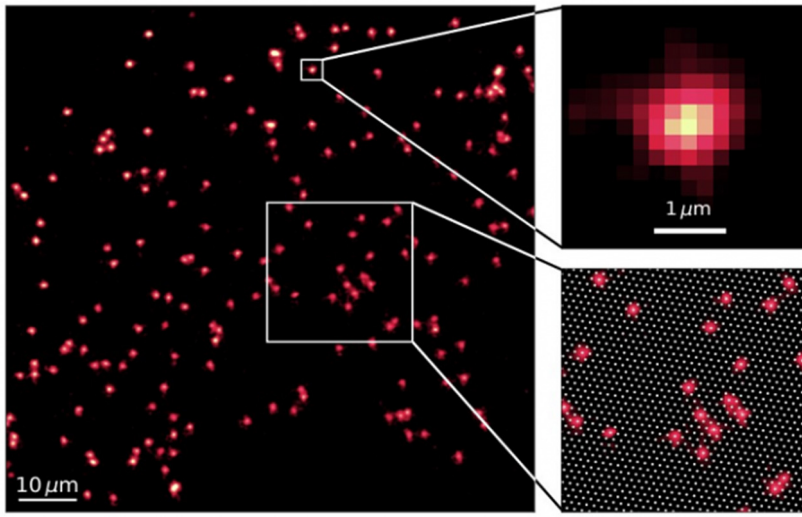


Рис. 2.1. Атомы лития, охлажденные почти до абсолютного нуля. Объединив несколько таких изображений, физики наблюдали, что атомы ведут себя как волны. © Joris Verstraten et al.

Исследователи отмечают, что полученные снимки – всего лишь демонстрация метода. Теперь они планируют использовать его для изучения систем сильно взаимодействующих атомов, о квантовых свойствах которых известно меньше. «Изучение таких систем улучшит наше понимание странных состояний материи, например. тех, которые обнаружены в ядре чрезвычайно плотных нейтронных звезд или кварк-глюонной плазмы, которая, как полагают, существовала вскоре после Большого взрыва», – сказал Тарик Йефс, соавтор исследования. Принцип корпускулярно-волнового дуализма предполагает, что все объекты квантового размера существуют как частицы и волны одновременно. Для объяснения квантовой механики австрийский физик Эрвин Шредингер придумал мысленный эксперимент. Он поместил кота в запертый ящик с радиоактивным вещест-

вом, счетчиком Гейгера и колбой с синильной кислотой. В определенный период времени атом вещества с определенной вероятностью может распасться. Это активирует счетчик Гейгера и запускает механизм, который разбивает колбу с ядом. Поскольку сторонний наблюдатель не знает, распался ли атом, он также не знает, жив кот или мертв. Согласно квантовой механике в этот момент кот должен находиться в суперпозиции: он одновременно и жив, и мертв. Уравнение Шредингера показывает, что атомы существуют как пакеты волнообразной вероятности в пространстве, которые затем при наблюдении схлопываются в дискретные частицы.

Физикам удалось связать между собой ионную и фотонную платформы для квантовых вычислений и организовать облачный доступ к вычислителю. Роль квантового процессора выполняли ионы кальция и стронция, а за передачу и прием сигнала отвечали фотоны. Эта новость появилась на N + 1 при поддержке ежегодной Национальной премии в области будущих технологий «Вызов». В 2023 г. ее присудили за ионный квантовый процессор, магниты из высокотемпературного сверхпроводника, вычислительные устройства на основе поляритонов и оптический транзистор, а также открытия, позволившие создать новые подходы для лечения заболеваний мозга. Сейчас все квантовые вычислители и симуляторы располагаются в лабораториях и университетах, как и первые классические компьютеры. Но если обычные компьютеры в итоге удалось сделать компактными для размещения в офисе или дома, то с квантовыми так не получится – намного проще будет настроить доступ к ним с помощью существующих линий связи. А любая передача информации требует обеспечения безопасности. В данном случае пользователь должен иметь возможность отправить свой запрос на квантовый сервер, не раскрывая ни алгоритма, ни данных. И после выполнения вычисления получить результат, будучи уверенным, что никто не подглядывал за процессом.

Обеспечить описанную конфиденциальность позволяет уже разработанная технология слепых квантовых вычислений (Blind Quantum Computing или BQC). Такие вычисления называются слепыми, потому что квантовый процессор не имеет полной информации о задачах, которые он решает. Физики под руководством Дэвида Лукаса (D. M. Lucas) смогли экспериментально продемонстрировать работу слепых квантовых вычислений, объединив фотонную и ионную платформы. Они протестировали систему с реальным уровнем ошибок и смогли реализовать на ней точные двухкубитные

операции. Они использовали квантовый процессор (сервер) с двумя захваченными ионами: 43Ca+ выполнял роль кубита, хранящего информацию, а 88Sr + помогал установлению квантовой связи с клиентом. При этом у самого клиента должны быть только детекторы фотонов для того, чтобы измерять кубиты в разных базисах. Число детекторов не зависит от размерности процессора, то есть любая модернизация и усложнение установки не затронут систему пользователя (рис. 2.2).

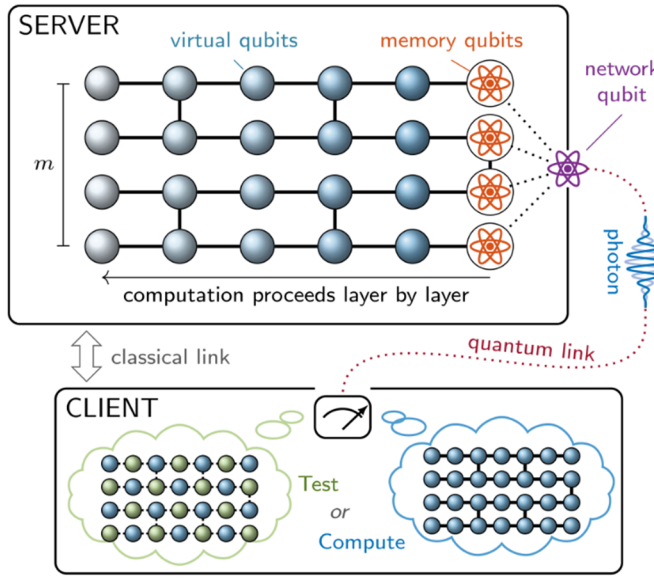


Рис. 2.2. Схема установки.
P. Drmota et al. / Physical Review Letters, 2024

В интерактивном протоколе, который реализовывали авторы, клиент может удаленно подготавливать состояния одного кубита на сервере, адаптивно, используя классическое управление – приготавливать, измерять, изменять, еще раз измерять, и так много раз, пока не получится желаемое состояние. При наличии шума даже исправно работающий сервер выдает ошибки, которые нельзя отличить от изменения информации из-за ее перехвата. Поэтому в авторском протоколе пользователь может чередовать измерения состояния с тестами и тайно проверять ошибки. Если наблюдаемая доля неудачных

тестовых раундов ниже выбранного порога, то пользователь может проводить вычисления. При этом он выбирает максимальную частоту неудачных тестов так, чтобы вероятность отклонения любого результата уменьшалась экспоненциально с увеличением числа тестов, что делает протокол устойчивым к ограниченному количеству шума.

Ученые проверяли работу слепых квантовых вычислений на кластерных состояниях. Из двух физических кубитов можно приготовить линейный кластер любой длины, потому на любом этапе можно измерять кубиты и заново их инициализировать. Пользователь меняет состояние связующего кубита, который потом взаимодействует с кубитом-хранилищем. После этого пользователь снова может менять состояние первого кубита и потом измерять полученные после нескольких итераций состояния. Физикам удалось реализовать разные вычисления на небольших кластерах – с одной и двумя итерациями. Они выяснили, что при общей вероятности ошибки в 18,5% после 24 тысяч итераций удается снизить уровень ошибки до тысячных долей процента. А двухкубитную операцию CZ им удалось реализовать с точностью 99,8%, что превышает прошлый рекорд в 97,9%.

В сравнении с предыдущими экспериментами, где использовались только фотоны, авторский протокол помогает избавиться от постселекции, потому что все операции выполняются детерминированно, т.е. с вероятностью, близкой к единице (в случае фотонов вероятность каждой операции меньше, и на выходе нужно отбирать только подходящие состояния). Полученные результаты – важный шаг на пути к созданию безопасных облачных квантовых вычислений, которые смогут сделать квантовые процессоры доступными.

Мощнейший на сегодня магнитно-резонансный томограф (МРТ) сделал первые изображения человеческого мозга, которые в 10 раз точнее, чем делают обычные МРТ в больницах. С помощью нового аппарата исследователи могут увидеть крошечные сосуды, питающие кору головного мозга, или детали мозжечка, которые до сих пор были практически невидимы. Впервые самый мощный МРТ применили исследователи из французского Комиссариата по атомной и альтернативным видам энергии (CEA) в 2021 г. для сканирования тыквы, органы здравоохранения разрешили использовать аппарат для сканирования людей. Индукция магнитного поля, создаваемого сканером, составляет 11,7 тесла. Для сравнения: мощность

магнитно-резонансных томографов, которыми пользуются сегодня в больницах, не превышает 3 тесл.

Французский стартап Bioptimus привлек инвестиции в 35 млн долл. с целью создать универсальную модель искусственного интеллекта для биологии и медицины. Компания стремится объединить знания различных областей биологии, от молекул до организмов, в комплексную ИИ-модель. Bioptimus создали выходцы из Google DeepMind и ученые из биотехнологического ИИ-стартапа Owkin. Данные Owkin и информация о пациентах из медицинских учреждений по всему миру позволят создать комплексные вычислительные модели, превосходящие ограничения моделей, основанных только на общедоступных данных. Bioptimus планирует делиться исследованиями и кодом для поддержки научного прогресса. Bioptimus – это объединение команды выпускников Google DeepMind и ученых из биотехнологической компании Owkin, которая применяет искусственный интеллект для поиска новых методов лечения, оптимизации клинических испытаний и разработки ИИ-диагностики. Стартап использует возможности вычислений в облаке AWS и генерацию данных от Owkin, а также мультимодальные данные о пациентах из ведущих медицинских учреждений по всему миру. Это позволяет создавать комплексные вычислительные модели, которые отличаются от тех, что основаны только на открытых наборах данных и одной модальности данных. Такой подход охватывает все биологическое разнообразие.

Соучредитель и генеральный директор Bioptimus Жан-Филипп Верт объяснил, что благодаря статусу небольшой независимой компании Bioptimus сможет быстрее получать прямой доступ к данным, необходимым для обучения биологических моделей, по сравнению с более крупными компаниями вроде Google DeepMind. Верт в прошлом руководил исследованиями в Google Brain. Будучи гибкой и маленькой командой, Bioptimus может эффективнее и быстрее работать с партнерами, предоставляя им модели для исследований. Важным аспектом работы Bioptimus является открытость и прозрачность: они планируют выпустить свою работу со свободным доступом к исходному коду, чтобы поддерживать обмен информацией и сотрудничество с научным сообществом. Родольф Дженаттон, бывший научный сотрудник Google DeepMind, также присоединился к команде Bioptimus и подчеркнул важность прозрачности и совместного развития открытой науки.

Нынешние модели искусственного интеллекта ограничены конкретными аспектами биологии, пояснил Жан-Филипп Верт. Некоторые компании разрабатывают языковые модели для белковых последовательностей, а также проводят исследования по созданию базовых моделей для изображений клеток. Однако нет целостного взгляда на всю биологию и не существует модели, которая объединила бы все данные в одну консолидированную систему. Bioptimus стремится заполнить этот пробел и создать цельную ИИ-модель биологии. Основной вызов – доступ к необходимой информации. Этот процесс сильно отличается от обучения языковых моделей на текстовых данных из интернета. Но у стартапа есть преимущество в виде доступа к данным благодаря партнерству с Owkin.

Французские ученые представили спиралевидные линзы, основанные на технике проектирования свободной формы, которые позволяют видеть четко на разных расстояниях и при разном освещении. Это открывает новые перспективы в области оптики объектов (рис. 2.3).

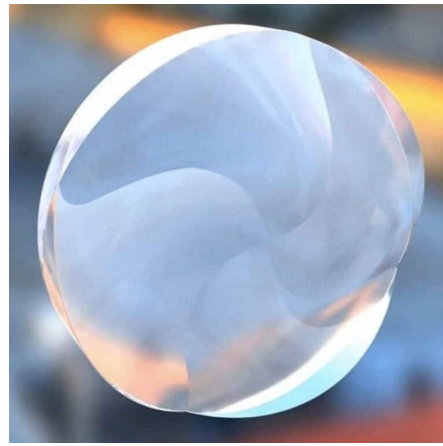


Рис. 2.3. Иллюстрация спиралевидной линзы.
© Laurent Galinier

Хрусталик нашего глаза в норме фокусирует свет на сетчатке, так что мы видим четко. Однако при проблемах со зрением фокус оказывается ближе или дальше сетчатки и изображение получается расплывчатым. В повсеместно использующихся для коррекции зрения линзах обычно только одна фокусная точка. Существуют также

многофокусные линзы с разными фокусными точками в верхней части для того, чтобы смотреть вдаль, и в нижней – для близких. Мультифокальность в таком случае достигается за счет применения дифракционных или преломляющих дизайнов, но их чувствительность к расширению зрачка вызывает проблемы, особенно в условиях фотопического зрения (зрение при высокой освещенности, когда функционируют колбочки сетчатки). Новый дизайн линз предлагает альтернативу для улучшения качества изображения в разных фокусных областях (рис. 2.4).

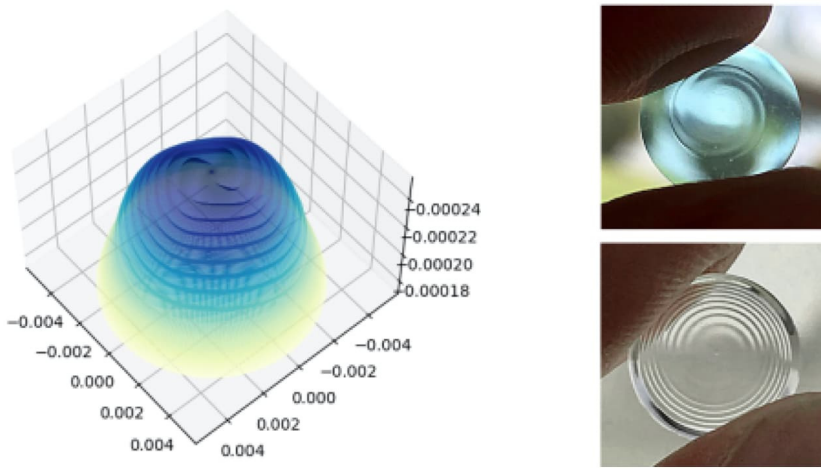


Рис. 2.4. Результирующая разность оптических траекторий (*слева*); примеры спиралевидных линз (*справа*). © Laurent Galinier

Разработанные линзы позволяют формировать фокальные точки и глубину резкости с помощью нескольких простых параметров их геометрии. Они используют спиралевидную модификацию для распределения оптической силы. Из-за этого при прохождении света через линзу образуются оптические вихри – потоки света вращаются, подобно воде, стекающей по канализационной трубе. За счет этого формируются два эквивалентных оптических поля, сходящихся в разных зонах, что создает эффект мультифокальности.

Тестирование новых линз проводили «классическим» путем оценки четкости букв на световой доске. Участники отметили, что изображения выглядят четкими на различных расстояниях и при

разных условиях освещения. Однако разработанный дизайн не идеален. Изображение не получается кристально четким на всех расстояниях: если традиционные линзы дают высокий уровень четкости на одной дистанции, но очень размыты на другой, «спиральные» линзы сглаживают это, так что пользователи получают достаточно хорошее зрение по всему диапазону, но не достигают максимума обычных линз (рис. 2.5).

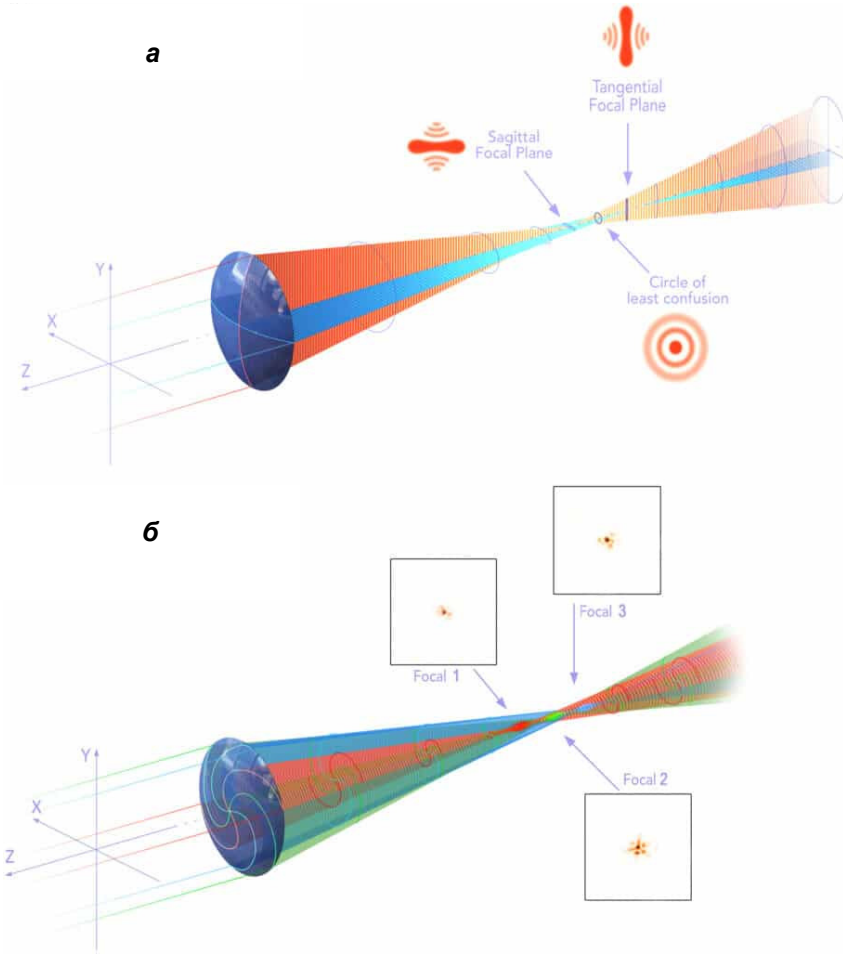


Рис. 2.5. Традиционная астигматическая линза с несколькими фокальными областями имеет дефекты разрешения и анизотропии (*а*); спиралевидная линза имеет три фокальные точки и дает более четкое изображение в фокусных областях (*б*). © Laurent Galinier

Опробованный дизайн позволяет создавать мультифокальные устройства с увеличенной глубиной резкости без использования сложных оптических систем, применявшихся для этой цели ранее. Например, в области смешанной реальности для систем отображения необходима адаптация к расстоянию до визуализируемых объектов. Обычные подходы направлены на реализацию динамических систем адаптации, что приводит к сложным конструкциям устройств. А спиралевидные линзы с очень большой глубиной резкости представляют собой пассивное, дешевое и простое в реализации решение. Разработки на основе новой технологии будут полезны не только в офтальмологии, но и потенциально усовершенствуют носимые устройства и системы машинного зрения для дронов и автономных автомобилей, что поможет сделать их более надежными и эффективными (см. рис. 2.5).

Лауреатом премии Абеля 2024 г. стал Мишель Талагран из французского Национального центра научных исследований. Премию присудили за «новаторский вклад в теорию вероятностей и функциональный анализ с выдающимися приложениями в математической физике и статистике», сообщает пресс-релиз, поступивший в редакцию. Абелевскую премию – ближайший математический аналог Нобелевской премии – ежегодно присуждает Норвежская академия наук и литературы. Абелиатом 2024 г. стал математик Мишель Талагран. Он родился в 1952 г. во Франции, а с 1974 г. работал в Национальном центре научных исследований, где в 1977 г. получил докторскую степень. Больше всего математик известен своими работами в области теории вероятностей. Он изучал стохастические процессы – математические объекты, представляющие собой параметризованный набор случайных величин (параметры могут быть как дискретные, так и непрерывные). А сейчас Талагран ведет свой сайт, на котором предлагает ознакомиться с его трудами и решать задачи – за каждую задачу ученый предлагает денежный приз.

Одним из главных результатов Талаграна в области стохастических процессов стала его работа 1996 г. В ней математик исследовал гауссовские процессы – стохастические процессы, в которых случайные величины распределены по Гауссу. Математику удалось разработать теорию (generic chaining) для точной оценки нижней и верхней граней супремума гауссовских процессов, т.е. оценить, каким может быть максимальное значение случайной величины в гауссовском процессе. Также Талагран изучал феномен концентрации меры и вывел неравенства для оценки отклонений случайной

величины, зависящей от набора независимых случайных величин, от ее медианного значения. По сути, математик показал, что вероятность таких отклонений очень мала, а сама величина является практически постоянной. Среди других результатов Талаграна – точное доказательство формулы Париси для оценки свободной энергии спиновых стекол, а также решение задачи Махарам.

Ученые Университета Нотр-Дама разработали автоматизированное устройство, способное диагностировать глиобластому – быстрорастущий и неизлечимый рак мозга – менее чем за час. В среднем пациент с глиобластомой может прожить 12-18 месяцев после постановки диагноза. Суть диагностики заключается в биочипе, который использует электрокинетическую технологию для обнаружения биомаркеров, или активных рецепторов эпидермального фактора роста (EGFR), которые сверхэкспрессируются при некоторых видах рака, таких как глиобластома, и содержатся во внеклеточных везикулах.

«Внеклеточные везикулы или экзосомы – это уникальные наночастицы, выделяемые клетками. Они большие – в 10-50 раз больше молекулы – и имеют слабый заряд. Наша технология была разработана для этих наночастиц с использованием их особенностей», – говорит Хсуэ-Чиа Чанг, профессор факультета химической и биомолекулярной инженерии в Нотр-Даме и ведущий автор исследования.

Перед учеными стояла двойная задача: разработать процесс, позволяющий различать активные и неактивные EGFR, и создать диагностическую технологию, которая была бы чувствительной и в то же время избирательной в обнаружении активных EGFR на внеклеточных везикулах из образцов крови. Для этого исследователи создали биочип, в котором используется недорогой электрокинетический сенсор размером с шарик шариковой ручки. Благодаря размеру внеклеточных везикул антитела на сенсоре могут образовывать множество связей с одной и той же внеклеточной везикулой. Этот метод значительно повышает чувствительность и селективность диагностики. Затем синтетические наночастицы диоксида кремния «сообщают» о наличии активных EGFR на захваченных внеклеточных везикулах, неся при этом высокий отрицательный заряд. При наличии внеклеточных везикул с активными EGFR наблюдается сдвиг напряжения, указывающий на наличие глиобластомы у пациента.

Такая стратегия определения заряда сводит к минимуму помехи, характерные для современных сенсорных технологий, использующих электрохимические реакции или флуоресценцию. «Наш

электрокинетический датчик позволяет делать то, чего не могут другие методы диагностики. Мы можем напрямую загружать кровь без предварительной обработки для выделения внеклеточных везикул, потому что на наш датчик не влияют другие частицы или молекулы. Он демонстрирует низкий уровень шума и является более чувствительным, чем другие технологии», – говорит Сатьяджиоти Сенапати, соавтор исследования.

В общей сложности устройство состоит из трех частей: автоматизированного интерфейса, прототипа портативной машины, которая вводит материалы для проведения теста, и биочипа. Для каждого теста требуется новый биочип, но интерфейс автоматизации и прототип можно использовать многократно. Проведение одного теста занимает менее часа, при этом требуется всего 100 микролитров крови. На изготовление каждого биочипа уходит менее 2 долл. Хотя это устройство было разработано для глиобластомы, исследователи утверждают, что его можно адаптировать и для других типов биологических наночастиц. Это открывает возможность использования технологии для обнаружения различных биомаркеров других заболеваний. По словам Чанга, команда исследует технологию для диагностики рака поджелудочной железы и других заболеваний, таких как сердечно-сосудистые болезни, деменция и эпилепсия. «Наша методика не является специфической для глиобластомы, но начать с нее было уместно из-за того, насколько она смертельно опасна, и из за отсутствия тестов для раннего скрининга. Мы надеемся, что если раннее обнаружение станет более реальным, то шансы на выживание возрастут», – говорит Чанг.

2.2. Особенности науки и промышленности Германии

Промышленность Германии, несмотря на текущий кризис, занимает лидирующую позицию как минимум в 11 областях. Отмечается, что изыскание научно-исследовательского института «Prognos», проведенное по заказу Handelsblatt, основано на данных в части доли мирового экспорта и в части инновационной силы и глубины создания стоимости, поскольку более поздние сравнительные данные оказались не доступны для экспертов.

Согласно документу, имеющемуся в распоряжении издания, Германия занимает 1-е место в автомобилестроении и фармацевтике и 2-е место в изготовлении продуктов питания, напитков, резины, пластика, стекла, керамики, электрооборудования, а также в дерево-

обработке, полиграфии, металлопродукции и машиностроении. На третьем месте страна оказалась в рейтингах по производству химической продукции и прочего автомобилестроения. В то же время в исследовании отмечается рост проблем в сфере инноваций. Сообщается, что инновационная сила, измеряемая количеством соответствующих патентов, зарегистрированных во всем мире, имеет тенденцию к снижению. «Здесь что-то начало скользить, и это будет очень трудно остановить, если мы вовремя не примем контрмеры», – цитирует издание Михаэля Бемера, главного экономиста исследовательского института.

В XIX в. наука Германии занимала ведущие позиции в мире, но к настоящему времени немецкие университеты уступают вузам не только США и Великобритании, но и Китая, Японии и Швейцарии. Сегодня в число лучших университетов Германии 2023/2024 (QS World University Rankings) входят:

Место в мире	Институт
37	Технический университет Мюнхена
54	Мюнхенский университет
87	Гейдельбергский университет
98	Свободный университет Берлина
106	Рейсфилдский технический университет Аахена
119	Карлсруэский технологический институт
120	Гумбольдтский университет Берлина

Среди университетов России только МГУ им. Ломоносова занимает 95-е место.

Один из политических лидеров Европейского союза, Германия усиливает лидерство и в сфере технологий. Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ изучил подходы к достижению этой цели, определенные в представленной в феврале 2023 г. Стратегии будущего для исследований и инноваций (далее – Стратегия). Среди них главные – прицельное развитие ключевых технологий (как самостоятельно, так и через расширение партнерств в рамках ЕС), привлечение и удержание высококвалифицированных кадров, усиление трансфера технологий и повышение инновационной активности малых и средних предприятий. Утвержденная Министерством образования и исследований Германии Стратегия дополняет систему ключевых документов, принятых в последние годы

федеральным правительством (рис. 2.6), и обозначает новые технологические приоритеты, целевые ориентиры и направления трансформации институциональной среды, значимые для поддержки инновационного развития.



Рис. 2.6. Стратегические документы в сфере инновационного развития Германии

Направления развития науки и инноваций в Германии на ближайшие годы структурированы в соответствии с шестью «миссиями» – приоритетными сферами, на которые будут ориентированы основные меры научно-технологической политики. К этим направлениям отнесены:

- ресурсоэффективное производство и транспорт, построение экономики замкнутого цикла;
- предотвращение изменений климата и борьба с его последствиями, обеспечение продовольственной безопасности и поддержка биоразнообразия;
- повышение качества здравоохранения для всех;
- усиление цифрового и технологического суверенитета Германии и ЕС в целом;
- активизация программы освоения космоса, изучение, защита и использование космического и морского пространств;
- общество равных возможностей, безопасность, способность противостоять гибридным угрозам.

В качестве приоритетных областей также названы микросхемы и встроенные системы безопасности, датчики и силовая электроника – в этих направлениях будет поддерживаться и развиваться

конкурентное преимущество Германии. Выявление будущих ключевых технологий будет опираться на качественные и количественные методы форсайта (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Ключевые технологии ЕС и Германии

Технологии	ЕС	Германия
Передовые производственные технологии	+	+
Биотехнологии	+	+
Микро-/наноэлектроника	+	+
Искусственный интеллект	+	+
Интернет вещей	+	
Технологии и системы безопасности	+	+
Новые материалы		+
Космические технологии		+
Водородные технологии		+

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Министерства образования и исследований Германии и Европейского парламента.

В документе декларируется отставание Германии от ведущих конкурентов, в первую очередь в сфере информационных технологий. Среди основных причин, сдерживающих инновационное и научно-технологическое развитие страны, – недостаточные темпы цифровизации, затруднения в системе трансфера и коммерциализации технологических решений; несогласованность действий министерств и ведомств, ответственных за проведение научно-технологической политики. Для достижения обозначенных целевых ориентиров авторы Стратегии планируют усилить региональный уровень управления инновациями и снизить бюрократизацию, добавить элементы интеллектуального регулирования. Будет развиваться механизм региональных инновационных сетей для поддержки научных исследований и разработок на ранней стадии, а также ускорения трансфера технологий.

Рассмотрим конкретные научно-технические разработки в Германии. Так, немецкая компания Voodin Blade Technology (Voodin) объявила о первой реальной установке своих деревянных лопастей на ветряную турбину в Бреуне. Лезвия длиной 19,3 м изготовлены из клееного бруса (LVL). Ламинат на основе древесины считается более

экологичным, чем используемые в настоящее время стекловолокно и другие синтетические композиты. Производитель также заявляет, что лопасти будет легче выводить из эксплуатации и перерабатывать после истечения срока службы. В настоящее время вышедшие из строя компоненты ветряных турбин захоранивают, поскольку материал, из которого они изготовлены, нельзя легко переработать и использовать повторно. В конце жизненного цикла большинство лезвий закапывают в землю или сжигают. Это означает, что при таких темпах к 2050 г. мы получим 50 млн т отходов. «С помощью нашего решения мы хотим помочь зеленой энергетике действительно стать настолько зеленой, насколько это возможно», – заявляет Том Зикманн, генеральный директор Voodin Blade Technology.

Для создания лопастей в компании используют полностью автоматизированный производственный процесс. В результате потребность в рабочей силе на производстве снижается, а значит производство не нужно переводить в развивающиеся страны. Это поможет снизить транспортные расходы, выбросы и в конечном итоге стоимость зеленой электроэнергии. Разработчики провели масштабные лабораторные испытания, чтобы гарантировать способность материала выдерживать самые суровые условия при производстве ветровой энергии на суше. «Согласно всем нашим тестам, лопасти даже более долговечны, чем существующие альтернативы из стекловолокна, поскольку они демонстрируют меньшие усталостные характеристики и очень хорошо выдерживают любые виды береговых погодных условий», – говорит Хорхе Кастильо, соучредитель Voodin Blade Technology.

Многие исследования выполняются немецкими учёными совместно с учёными различных стран. Коллектив физиков из Люксембурга, США и Германии предложил принципиально новый механизм образования межмолекулярного взаимодействия. Исследователи рассматривают его не как взаимодействие частиц, а как связь между волнами плотности заряда (электронов).

Атомы и молекулы, как известно, нейтральны, а значит, электрически взаимодействовать не должны. Но когда они расположены очень близко, так, что электронные оболочки атомов перекрываются, то происходит поляризация – смещение электронов относительно ядер, и образуются так называемые электрические диполи, с одной стороны которых расположен положительный заряд, а с другой – отрицательный. А некоторые молекулы имеют дипольный характер изначально. В этом случае между молекулами появляются силы

взаимодействия, названные по имени голландского физика Ван дер Ваальса, который ввел их в далеком 1869 г., чтобы объяснить, почему поведение реальных газов отличается от идеального газа. За свои работы он был удостоен Нобелевской премии за 1910 г.

Силы Ван-дер-Ваальса широко распространены в природе и играют решающую роль в образовании и устойчивости различных молекулярных структур в биологии, химии, физике и материаловедении. Например, как полагают, именно они обеспечивают стабильность двойной спирали ДНК. За последние два десятилетия далеко вперед шагнули нанотехнологии, позволившие создать материалы с уникальными свойствами, в частности, полимерные композиты, т.е. материалы из нескольких составляющих. Для того чтобы понять их свойства, надо представлять, как они самоорганизуются на молекулярном уровне. Сборка таких материалов происходит в основном за счет сил Ван-дер-Ваальса. Поэтому интерес к этим силам не ослабевает. А эксперименты показывают, что с ними все не так просто. Развитие квантовой механики добавило вторую возможность возникновения сил Ван-дер-Ваальса – благодаря флуктуациям вакуума. Вакуум по современным представлениям совсем не пуст. Он представляет собой кипящий суп из рождающихся и гибнущих различных виртуальных частиц и античастиц. Они также могут приводить к поляризации молекул и появлению межмолекулярных сил (рис. 2.7).

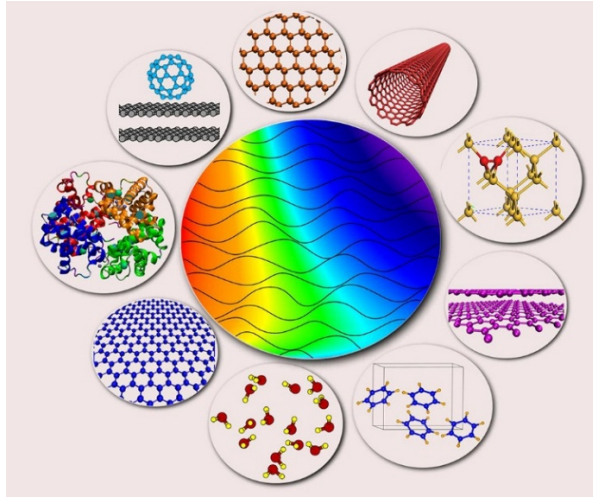


Рис. 2.7. Взаимодействие волн заряда определяет атомарную и молекулярную структуру различных материалов

Авторы данного исследования предложили рассматривать межмолекулярное взаимодействие как связь между волнами плотности заряда (электронов), а не частицами. По словам руководителя работ, профессора Люксембургского университета Александра Ткаченко, в классическом случае молекулы рассматриваются как две цепочки атомов, и в них определяются точки, которые притягиваются друг к другу. Затем просто суммируются все пары. Но на самом деле это не так, и вместо частиц необходимо рассматривать волны. Исследователи полагают, что такое принципиально новое представление поможет преодолеть разрыв между двумя перечисленными точками зрения на природу сил, а также понять и контролировать взаимодействие между объектами на наноуровне, поскольку обеспечивает количественно точную вычислительную основу для прогнозирования химических и физических свойств. По оценкам ряда специалистов, эта работа может оказать существенное влияние как на понимание природы сил, так и на развитие наук о материалах и технологий.

Биоразлагаемые роботизированные системы подойдут для ускоренного засева сельскохозяйственных угодий и даже восстановления леса. Исследователи из Италии и Германии воспроизвели систему доставки семян, используемую диким овсом, и создали биогибридный «робот», который самостоятельно высаживает семена в почву. Множество крошечных устройств можно будет применять для простого и эффективного посева сельскохозяйственных культур или даже новых лесов. Робот состоит из капсулы на основе муки, созданной с использованием 3D-микропроизводства, и двух натуральных придатков из плодов овса, способных двигаться в зависимости от влажности воздуха. HybriBot может вмещать натуральные семена различных растений. Ученые протестировали работу устройства на семенах томатов, цикория и иван-чая. Семена и немного удобрений заключают внутри формованной капсулы, сделанной из муки и воды. После высыхания ее покрывают этилцеллюлозой, водонерастворимым экологически чистым биополимером. Устройство весом 60 мг копирует стратегию распространения семян бесплодного овса (Avena sterilis).

Каждое семя этого растения заключено в оболочку с двумя длинными «ветвями». Когда оно приземляется на землю, влага, поглощенная из почвы, заставляет эти придатки скручиваться и вращаться, накапливая упругую энергию и одновременно поднимая конец семени над землей. Когда энергия высвобождается, заостренный

конец семени вдавливается в почву. Хотя производственный процесс может показаться трудоемким и сложным, исследователи говорят, что автоматизированные роботизированные системы должны позволить быстро и недорого производить сотни тысяч загруженных семенами HybriBots. И что немаловажно, все материалы биоразлагаемы в окружающей среде, а также нетоксичны для животных, которые могут их съесть.

Нейробиологи выявили модель активности мозга, которая помогает людям не заблудиться в пространстве. Нейробиологи из Бирмингемского университета и Мюнхенского университета Людвига-Максимилиана определили местоположение в мозге внутреннего «нейронного компаса» – области, используемой для ориентации в пространстве и перемещения по окружающей среде. Результаты важны для понимания болезней Паркинсона и Альцгеймера, связанных с нарушением навигации и ориентации. Измерение нейронной активности людей во время движения – сложная задача, поскольку большинство доступных технологий требуют, чтобы участники оставались как можно более неподвижными. Чтобы преодолеть эту проблему, ученые использовали мобильные устройства ЭЭГ и захват движения.

В эксперименте 52 здоровых участника выполняли задачи на движения, в то время как активность их мозга записывалась с помощью ЭЭГ-шапочек, которые измеряли сигналы от кожи головы, и внутричерепной ЭЭГ, записывающей данные из гиппокампа и соседних регионов. Это позволило исследователям определить сигналы мозга, когда участники двигали головами. После учета «смешений» в записях ЭЭГ, вызванных такими факторами, как движение мышц или положение участника в окружающей среде, исследователи определили точно настроенный направленный сигнал, который появлялся непосредственно перед физическими изменениями. Изолирование этих сигналов позволяет по-настоящему сосредоточиться на том, как мозг обрабатывает навигационную информацию, и как эти сигналы работают вместе с другими сигналами, такими как визуальные ориентиры, поясняет Бенджамин Дж. Гриффитс, соавтор исследования. Новый подход открыл возможности для изучения особенностей ориентации в пространстве. Это может иметь значение для исследований нейродегенеративных заболеваний и для улучшения навигационных технологий в робототехнике и искусственном интеллекте.

Немецкие и итальянские физики в реальном времени проследили за сворачиванием полимерной оболочки на кремниевых наночастицах с помощью мегагерцового рентгеновского динамического светорассеяния на базе европейского рентгеновского лазера на свободных электронах. Основываясь на полученных константах диффузии при воздействии света, ученые определили характерное время сворачивания и разворачивания наночастиц. Реагирующие гидрогели обратимо изменяют свой объем при изменении pH, давления или температуры. Это свойство широко используется в системах для доставки лекарств и очистки воды. Множество гидрогелей основаны на поли-N-изопропилакриламиде (PNIPAM) – полимере, растворимом в воде, который можно заставить сжиматься и разжиматься, воздействуя теплом, растворителями или давлением. Для более контролируемого использования этого полимера нужно понимать, за какое время происходит его расширение. Для гидрогелевых частиц размером от микрометра до миллиметра кинетика сжатия-разжатия описывается с помощью модели Танаки, в которой время сжатия пропорционально квадрату радиуса полностью разбухшей частицы. Чтобы нагреть гидрогель, ученые либо воздействуют на растворитель (тогда в процессе возникает промежуточная стадия с формированием внешнего слоя свернувшегося полимера), либо нагревают их изнутри, возбуждая плазменный резонанс на золотом ядре частицы. Но это сильно ограничивает возможный спектр применения гидрогелевых частиц. Группа физиков из немецкого электронного синхротронного центра DESY и европейского центра рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL под руководством Феликса Лемкюлера (Felix Lehmkühler) провела прямое измерение гидродинамического радиуса наночастиц диоксида кремния с оболочкой из PNIPAM.

Исследователи из Института интеллектуальных систем Макса Планка, Харбинского технологического института и Гонконгского университета науки и технологий создали нового беспроводного миниатюрного робота. Миллиробот, как его прозвали за соответствующие масштабы, оснащён потоковым приводом и умеет протискиваться в загогулинах из трубок с проточной водой. Предполагается, что такие устройства помогут эффективно справляться с техобслуживанием без необходимости вскрывать трубы. Ученый Вэньци Ху объяснил, что беспроводные роботы миллиметрового масштаба, способные перемещаться в трубопроводах с жидкостью, обладают большим потенциалом для инспектирования, технического обслужива-

ния или ремонта на ядерных объектах, в промышленности и медицине. Однако до сих пор возможности такой техники существенно ограничивала зависимость от внешних источников питания. Решить проблему не раз пытались и другие робототехники.

Но многие из предложенных ранее беспроводных образцов были недостаточно миниатюрными, могли функционировать недолго и обладали недостаточным функционалом. Вот почему Ху и его коллеги предприняли создание беспроводного робота, чьи габариты ограничивались бы несколькими миллиметрами. Конструкция должна была включать в себя внутренний источник питания и исполнительный блок, использующий заряд рационально, т.е. контролируемым образом. Последняя принципиально важная особенность при испытаниях готового образца позволила ему преодолевать сравнительно большие расстояния внутри трубчатых конструкций и подолгу выполнять задачи по техобслуживанию. Вэньци Ху рассказал, что крошечный труболаз включает в себя три ключевых компонента: модуль управления потоком для использования силы текущей жидкости, миниатюрный редуктор с двумя выходами для передачи преобразованной механической энергии в систему передвижения робота и мягкие адаптивные колеса для перемещений по изгибам труб.

Поскольку GPS не работает под водой, дайверы обычно не могут отслеживать свою геолокацию на цифровой карте в реальном времени. Система DNS, разработанная немецкой компанией EvoLogics, использует плавающие и носимые акустические транспондеры для определения местоположения ныряльщиков под водой. Система состоит из устройства слежения, консоли дайвера и буя USBL. Буй, плавающий на поверхности, посылает акустические сигналы, а трекер на баллоне дайвера их принимает и отправляет ответный сигнал. Время и направление ответа позволяют определить местоположение дайвера. Аквалангист может видеть его на консоли, закрепленной на запястье. DNS с дальностью действия 1,5 км и точностью позиционирования 10 см может проработать до восьми часов. Трекер и консоль рассчитаны на глубину 50 м.

DNS, изготовленный немецкой компанией по подводным технологиям EvoLogics, состоит из трех основных компонентов: устройства слежения (трекер), консоли дайвера и буя USBL (сверхкороткой базовой линии). Плавая на поверхности над зоной ныряния, буй непрерывно посылает акустические сигналы через воду. Их принимает блок слежения, установленный на баллоне с воздухом дайвера.

Трекер автоматически отвечает на каждый начальный пинг своим ответным сигналом, который принимается буем. Анализируя количество времени, которое проходит между отправкой каждого начального сигнала и получением ответного, а также направление, откуда пришел ответ, можно определить текущее положение дайвера относительно буя (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Буй USBL

Поскольку буй имеет доступ к GPS (через модуль GNSS), его местоположение на карте может быть определено встроенным микрокомпьютером. Следовательно, на этой карте также можно определить текущее местоположение дайвера. Эти данные отправляются обратно на трекер при последующих пингах. Затем сведения передаются с этого устройства на проводную консоль дайвера – гаджет размером со смартфон, который носится на запястье. Просто взглянув на экран консоли, дайвер всегда может видеть, где он находится на карте (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Экран консоли дайвера

Помимо отслеживания собственного местоположения дайверы также могут проверять, где находятся другие участники их группы. Буй способен одновременно взаимодействовать с пятью трекерами. Он дополнительно использует бортовой приемопередатчик Wi-Fi для передачи данных команде поддержки наверху, которая может отслеживать местонахождение всех дайверов на ноутбуке или планшете. В качестве дополнительного бонуса консоль также позволяет дайверам отправлять и получать простые заранее запрограммированные текстовые сообщения – данные передаются с помощью акустических импульсов. Команда поддержки на поверхности также может отправлять и получать такие сообщения через буй, подключенный к Wi-Fi. Система имеет дальность подводной связи 1,5 км, точность позиционирования около 10 см и заявленное время работы от батареи до восьми часов. Трекер и консоль рассчитаны на максимальную глубину 50 м.

Немецкая компания Festo представила летающего робота BionicBee, который имитирует своим внешним видом пчелу. Это 34-граммовый орнитоптер с двумя крыльями и длиной корпуса 22 см. В полете BionicBee имеет четыре степени свободы и может автономно летать в рое из десяти роботов. Инженеры исследовательского подразделения немецкой компании Festo, занимающейся производством промышленного оборудования, уже много лет создают бионических роботов, которые своим внешним видом и способом передвижения напоминают настоящих животных. К примеру, они создали робота-муравья, восьминогого робота-паука-трансформера, а также несколько летающих роботов, среди которых робот-бабочка, летучая лисица и робот-стрекоза, с помощью них инженеры изучали особенности полета живых существ. Недавно они представили нового летающего бионического робота под названием BionicBee, который своим внешним видом напоминает пчелу. Это орнитоптер, корпус которого изготовлен в форме тела насекомого. Длина корпуса составляет 22 см, а размах двух крыльев – 24 см. При этом масса робота в сборе равна всего лишь 34 г. Чтобы добиться такого результата, разработчики использовали метод генеративного дизайна, который позволил оптимизировать конструкцию и использовать для ее создания минимум материала.

Плавучие солнечные электростанции в Германии по-прежнему остаются редкостью и, как правило, имеют небольшие размеры. Хотя сейчас разрабатываются или строятся проекты мощностью в несколько мегаватт, Закон Германии о возобновляемых источниках

энергии оговаривает, что солнечными модулями может быть покрыто не более 15% площади водоема. Кроме того, застройщики должны соблюдать минимальное расстояние от берега, что усложняет или делает нерентабельными многие проекты плавучих электростанций. Немецкий стартап Sinn Power нашел решение, позволяющее сделать некоторые проекты жизнеспособными. Компания построит первую в мире плавучую фотоэлектрическую систему с солнечными модулями, установленными вертикально. Мощность электростанции, состоящей из 2500 солнечных модулей 1,6 МВт. Строительство начнется этим летом (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Летающий робот BionicBee, внешне имитирующий пчелу, от немецкой компании Festo

Проект будет построен на берегу озера у гравийного карьера в Гильхинге, Бавария. Установка пока находится на стадии планирования, но пользуется мощной поддержкой со стороны регионального агентства gwt Starnberg GmbH, районного управления Штарнберга и муниципалитета Гильхинга. Работы по закреплению якорей и подготовке озера на гравийном карьере Гилчинг планируется начать 1 августа. Строительство надводной солнечной электростанции мощностью 1,8 МВт начнется в сентябре. Для реализации проекта компания будет использовать собственные запатентованные крепления под названием Floating-SKipp в количестве 2500 штук. Эти крепления будут установлены с востока на запад. На плавучей платформе разместят почти 2500 солнечных модулей. По информации от Sinn

Power, расстояние между рядами модулей составит 3,90 м. Предлагаемая архитектура системы уменьшает используемую площадь поверхности. Можно установить больше солнечных модулей, не превышая требований закона, поэтому для таких плавучих фотоэлектрических систем подойдут и меньшие водоемы. Ориентация солнечных модулей с востока на запад сдвигает выработку электроэнергии в сторону утра и дня. Большая часть солнечной энергии будет использоваться непосредственно на гравийном заводе в Гилхинге, а излишки будут поступать в сеть. По словам Готфрида Яйса, директора компании Kies- und Quetschwerk Jais, которая управляет гравийным карьером, проект относительно легко реализовать, поскольку он не требует земли. Электростанция также подходит для их производственного предприятия, которое работает в дневное время, особенно в самые солнечные месяцы, с марта по декабрь. Это позволит использовать большую часть вырабатываемой электроэнергии (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Плавучая солнечная электростанция в Германии

Международная команда исследователей под руководством ученых из Германии обнаружила молекулярный фрактал в цитратсинтазе цианобактерии, ферменте микроорганизма, который спонтанно собирается в фигуру, известную в математике как треугольник Серпинского. Методы электронной микроскопии и эволюционной биохимии указывают, что этот фрактал может быть эволюционной случайностью. Снежинки, листья папоротника, капуста романеско имеют общее свойство самоподобия: крупные элементы состоят из более мелких, но такой же структуры, и так далее. И все же в естественной природе истинные фракталы встречаются редко.

Молекулы также обладают определенной регулярностью, но с большого расстояния этого не заметно. Если не вглядываться, структура всей молекулы не похожа на структуру ее составных частей. В этом состоит их отличие от фракталов. До сих пор настоящие фракталы на молекулярном уровне не встречались. Первый образец молекулярных фракталов открыла исследовательская группа под руководством ученых из Института Макса Планка и Университета Филлипс. Обнаруженная ими цитрат-синтазе цианобактерии спонтанно принимает вид треугольников Сирпинского, которые распадаются на более мелкие треугольники, и так далее.

«Мы наткнулись на эту структуру совершенно случайно, и не поверили своим глазам, когда впервые сделали снимки электронным микроскопом, – сказала Франциска Зендкер, первый автор статьи, вышедшей в Nature. – Этот белок образует красивые треугольники, и по мере роста мы видим в их центре треугольные отверстия все большего размера. Это совершенно непохоже на сборку любых других белков, которые мы видели раньше». Ученые смогли установить, как возникла такая необычная форма молекул. В процессе самосборки белки становятся симметричными: каждая отдельная цепочка белков организована так же, как ее соседи. Такая симметрия приводит к тому, что в крупном масштабе форма выглядит однородной. Фрактальный белок нарушает правило симметрии. Разные цепочки белков вступают в различных точках фрактала в не полностью идентичные взаимодействия. Пока исследователям не ясно, несет ли такая фрактальная структура фермента цианобактерии какую-то пользу. Возможно, это всего лишь безобидная случайность эволюции (рис. 2.12).

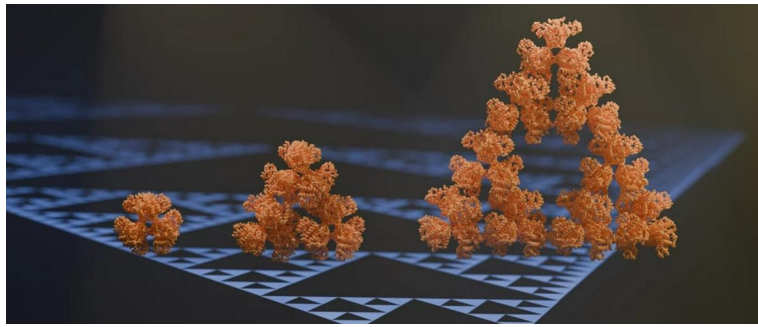


Рис. 2.12. Молекулярный фрактал цитратсинтазы цианобактерий, имеющий форму, известную в математике как треугольник Серпинского

Ультратонкая пленка, способная передавать ощущения прикосновения, способна превратить текстиль в виртуальную вторую кожу. О разработке, которую представят на выставке Hannover Messe, сообщает пресс-служба Саарского университета. Немецкие исследователи разработали ультратонкие пленки, которые способны передавать ощущения прикосновения на расстоянии. Эта технология в будущем даст детям, находящимся на карантине в больницах, возможность ощутить физическую близость родителей и испытать ощущение того, что их держат, гладят или обнимают. Ученые разработали пленки толщиной всего 50 мкм, которые можно носить как вторую кожу. Ультратонкие пленки, включенные в текстильные изделия, позволяют ребенку почувствовать, как к нему прикасаются, когда мать или отец поглаживают второй «умный текстиль» на расстоянии. Пленки, известные как диэлектрические эластомеры, действуют одновременно как датчики, распознающие тактильные сигналы от мамы или папы, и как исполнительные механизмы, которые передают эти движения ребенку, Стефан Зелеке, профессор Саарского университета.

Работая в качестве датчика, пленка способна с очень высокой точностью распознавать, как прикосновение нажимает или растягивает пленку, касаясь ее. Эта физическая деформация, вызванная рукой родителя, затем точно воспроизводится во второй ткани, которая соприкасается с кожей ребенка. На каждой стороне ультратонкой пленки напечатан очень гибкий электропроводящий слой, объясняют ученые. Под напряжением электроды притягиваются, сжимая полимер и заставляя его расширяться. Даже малейшее изменения пленки меняет ее электрическую емкость. Когда палец проходит по пленке, пленка деформируется. Последовательность изменений емкости представляет путь, пройденный пальцем при соприкосновении. Зная, как коррелируют емкость и деформация пленки, исследователи воссоздают прикосновение. Интеллектуальные алгоритмы прогнозируют и программируют последовательность движений, контролируя деформацию эластомерной пленки.

Новейшие научно-технические разработки в Германии позволят ей занять всё более лучшие позиции в мировых рейтингах, в том числе повысить немецкий военно-технический потенциал.

2.3. Наука и технологии Израиля

Израильский высокотехнологичный рынок славится своим опытом в таких областях, как кибербезопасность, искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение и биотехнологии. Поскольку стартапы использовали передовые технологии для решения важнейших отраслевых задач, в первом полугодии 2023 г. к этим областям наблюдался особый интерес и привлекались инвестиции. Инвесторы осознали потенциал подрывных технологий, возникающих в израильской экосистеме крупных технологических компаний. Например, новый венчурный фонд раннего развития **Earth & Beyond Ventures** привлек 70 млн долл. для инвестиций в израильские стартапы, занимающиеся разработкой космических и наземных приложений двойного назначения.

Такие компании, как PayZen, **Lama AI** и Noble, помогают революционизировать финансовые услуги, цифровые платежи, решения на основе блокчейна, децентрализованные финансы (DeFi) и страховые технологии. Поскольку Израиль продолжает развиваться как центр финансовых технологий, сотрудничество с глобальными финансовыми учреждениями и стратегическими партнерами набирает обороты. Израильские стартапы, занимающиеся возобновляемыми источниками энергии, управлением отходами, водными технологиями и устойчивым сельским хозяйством, привлекли повышенное внимание инвесторов, ищущих экологически безопасные решения. Компания **Locusview**, которая вносит важный вклад в эту область, разработала программное обеспечение для управления энергетической инфраструктурой, привлекла 80 млн долл., управляла 300 000 проектов на общую сумму 15 млрд долл. в 2022 г.

Израиль прочно ассоциируется с инновациями в области здравоохранения, с компаниями, предлагающими решения в области цифрового здравоохранения, телемедицины, медицинских устройств, а также персонализированной медицины. Израильский стартап **Augmedics** собрал 82,5 млн долл. на систему AR для хирургии позвоночника, с помощью которой врачи могут видеть анатомию пациентов так, как если бы у них было «рентгеновское зрение», позволяющее им точно ориентироваться в инструментах и имплантатах во время операций. Инвестиционные тенденции, наблюдаемые на израильском рынке высоких технологий в первой половине 2023 г., подчеркивают позицию страны как глобального центра инноваций, а постоянная поддержка со стороны местных и международных

инвесторов демонстрирует уверенность в способности Израиля создавать новаторские технологии и прорывные решения.

Бывший советник генерального штаба Армии обороны Израиля (ЦАХАЛ) Рам Аминах сообщил, что использование систем ПРО и ПВО для отражения атаки Ирана могло стоить от четырех до пяти миллиардов шекелей, т.е. от одного до 1,3 млрд долл. (более 120 млрд руб.). Массивная ракетная атака Ирана в ночь на 14 апреля была остановлена современными израильскими системами обороны. ЦАХАЛ утверждает, что смогла перехватить 99% целей, при том, что по Израилю было выпущено не менее 170 беспилотников и 150 крылатых и баллистических ракет. Часть иранских БЛА, пролетавших над воздушным пространством Сирии, были сбиты израильскими и американскими истребителями.

Израильская компания BaroMar испытывает новый подход к аккумулированию электроэнергии в сжатом воздухе и утверждает, что это будет самый дешевый способ долгосрочного хранения возобновляемой энергии. Оригинальное низкотехнологичное решение заключается в расположении резервуаров со сжатым воздухом под водой. Нормированная стоимость долгосрочного хранения энергии в пневмоаккумуляторе BaroMar составит 100 долл. США за один МВт·ч. Это примерно на четверть дешевле других технологий долгосрочного хранения энергии. Возобновляемые источники отличаются непостоянством в выработке энергии, и далеко не всегда способны своевременно обеспечить потребности людей. Для выравнивания нагрузки необходимы накопители энергии, причем для разных временных интервалов: одни для ежедневных часов-пик, другие – для скачков потребления в особо жаркие или морозные периоды, третьи – для долгосрочного запаса на несколько месяцев. В этой категории и работает стартап BaroMar.

В основе технологии стартапа лежит идея аккумулирования энергии сжатого воздуха. Компрессоры, работающие на излишках электричества, закачивают воздух в большие цистерны, в которых он и хранится продолжительное время. Когда возникает потребность в электричестве, вентиль открывают и газ, вращая турбину генератора, отдает его обратно. Технология уже считается достаточно эффективной, но BaroMar утверждает, что побьет традиционные системы в долгосрочной перспективе благодаря изобретательному низкотехнологичному решению. Оно заключается в том, чтобы располагать станции вблизи береговых линий, там, где достаточно высокая глубина. Вместо баков высокого давления BaroMar предлагает использовать естественное давление толщи воды – так дешевле.

Речь, по сути, идет о больших резервуарах из бетона и стали на глубине 200–700 м, которым не дают всплыть клети с камнями. Эти баки снабжены водопроницаемыми клапанами и поначалу заполнены морской водой. Компрессор и генератор, расположенные на берегу, включаются, когда ветровой или солнечный парк вырабатывают излишек энергии, который надо аккумулировать. Компрессор закачивает в резервуар сжатый воздух под давлением 20–70 бар, в зависимости от глубины. Воздух постепенно выталкивает воду через клапаны. Поскольку гидростатическое давление воды снаружи равно внутреннему давлению воздуха, баки не должны быть слишком прочными и дорогими.

По словам экспертов консалтинговой фирмы Jacobs, которая разработала опытную станцию на Кипре, целью проекта является производительность в районе 70%. Примерно столько у самой крупного в мире пневматического аккумулятора, расположенного в Китае. Опытная станция, разумеется, будет намного скромнее: всего на 4 МВт·ч. Нормированная стоимость долгосрочного хранения энергии в пневмоаккумуляторе BaroMar составит 100 долл. США за 1 МВт·ч. Другие технологии долгосрочного хранения обходятся несколько дороже – около 130 долл. за МВт·ч.

Китайские и израильские физики разработали наноструктурированный материал на базе коры пробкового дуба, который способен максимально активно и избирательно поглощать молекулы углеводородов с поверхности воды и тем самым очищать ее от нефтяных пятен и других загрязнений. «Во время экспериментов с лазерами, которые не были изначально связаны с этим материалом, мы обнаружили, что обработка пробок при помощи их излучения приводит к радикальным переменам в физических свойствах этого растительного материала. После обработки он начинает необычайно активно отталкивать воду и столь же активно поглощать жиры и масла», – пояснил научный сотрудник Центрального южного университета в Чанша Хэ Юйчунь.

Хэ Юйчунь и другие исследователи уже много лет изучают то, как меняются физические свойства поверхностей разных материалов при нанесении различных наноузоров при помощи сверхкоротких вспышек лазера. Подобные структуры присутствуют на поверхности многих природных объектов, в том числе листьев лотоса и многих других растений, чья поверхность хорошо отталкивает воду и грязь. Недавно китайские и израильские физики обнаружили, что подобная обработка превращает кору пробкового дуба в необычный материал,

который не только сильно отталкивает воду, но и активно поглощает жиры и масла и при этом легко нагревается под действием лучей Солнца и других источников света. Это натолкнуло ученых на мысль, что обработанные лазером пробки можно использовать в качестве основы для системы очистки воды от нефти и прочих углеводородов. Так, исследователи предлагают засеивать нефтяные пятна частицами из наноструктурированной коры пробкового дуба. Они будут активно поглощать углеводороды с поверхности моря и при этом нагревать их, что будет ускорять движение их молекул и повышать текучесть нефти. Благодаря этому их можно будет собирать с поверхности частиц коры пробкового дуба и перекачивать в танкеры и в другие специализированные емкости для хранения нефти. Опыты с прототипом подобной системы показали, что процесс очистки воды от нефти проходит очень быстро – частицы коры пробкового дуба поглотили все молекулы углеводородов меньше чем за две минуты. Еще одним большим плюсом этой системы является то, что данный материал можно легко очищать от нефти и повторно использовать его для очистки поверхности Мирового океана, что сделает этот процесс более эффективным с экономической точки зрения, подытожили исследователи.

Международная команда исследователей, которую возглавили ученые университета Бен-Гуриона, разработала технологию, которая позволяет прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур по спутниковым снимкам. Фермеры в развитых странах могут рассчитывать на большие наборы данных и инструменты управления рисками, чтобы уменьшить влияние экстремальных погодных условий на урожайность. Но в развивающихся странах таких данных недостаточно, и прогнозировать урожайность трудно, ученые предложили использовать спутниковые фотографии для дистанционного измерения флуоресценции хлорофилла. Оценка интенсивности такого свечения и позволяет прогнозировать урожайность. Ученые проверили свой метод на полях кукурузы в США и пшеницы в Индии и показали, что он должен работать для любой культуры.

Флуоресценция хлорофилла – это красноватое свечение, переизлучаемое фотосинтезирующими тканями и организмами. Его интенсивность служит показателем преобразования фотосинтетической энергии в растениях. Модель не даст ответ, сколько початков кукурузы на поле, но по свечению хлорофилла можно сказать, с какой интенсивностью идет преобразование энергии, и построить реалистическую оценку урожайности. Как отмечают ученые, новый

подход стал возможен из-за растущей доступности спутниковых данных: они становятся все дешевле и оперативнее и позволяют отслеживать динамику свечения хлорофилла почти в режиме реального времени. Ведущий автор работы Оз Кира из Университета Бен-Гуриона отмечает важное отличие нового метода от предыдущих подходов: ранее в большинстве случаев такие прогнозы строились на основании данных прошлых лет. Оз Кира говорит: «Мы не основываем наши модели на предыдущих наблюдениях. Поэтому наши измерения позволяют заметить, в том числе и изменение климата».

Команда ученых из Израиля сообщила о новом шаге к квантовым компьютерам, криптографии и датчикам – а именно, о прогрессе во внутрикристальной интеграции однофотонного источника при комнатной температуре. Главная их инновация заключается в разработке гибридной антенны с высокой направленностью фотонов. Конструкция металл-диэлектрической зональной антенны Френеля обеспечивает эффективное обратное возбуждение фотонов за счет размещения излучателя в углублении размером меньше длины волны, расположенном в центре антенны. Таким образом, достигается и обратное возбуждение, и фронтальная связь излучения с оптикой низкой числовой апертуры или оптическими волокнами.

Исследователи продемонстрировали широкий спектр возможностей этой концепции, собрав устройства с коллоидальными квантовыми точками или с наноалмазами, содержащими вакансии кремния. Те и другие оказались отличными однофотонными излучателями даже при комнатной температуре. Оба типа устройств показали эффективность собирания приблизительно 70% при числовых апертурах не выше 0,5. Другими словами, можно использовать очень простые и компактные оптические элементы и, тем не менее, собирать фотоны в желаемый канал или аккуратно посылать фотоны в ближайшее оптическое волокно без необходимости в дополнительной оптике. Это ключевой ингредиент для интеграции квантовых источников света в реальные квантовые системы. Налаженный процесс обещает упростить процесс интеграции и ускорить воплощение квантовых фотонных устройств.

Исследователи разработали алгоритм, который предсказывает действия пользователей по движениям глаз при работе с экраном. Ученые из США и Израиля разработали алгоритм искусственного интеллекта (ИИ), который использует технологию отслеживания взгляда, чтобы предсказывать вероятность покупки различных товаров. Программа отслеживала направление взгляда, пока пользо-

ватели просматривали каталог на сайте. Исследование показало, что алгоритм предсказывает наиболее вероятные покупки еще до того, как пользователь примет осознанное решение. Анализ движений уже использовался в аналитических и прогностических моделях, но обычно исследователи анализировали только отдельные виды движений или специфическое поведение. Для нового алгоритма ученые используют «сырые данные непрерывных наблюдений», чтобы не упустить никаких деталей.

«Это много данных – несколько сотен тысяч точек данных с миллионами параметров – и мы используем их для обоих глаз отдельно», – Мишель Ведель, профессор Университета Мэриленда и соавтор исследования. Алгоритм может применяться в различных ситуациях, добавляют авторы. Например, супермаркеты, которые планируют выйти в метавселенную, смогут отслеживать взгляд пользователя в шлеме виртуальной реальности, чтобы на основе первых движений глаз определять, какие товары пользователь, скорее всего, выберет, и адаптировать набор продуктов, выставленных в виртуальном магазине. Программу можно будет использовать не только в торговле и маркетинге, добавляют исследователи. Потенциального его можно будет применять во многих областях, включая медицину, психологию и психиатрию, дизайн, искусство, финансы, бухгалтерский учет – во всем, где люди принимают решения на основе какой-то визуальной оценки.

ЦАХАЛ впервые применил боевую лазерную систему Iron Beam («Железный луч») для поражения ракет, запущенных из Газы. Об этом сообщается в издании Newsweek, указывая, что новый зенитный комплекс проявил себя, несмотря на то, что его принятие на вооружение ожидалось только через несколько лет. Впервые в мире лазерная система, разработанная в Израиле, смогла перехватить ракету. Iron Beam, разработанный Rafael, является высокоэнергетической лазерной установкой с мощностью 100 кВт, способной перехватывать воздушные цели на расстоянии от нескольких сотен метров до нескольких километров. Как поясняет разработчик, он имеет возможность сбивать на малой дальности различный спектр угроз, таких как ракеты, артснаряды и беспилотники.

Ученые международной лаборатории «Цифровизация, анализ и синтез сложных механических систем, сетей и сред» Института проблем машиноведения (ИПМаш) РАН под руководством профессора Тель-Авивского университета Эмилии Фридман создали уникальный математический алгоритм, позволяющий моделировать

работу человеческого мозга в разных ситуациях. Его применение позволит исследовать различные психические заболевания, а также разрабатывать интерфейсы «мозг-компьютер» для управления имплантами. «В дальнейшем мы планируем применить наш результат для решения задач классификации режимов активности головного мозга, что может быть использовано для исследования таких заболеваний, как эпилепсия и синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), и для разработки интерфейсов мозг-компьютер, позволяющих управлять роботами «силой мысли» и активно применяющихся в области нейропротезирования», – говорит ученый.

Человеческий мозг состоит более чем из 80 млрд нейронных клеток. Создание полноценных и всеохватывающих моделей такого сложного органа в мировой науке все еще остается нерешенной задачей. Однако группа ученых международной лаборатории нашла способ приблизиться к этой цели и создавать модели для отдельных режимов работы головного мозга в различных ситуациях, в том числе экстремальных. В основу решения ученых легла математическая модель ФитцХью – Нагумо, которая уже используется для изучения отдельных клеток головного мозга или их популяций. Тем не менее эта модель имеет структурные ограничения, которые не позволяют моделировать одновременную работу миллиардов нейронов. Специалисты лаборатории сосредоточились на измерении мембранных потенциалов нейронов, т.е. напряжения стенок клеток головного мозга в различных ситуациях. К этим данным применяются математические методы скоростного градиента и фильтров-дифференциаторов, которые вкупе с уже признанной моделью ФитцХью – Нагумо позволяют выйти на новый уровень возможностей моделирования человеческого мозга.

Важным итогом такого подхода становится то, что его сложность не увеличивается при изменении количества моделируемых нейронов. То есть задача моделирования сети с десятками миллиардов узлов, как в случае с человеческим мозгом, уже не кажется настолько недостижимой. Кроме того, ученым удалось математически доказать, что в зависимости от этих данных параметры модели будут настроены точно, т.е. динамика модели с этими параметрами будет повторять динамику реального нейрона или нейронной популяции. Международная лаборатория «Цифровизация, анализ и синтез сложных механических систем, сетей и сред» образована в 2021 г. на базе Института проблем машиноведения Российской академии наук при поддержке правительственного мегагранта. Руководит

лабораторией профессор Тель-Авивского университета Эмилия Фридман.

Ученые из Института науки Вейцмана представили новые успехи в создании эмбрионов без использования яйцеклетки и сперматозоидов. Ровно год назад выращенный из стволовых клеток эмбрион достиг возраста восьми дней, демонстрируя нормальное развитие. Сейчас удалось добиться 14-дневного цикла. При этом искусственный эмбрион даже дал положительный результат при стандартном домашнем тесте на беременность. Исследователи из Израиля представили модель эмбриона, созданного из плюрипотентных стволовых клеток без использования яйцеклетки, сперматозоидов и матки, которая отражает 14-дневный эмбрион человека. Эмбрион обладает всеми признаками этой стадии развития от плаценты до желточного мешка. Вместо яйцеклетки и сперматозоида ученые использовали образцы клеток кожи взрослого человека, которые перепрограммировали в плюрипотентные стволовые клетки, а затем вырастили из них четыре типа клеток, присутствующих на самых ранних стадиях развития эмбриона. Любопытно, что когда исследователи применили секреты клеток эмбриона к коммерческому тесту на беременность, то результат был положительный.

По заявлению авторов, это первая полная модель эмбриона человека, которая может воспроизводить структуры ранних стадий эмбрионов, созданных из яйцеклетки и сперматозоида. Эта модель предлагает уникальную возможность заглянуть в таинственные первые дни жизни эмбриона, которые имеют решающее значение для его будущего роста. Считается, что около 30% беременностей заканчиваются неудачей в первую неделю. В это время женщина даже не подозревает, что беременна. Первые недели беременности связаны с рисками выкидыша и развитием врожденных патологий, причины которых пока остаются туманными для ученых. Создание моделей эмбрионов должно раскрыть подробности этих процессов, которые в будущем позволят снизить риски внезапного прерывания беременности после естественного зачатия или ЭКО. Так, по данным Общества вспомогательных репродуктивных технологий (SART), у женщин до 35 лет процент живорождений посредством ЭКО составляет всего 55%.

В первую очередь, ученые получат ценную информацию о дифференциации клеток в решающие первые дни и недели развития эмбриона. В настоящее время эксперименты завершили на 14-дневный срок развития эмбриона из-за юридических ограничений.

Постепенно результаты команды из Израиля и ученых других стран демонстрируют необходимость создания более надежной нормативно-правовой базы, которая могла бы идти в ногу со временем ввиду темпов инноваций в этой области. К слову, первые успехи в этом направлении уже есть. Международное общество исследования стволовых клеток (ISSCR) внесло долгожданные изменения в регламенты, предоставляя новые возможности в изучении причин болезней и невынашивания беременности.

Трещины, возникающие в хрупких эластичных материалах, могут распространяться быстрее скорости звука – и быстрее, чем позволяют законы классической механики. Новый тип излома был открыт учеными из Израиля. Он может перевернуть устоявшиеся представления о физике процесса разрушения. Под действием энергии упругой деформации, преодолевающей определенный порог, в материалах образуются трещины, которые рассеивают эту энергию. Физика этого процесса утверждает, что классические трещины не могут распространяться со скоростью, превышающей рэлеевскую волну, которая зависит от ускорения поперечной волны и степени деформации материала под нагрузкой. Однако ученые из Еврейского университета обнаружили, что некоторые трещины не подчиняются этому правилу – и ускоряются почти до сверхзвуковых скоростей. «Нас очень порадовало это открытие, – сказал Джей Файнберг, один из исследователей. – Само существование этих “сверхзвуковых мод изломов” ставит под сомнение фундаментальные физические предпосылки, на которых основано наше понимание процессов образования изломов. Дело не в том, что существующая картина неверна, но в том, что нет единственно возможного закона, управляющего изломами».

Исследуя поведение хрупких гелей, относящихся к категории неогуковых материалов, т.е. имеющих нелинейное отношение между внешним напряжением и деформацией, ученые смогли рассмотреть процесс образования трещин, засняв его на камеры и проведя измерения полей деформации, окружающих кончики трещин. Предыдущие исследования показывали, что трещины в таких хрупких гелях ведут себя так же, как в стандартных хрупких материалах. Но на этот раз, однако, когда они равномерно растянули материал и сделали небольшой надрез, скорость распространения трещины достигла беспрецедентных значений и оказалась примерно в 30% больше скорости звука. Это противоречит проведенным ранее теоретическим исследованиям и экспериментам. По мнению ученых, наблюдаемое

явление должно указывать на наличие динамики «сверхсдвига», которой управляют другие принципы, отличающиеся от законов классических изломов. Следует отметить, что новый вид трещин не возникает случайным образом. Его запускает критический уровень деформации, который зависит от материала.

Израильская оборонная компания UVision Air Ltd провела первое лётное испытание своего барражирующего боеприпаса Hero-120 в условиях сурового климата Арктики, сообщает Defense News. Как отмечает американское издание, Израиль, таким образом, планирует расширить зону влияния в этом регионе. Стоит отметить, что годом ранее компания-разработчик в одной из арктических местностей протестировала вышеуказанный дрон-камикадзе при холодных температурах. БПЛА предназначен для работы в сложных условиях, будучи приспособленным к сильным снегопадам, шквалистым ветрам, влажности, низкой облачности и ограниченной видимости. В ходе испытаний Hero-120 нёс на борту оборудование для аэрофотосъёмки и инфракрасные камеры в качестве полезной нагрузки. Как рассказал в интервью порталу один из представителей компании, этот тип БПЛА способен осуществлять полёты как в дневное, так и в ночное время суток. Более того, добавил он, Uvision планирует в дальнейшем не только улучшить возможности этих беспилотников, но и привлечь других участников к проведению совместных операций с этим БПЛА в арктических условиях.

Израильская компания указывает на эффективность, которую продемонстрировал этот барражирующий боеприпас в арктической зоне. Hero-120 – барражирующий боеприпас средней дальности полёта. Масса его боевой части составляет 4,5 кг. Предназначен этот дрон-камикадзе для высокоточного поражения целей на современном поле боя, в том числе ведения боевых действий в городских условиях. Также этот ударный дрон можно запускать с вертолёта. Дальность полёта под управлением оператора (находиться он может как на земле, так и в кабине вертолёта) достигает 30 км.

Международная команда ученых совершила важное открытие в области наномеханизмов внутри живых организмов. Молекулярно-динамическое моделирование ферментов семейства P450 показало, что они проявляют уникальные свойства, присущие мягкой робототехнике. Цитохром P450 – семейство ферментов в живых организмах, которые играют важную роль в различных биологических процессах, в особенности в метаболизме лекарственных препаратов и ксенобиотиков. Моделирование, которое провели ученые из

Еврейского университета (Израиль) и Университета Шив Надар (Индия), показало, что у них есть четвертое измерение – способность чувствовать и реагировать на стимулы. Это значит, они могут выполнять роль нанороботов в живой материи. В каталитическом цикле этих ферментов с ними соединяется молекула-субстрат. Это приводит к процессу оксидации. Структура фермента имеет замкнутое пространство, позволяющее ему действовать как датчик и мягкий робот. Оно взаимодействует с субстратом при помощи слабых контактов, похожих на мягкие удары. Эти взаимодействия переносят энергию, заставляя двигаться части фермента и молекулы внутри них. Движение вырабатывает особое вещество – оксокомплексы железа, которые служат для оксидации разных субстанций.

Главный вывод из проведенного моделирования – каталитический цикл цитохромов P450 хотя и сложный, но подчиняется логической последовательности. Особенности фермента позволяют ему стать чувствительным датчиком субстрата, собственных изменений и сдвигов в активном центре. Эти способности составляют робота с датчиком в четвертом измерении, чего ранее не наблюдалось в обычной трехмерной материи. Это открытие указывает на возможность новых путей исследования мягкой робототехники, в частности, подчеркивает важность 4D-материалов, например, гидрогелей. Возможности применения этого открытия выходят далеко за рамки биологии и химии. РНК-терапия становится многообещающим методом лечения рака, но некоторые типы патологий ей не поддаются. Теперь ученые Тель-Авивского университета показали, как использовать РНК-препараты для лечения множественной миеломы. Это одна из форм хронического лимфобластного лейкоза, для которой характерно поражение костного мозга, разрушение костной ткани и выработка однотипных иммуноглобулинов. Такая онкопатология крови затрагивает плоские кости, позвоночник и почки. При множественной миеломе поражаются плазматические иммунные клетки. Они становятся раковыми и накапливаются в костном мозге. Хотя с болезнью можно справиться, вылечить ее практически невозможно. Множественная миелома – по-настоящему «труднодоступный рак».

Строительная корпорация «Иегуда Леви» и компания «Климатикс Энергия» реализуют пилотный проект, в рамках которого в Хайфе будут построено здание на 44 квартиры с собственными аккумулирующими электростанциями. Здание будет оснащено системой автоматического перехода на внутренние ресурсы в случае

отключения внешней подачи электричества. Каждая квартира будет иметь свой аккумулятор с запасом энергии 5–10 квт/ч, которых должно хватить на функционирование холодильника и зарядку мобильных телефонов приблизительно на сутки. Кроме того, жильцы смогут продавать электроэнергию электрической компании в часы пик и заполнять аккумуляторы в часы низкой нагрузки на сеть, сокращая свои расходы на электричество. Проект будет реализован в рамках проекта городской реновации.

Йорам Розен, глава Института космических исследований Хайфского Техниона, и его коллеги разрабатывают солнцезащитный экран, который поможет снизить глобальную температуру на нашей планете на 1,5 градуса. Земля теплеет. Кажется, с этим уже никто не спорит. Последний год стал годом температурных рекордов. Служба Copernicus показывает, что весь последний год глобальная температура превышает доиндустриальный уровень на 1,5 градуса. За последние годы уже переписаны все температурные рекорды. Сокращение выбросов пока не работает, несмотря на усилия, предпринимаемые многими странами. Многие климатологи склоняются к тому, что нулевые выбросы парниковых газов не будут достигнуты к 2050 г., и потепление будет продолжаться. Согласно исследованию, опубликованному в журнале Nature, к середине века ежегодные потери от глобального роста температуры составят 38 трлн долл.

Йорам Розен и его коллеги предлагают развернуть такой экран в точке Лагранжа L1 между Землей и Солнцем на расстоянии 1,5 млн км от нашей планеты. В этой точке притяжение Земли компенсируется притяжением Солнца, и экран сможет «висеть» постоянно. У человечества уже есть опыт размещения спутников в точках Лагранжа. Например, космический телескоп «Джеймс Уэбб» расположен в точке Лагранжа L2 на расстоянии 1,5 млн км от Земли, и телескоп отлично работает и хорошо управляется. Чтобы солнцезащитный экран реально повлиял на интенсивность солнечного излучения, он должен быть огромен. По оценке ученых Техниона, весить такой экран будет 2,5 млн т, если его изготовить из доступных сегодня материалов. При огромной площади на экран будет влиять солнечный ветер, и это воздействие необходимо компенсировать. Но ученые считают, что завертывание экрана – это не фантастика, хотя это и очень дорого. По оценке Розена, стоимость проекта около 30 трлн долл. (Это больше чем ВВП США, но меньше ежегодных потерь от глобального потепления по оценке Nature.) Если такой экран будет развернут, он позволит снизить излучение Солнца на 2%.

Этого будет достаточно, чтобы за 18 месяцев глобальная температура на нашей планете снизилась на 1,5 градуса.

По оценке ученого, если экран будет развернут, это не станет чем-то вроде вечного пасмурного дня на Земле: Солнце чуть потемнеет, и разница будет такой, как между полуднем и 2 часами дня. Ученый считает, что влияние экрана на земную жизнь будет пренебрежимо мало. Через 18 месяцев часть экрана можно будет свернуть или сбросить. Проект получил название Cool Earth. Розен говорит изданию Times of Israel, что сейчас уже все готово для разработки прототипа такого солнечного экрана. Чтобы начать строить прототип, нужно сравнительно немного – 15 млн долл. Учитывая скромные успехи по сокращению выбросов, может оказаться, что проект Йорама Розена или другие проекты по созданию солнцезащитного экрана станут главной надеждой человечества на замедление или даже полную остановку глобального потепления.

Оборонный концерн «Эльбит» выиграл тендер на поставку высокоточных минометных снарядов «Стальное жало» (Steel Sting). «Стальное жало» – минометный снаряд калибра 120 мм с двойным наведением (оснащен лазером и спутниковой системой навигации GPS), благодаря чему достигается невероятная точность попадания в цель и снижается риск опасности для мирного населения. Снаряд предназначен для применения как в условиях плотной застройки, так и на открытой местности. Прицельная дальность – до 10 км. Впервые «Стальное жало» показали в марте 2021 г., после завершения серии внутренних испытаний. В министерстве обороны тогда заявили, что «интеграция боеприпаса соответствует концепции плана многолетнего развития вооруженных сил «Тнуфа» и отвечает потребностям Армии обороны Израиля». Возможности снаряда продемонстрировали в нескольких вариантах. Например, с использованием двух объединенных в сеть минометных систем «Кардом», разработанных компанией Elbit и установленных на БТР M113 и внедорожнике Hummer 4X4. Что касается первого боевого применения «Стального жала», то оно пришлось на октябрь 2023 г.: через три недели после «черной субботы» бойцы спецназа «Маглан» произвели первый запуск по ХАМАСу в Газе. Тогда было заявлено, что снаряд по характеристикам точности приближается к воздушным или наземным ракетам и бомбам, которые используют ВВС. «Стальное жало» в состоянии точно поражать группы террористов, вражеские постройки на ближних дистанциях, вражеский транспорт. В числе преимуществ нового минометного снаряда, в отличие, например, от высокоточных

артиллерийских, – быстрая доступность, оперативность использования, наличие в большем количестве и относительно низкая стоимость. После первого применения в Газе снаряды также были использованы на границе с Ливаном для нанесения ударов по террористам Хизбаллы. До настоящего времени было произведено 12 выстрелов с использованием «Стального жала», половина из которых – в Газе.

В рамках нового исследования сотрудники Тель-Авивского университета продемонстрировали новую перспективную технику лечения, используя препарат на основе РНК. Активный ингредиент – малые интерферирующие молекулы РНК (siRNA). Они заглушают действие гена-мишени и останавливают его вырабатывание белка. В этом случае РНК нацелена на ген CKAP5. Без соответствующего белка клетки больше не могут делиться. Чтобы гарантировать, что этот эффект распространяется только на рак, ученые разработали липидные наночастицы. Они доставляют препарат, а специальное покрытие из антител помогает им «цепляться» только за структуры на нескольких раковых клетках миеломы. Авторы исследования протестировали метод на множественных раковых клетках миеломы в нескольких различных конфигурациях. Наночастицы уничтожили 90% патологических клеток, выращенных в лаборатории. Затем ученые протестировали терапию на раковых клетках пациентов с множественной миеломой – уничтожено 60%. Также ученые вводили препарат мышам с болезнью. Препарат ликвидировал около 66% раковых клеток. Также ученые отметили значительное улучшение симптомов животных.

Два биолога из Израиля сгенерировали научную статью менее чем за час с помощью ChatGPT. Текст вышел легко читаемым, остроумным и соответствовал требованиям к структуре академической статьи. Правда, как пожаловались авторы, прежде чем они смогли добиться такого результата, им пришлось преодолеть много трудностей. А легкость применения этого инструмента и его минусы заставляют тревожиться о будущем науки. Целью эксперимента было изучение возможностей ChatGPT в качестве напарника в написании научных статей. По мнению ученых, в академическом сообществе необходимо начать обсуждение преимуществ и недостатков моделей ИИ, с тем чтобы выработать наиболее безопасный и простой способ использования этой технологии на благо науки.

Рой Кишони и Тал Ифарган из Института Технион в Хайфе попросили ChatGPT написать код, который можно использовать для

поиска закономерностей в данных. С первой попытки чатбот сгенерировал не пригодный к работе код, полный ошибок. Но когда ученые провели работу над ошибками, машина выдала им то, что они и хотели. Получив более структурированные данные, Кишони и Ифарган попросили ChatGPT помочь с исследованием. Бот посоветовал им изучить, как физическая активность и диета воздействуют на риск диабета. Сгенерировав больше кода, бот показал результаты: потребление фруктов и овощей плюс физическая активность коррелируют с меньшим риском диабета. Затем ChatGPT свел ключевые выводы в таблицу и сам написал главу, посвященную результатам. Шаг за шагом ученые просили бот написать нужные главы: введение, методологию исследования и прочие. Наконец, заставили его улучшить изложение материала. Однако в таком виде статья хотя и стала удобочитаемой и наукообразной, все еще остается далекой от совершенства. В частности, авторы столкнулись с тенденцией ChatGPT измышлять факты (феномен галлюцинирования). В данном случае бот сочинял несуществующие цитаты и неточно передавал информацию. Вторая проблема, которая обеспокоила ученых, – возможность использовать этот инструмент для некорректного метода p-hacking (слепого прочесывания данных) поиска статистически значимых закономерностей, когда до читателя доносят только устраивающий автора результат. Третья проблема – легкость составления статьи при помощи языковых моделей ИИ приведет к шквалу публикаций низкого качества (подобное уже происходит в других сферах издательской деятельности).

Пять из девяти израильских университетов улучшили свои позиции в рейтинге этого года, а Еврейский университет в Иерусалиме (HU) опередил Научный институт Вейцмана в Реховоте. Рейтинг был составлен в 2024 г. в рамках списка Global 2000 Центром мировых университетских рейтингов (CWUR), который базируется в Объединенных Арабских Эмиратах. Гарвардский университет в Бостоне, который вместе с Колумбийским университетом в Нью-Йорке был ареной самых яростных антисемитских и антиизраильских демонстраций, возглавляет список по всему миру, в то время как 95 % китайских университетов поднялись в рейтинге благодаря большим инвестициям в исследования и разработки в этой стране. В целом, по данным CWUR, Израиль повышает свою конкурентоспособность в сфере высшего образования на мировой арене: пять учебных заведений поднялись по сравнению с прошлым годом, одно сохранило свое место, а три опустились в рейтинге. Тем не менее угрозы

бойкотировать израильских ученых бросают на них тень, поскольку совместные исследования и выделение средств на научные изыскания жизненно необходимы в науке, и если они выполнят свои угрозы, это нанесет ущерб израильским университетам и медицинским центрам.

Еврейский университет в Иерусалиме поднялся на четыре позиции и занял 66-е место по качеству преподавательского состава, но снизился по показателям качества образования и исследований. Научный институт Вейцмана поднялся на 13 позиций до 74-го места, а Тель-Авивский университет (TAU) сохранил 154-е место, опередив Технион (180-е место) и Университет им. Бен-Гуриона в Беэр-Шеве (BGU) (352-е место). Комментируя картину по стране, президент CWUR доктор Надим Махассен сказал: «В то время как пять из девяти израильских университетов улучшили свои позиции в рейтинге этого года, вызывает беспокойство глобальная доля Израиля в научных исследованиях, которая упала на 9% за последние пять лет. Без дополнительных государственных инвестиций в научные исследования и разработки Израиль может оказаться в проигрыше в будущем».

2.4. Новое в науке и технике США

Торговая война США против Китая набирает обороты. В секторе полупроводников запретительные санкции США вынуждают Китай создавать независимые производства, что пугает американцев. Тренд на обострение санкций в секторе полупроводников несомненно продолжится. Ближайшие годы принесут также повсеместное внедрение ИИ, а также станут поворотным для сферы кибербезопасности из-за внедрения новых алгоритмов шифрования данных. Консалтинговая фирма в области технологий GP Bullhound предсказывает, что искусственный интеллект и технологии начнут играть центральную роль в формировании будущего технологической отрасли. Аналитики Air Street Capital соглашаются, что самообучающиеся ИИ-агенты смогут выполнять сложные задачи – разрабатывать игры, решать задачи в науке и т.д. Аналитики Forrester предсказывают, что ведущие компании будут трансформировать процессы автоматизации, учитывая потенциал искусственного интеллекта. Так, решения, основанные на больших языковых моделях, будут выступать в роли автономных помощников или цифровых коллег, а также применяться в тех рабочих процессах, где требуется оперативность. Как ожидается, 2026 г. станет периодом широкого

внедрения алгоритмов постквантового шифрования. Эти алгоритмы позволят защитить данные от потенциальных атак с использованием вычислений квантовых компьютеров. NIST (Национальный институт стандартов и технологий США) объявил, что в 2025 г. первые три таких алгоритма будут готовы к массовому использованию.

Следователи комитета сената США по внутренней безопасности и правительственным делам обнаружили, что в российской армии продолжают использовать американские технологии, несмотря на введенные санкции, заявил глава подкомитета группы по расследованиям сенатор-демократ от штата Коннектикут Ричард Блюменталь. Блюменталь в этом году побывал на Украине, где ему передали данные, фиксирующие использование 211 полупроводников, чипов и других технологий производства США в ракетах и другом военном оборудовании России. По словам сенатора, за производство 87 из этих компонентов отвечают четыре ведущие американских технологических компании: AMD, Analog Devices (ADI), Intel и Texas Instruments.

Объем оборонного рынка США оценивается в 617,29 млрд долл. в 2024 г. и, как ожидается, достигнет 651,16 млрд долл. к 2032 г., при этом среднегодовой темп роста составит 0,67% в течение прогнозируемого периода (2024–2032 гг.). В Соединенных Штатах военные расходы считаются вторым по величине ассигнованием в федеральном бюджете после социального обеспечения. Расходы страны на оборону превышают совокупные расходы на оборону таких стран, как Китай, Саудовская Аравия, Россия, Великобритания, Индия, Франция, Япония, Германия и Южная Корея. Ожидается, что растущие инвестиции в разработку передовых технологий, таких как технологии аддитивного производства для бронежилетов, оружия направленной энергии и искусственных технологий для поддержки вооруженных сил, предоставят возможности для будущего роста. В течение прогнозируемого периода сегмент ВВС переживет значительный рост на оборонном рынке США благодаря различным планам закупок для замены устаревших боевых самолетов и новых беспилотных летательных аппаратов. ВВС США – самые мощные и сильные военно-воздушные силы в мире. Благодаря крупным инициативам в области закупок, а также перспективным планам ВВС США спрос в сегменте ВВС оборонного рынка США будет расти значительными темпами в течение прогнозируемого периода. На рынке есть несколько игроков, которые поддерживают оборонный рынок США. Тем не менее Lockheed Martin Corporation, The Boeing

Company, Raytheon Technologies Corporation, General Dynamics Corporation и Northrop Grumman Corporation являются некоторыми игроками, которые, по всей вероятности, будут владеть значительной долей.

Школа летчиков-испытателей ВВС США и Агентство перспективных исследовательских проектов Пентагона (DARPA) объявили о прорыве в области внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в боевой авиации. Об этом сообщается на сайте базы ВВС США «Эдвардс». В подтверждение своих слов ВВС США и DARPA сообщили, что их разработки стали финалистами премии Роберта Коллиера – престижной награды, вручаемой за инновации в аэрокосмической индустрии. Разработчики заявили, что менее чем за год они прошли путь от начальной установки ИИ в бортовые системы X-62A до первых тестовых сражений искусственного интеллекта и живых пилотов. В тестовых воздушных боях ИИ, находившийся на борту X-62A VISTA, сражался против пилотируемых самолетов F-16 в небе над базой «Эдвардс». При этом тестировались как оборонительные маневры, так и атаки, при которых самолеты сближались друг с другом на расстояние до 600 м на скорости 1930 км/ч. «На протяжении десятилетий обсуждался потенциал автономного боя в воздухе, но реальность оставалась далекой мечтой до настоящего момента, – заявил министр ВВС США Фрэнк Кендалл. – В 2023 г. X-62A преодолел один из важнейших барьеров в боевой авиации». Сообщается, что Кендалл вскоре совершит полет на X-62A VISTA, чтобы лично стать свидетелем использования ИИ искусственного интеллекта в смоделированной боевой обстановке в ходе предстоящих испытаний на базе «Эдвардс». В сообщении ВВС говорится, что в боевой авиации машинное обучение исторически было запрещено из-за высоких рисков. Подчеркивается, что пилоты X-62A имеют на борту возможность отключения ИИ, однако прибегать к этой функции им пока не приходилось.

Опубликован ежегодный рейтинг лучших вузов мира QS World University Rankings за 2024 г. – и половина первых мест в первой десятке досталась Европе. Ежегодная оценка, которая проводится уже 20-й год, основывается на анализе 17,5 млн научных работ и экспертных мнениях более 240 тыс. преподавателей и работодателей со всего мира. Первое место в рейтинге уже 12-й год подряд занимает Массачусетский технологический институт (MIT) в Кембридже (США), получивший наивысший общий балл 100. Кембриджский университет (Великобритания) занял второе место с 99,2 баллами,

а его местный конкурент Оксфордский университет – третье место с 98,9 баллами. Четвертым в рейтинге стал Гарвардский университет с результатом 98,3 балла, пятым – Стэнфордский университет с 98,1 балла.

Microsoft выпустила новую модель искусственного интеллекта Phi-3 Mini. Новинка имеет 3,8 млрд параметров и обучалась на сокращенном наборе данных по сравнению с объемами, используемыми для больших языковых моделей, таких как GPT-4. Phi-3 Mini уже доступна пользователям на платформах Azure, Hugging Face и Ollama. Интересно, что она не уступает по производительности моделям, которые в 10 раз больше нее. Кроме Phi-3 Mini Microsoft планирует выпустить модели Phi-3 Small и Phi-3 Medium с 7 и 14 млрд параметрами соответственно. Они определяют количество сложных инструкций, которые модель может обрабатывать. Компания выпустила Phi-2, показавшую результаты, сопоставимые с более крупными моделями, например, с Llama 2. Разработчики заявляют, что Phi-3 работает лучше предыдущей версии, предоставляя ответы, которые может дать модель в 10 раз больше её. Эрик Бойд, корпоративный вице-президент по AI платформам Microsoft Azure, утверждает, что Phi-3 Mini по своим возможностям сравнима с такими БЯМ, как GPT-3.5, но гораздо компактнее. По сравнению с более крупными аналогами маленькие ИИ-модели часто оказываются дешевле в эксплуатации и эффективнее работают на смартфонах и ноутбуках.

Microsoft также разработала модель Orca-Math, которая специализируется на решении математических задач. Сейчас компания формирует отдельную команду для разработки малых и легких ИИ-моделей. Конкуренты Microsoft также интересуются этой нишей: они разрабатывают маленькие нейросети для конкретных задач, таких как создание чат-ботов или помощь в программировании. Бойд объясняет, что обучение Phi-3 основывалось на «учебном плане», вдохновлённом детскими сказками, которые обычно читают на ночь, – это книги с простым языком и структурой предложений, но обсуждающие важные темы. Для обучения Phi-3 разработчики использовали более чем 3000 слов, и создали дополнительные детские книги с помощью больших языковых моделей. Малая модель продолжает развивать умения, полученные предыдущими версиями: если Phi-1 была сфокусирована на программировании, а Phi-2 освоила логическое мышление, то Phi-3 улучшила обе эти способности. Несмотря на наличие общих знаний, семейство моделей Phi-3 не может сравниться по масштабу с GPT-4 или другими большими

языковыми моделями, но им это и не нужно: оно призвано выполнять простые задачи на личных устройствах пользователей.

Intel Labs представила новую нейроморфную компьютерную систему Hala Point, которую можно считать самой крупной в мире. Ее установили в Национальной лаборатории Сандия, расположенной в Нью-Мексико. Она имитирует работу человеческого мозга при обработке информации и должна помочь обучать ИИ. Отличительные особенности системы – способность обрабатывать информацию в 50 раз быстрее при энергозатратах в 100 раз меньше по сравнению с традиционными вычислительными системами. Нейроморфные компьютеры, в отличие от традиционных, используют искусственные нейроны и синапсы, позволяющие выполнять множественные операции одновременно. Hala Point может проводить до 20 квадриллионов операций в секунду, потребляя при этом до 2600 Вт энергии. Это делает его сопоставимым с бытовыми приборами по энергопотреблению. «Вычислительная стоимость современных моделей искусственного интеллекта растет неустойчивыми темпами. Отрасли нужны принципиально новые подходы, способные к масштабированию», – сказал Майк Дэвис, директор лаборатории нейроморфных вычислений в Intel Labs.

Процессоры Intel Loihi 2, лежащие в основе Hala Point, позволяют системе поддерживать до 1,15 млрд искусственных нейронов и 128 млрд синапсов, что приблизительно соответствует мозгу совы или маленькой обезьяны. Исследователи из Национальной лаборатории Сандия планируют использовать Hala Point для решения сложных задач в областях физики устройств, компьютерной архитектуры и информатики. Крейг Виньярд, руководитель группы Hala Point, отметил, что работа с этой системой расширяет возможности лаборатории в сфере вычислительного и научного моделирования. Intel заявляет, что поделится Hala Point со сторонними исследователями для дальнейшего совершенствования технологии нейроморфных вычислений. В ближайшие годы технологический гигант намерен превратить нейроморфные компьютеры из прототипов во флагманские коммерческие продукты.

Ученые из Японии и США раскрыли физический механизм, объясняющий, почему так называемые дефекты, пустоты или вкрапления чужеродных атомов внутри листов двумерного нитрида бора способны вырабатывать одиночные фотоны с очень широким спектром свойств. Это открытие позволит создать новые типы квантовых однофотонных излучателей, сообщила пресс-служба Городского

университета Нью-Йорка (CUNY). «Когда коллеги начали изучать эти дефекты, их замеры показали, что эти структуры излучают фотоны с разными свойствами и энергиями. <…> Нам удалось объединить эти предположительно несовместимые результаты замеров. Если говорить образно, то эти разнородные частицы света оказались разными нотами на одном и том же листе музыки», – пояснил профессор CUNY Габриель Гроссо, чьи слова приводит пресс-служба вуза. Ученые совершили это открытие в ходе опытов с гексагональным нитридом бора (hBN), одной из форм двумерных материалов. Этот материал необычным образом преломляет свет, а также вырабатывает одиночные частицы света в очень узких полосах длин волн и энергий при наличии в нем различных точечных дефектов.

Это свойство делает hBN одним из самых перспективных квантовых материалов, однако его использованию мешало то, что ученые не понимали, как именно возникают одиночные фотоны внутри двумерных листов нитрида бора. Эта проблема осложнялась тем, что большое число экспериментов, проведенных разными группами физиков, указывали на очень разные свойства частиц света, возникающих в схожих по свойствам дефектах. Американские и японские ученые обнаружили, что эти разночтения являются не ошибками замеров, а следствием взаимодействий между особыми гармоническими колебаниями и определенными типами химических связей между атомами бора и азота, которые непосредственно связаны с формированием одиночных частиц света. Как объясняет профессор Гроссо, эти колебания заставляют связи вырабатывать фотоны на разных энергиях и длинах волн подобно музыкальным нотам в разных октавах. Как отмечают исследователи, понимание этого механизма выработки одиночных частиц света позволит создать новые квантовые приборы, использующие гексагональный нитрид бора в качестве источника одиночных частиц света с четко заданными свойствами. Это откроет дорогу для применения двумерных материалов в качестве основы для квантовых систем связи и вычислительных машин, подытожили физики.

Источники одиночных фотонов представляют собой один из самых важных компонентов квантовых вычислительных устройств и систем шифрации данных. Подобные излучатели и датчики частиц необходимы для передачи информации между отдельными компонентами квантового компьютера, а также они используются в работе квантовых сенсоров, в различных научных приборах и в телекоммуникационной отрасли. За последние годы физики

и инженеры разработали большое число высококачественных излучателей одиночных фотонов. Все они имеют один общий недостаток – для их работы необходим внешний источник лазерного излучения, обладающий достаточно крупными размерами. Сейчас ученые пытаются решить эту проблему при помощи двумерных материалов, способных вырабатывать одиночные фотоны без внешнего источника излучения.

Американские ученые создали компактную установку, способную разогреть плазму до температуры в 37 млн кельвинов путем пропускания сверхсильного электрического тока через сверхтонкий шнур из плазмы. Разработка упростит создание термоядерных реакторов, сообщили в пресс-службе научного стартапа Zap Energy. «Проведенные нами опыты показывают, что данная технология разогрева плазмы обладает потенциалом для запуска реакций термоядерного синтеза с положительным энергетическим выходом. Даже при очень большой силе тока шнур плазмы продолжал сжиматься и разогреваться до очень высоких температур благодаря стабилизирующему воздействию сдвиговых потоков внутри плазмы», – пояснил главный научный сотрудник Zap Energy Ури Шумлак, чьи слова приводит пресс-служба стартапа.

Исследователи уже много лет работают над созданием альтернативных систем разогрева плазмы для термоядерных реакторов, чья работа основывается на так называемом «пинч-эффекте»: самопроизвольное сжатие тонкого шнура из плазмы под действием магнитных полей, которые возникают при движении сильного электрического тока через этот набор заряженных частиц. Ученые уже много десятилетий пытаются приспособить этот феномен, возникающий в природе во время мощных разрядов молний, для разогрева водородного топлива в термоядерных реакторах. До настоящего времени этому мешало то, что полученная подобным образом плазма живет очень недолго и нагревается до относительно низких температур из-за быстро растущей нестабильности.

Недавно физики обнаружили, что эту дестабилизацию плазменного шнура можно предотвратить, если создать внутри него сразу несколько потоков материи, движущихся с разной скоростью. Опираясь на эту идею, Шумлак и его коллеги создали компактную установку, которая способна разогревать плазму до температур, при которых ядра двух тяжелых изотопов водорода, дейтерия и трития, способны участвовать в термоядерных реакциях. Для проверки работы этой установки ученые подключили ее к ускорителю частиц

и проследили за столкновением потока заряженных частиц с плазмой для замера ее температуры, а также изучили, возникают ли нейтроны при возможных термоядерных реакциях внутри прибора. Эти опыты показали, что система разогрела плазму до температуры в 37 млн кельвинов, чего хватило для запуска термоядерных реакций между дейтерием и тритием и формирования потока нейтронов в результате их слияний. По словам исследователей, успешное завершение этих опытов открывает дорогу для создания новых типов термоядерных реакторов в дополнение к уже существующим токамакам, стеллараторам и системам инерциального термоядерного синтеза. Как надеются ученые, эти установки будут значительно более компактными и дешевыми, чем существующие системы, сопоставимые по размерам с крупными заводами и спортивными стадионами.

Исследователи США разработали иммунотерапию, позволяющую локализовать убивающие раковые клетки цитокины в опухолях и повысить эффективность лечения. Исследователи из Политехнического университета Вирджинии разработали иммунотерапию для безопасной доставки в раковые клетки цитокинов – небольших белковых молекул, которые активируют иммунную реакцию. Цитокины – мощное и очень эффективное средство для стимулирования иммунитета для уничтожения раковых клеток. Проблема в том, что они настолько сильны, что, свободно перемещаясь по организму, они активируют каждую встреченную иммунную клетку, что может вызвать сверхактивный иммунный ответ и потенциально смертельные побочные эффекты, – Ронг Тонг, соавтор исследования. Исследователи разработали метод, который гарантирует, что цитокины локализуются внутри опухолей, сохраняя при этом структуру молекул и уровни их реактивности. Ученые использовали свой опыт для создания специализированных частиц разного размера, которые способствуют точной доставке лекарств. Эти микрочастицы созданы таким образом, чтобы оставаться локализованными внутри опухоли после введения в организм.

Для терапии ученые прикрепили цитокины к этим новым микрочастицам, ограничивая вред активных молекул для здоровых клеток. При этом закрепленные на частицах биомолекулы сохраняют возможность запускать иммунную систему и рекрутировать иммунные клетки для атаки раковых. Ученые объединили новый метод стимуляции иммунитета с одобренной терапией антителами, которая реактивирует подавленные опухолью иммунные клетки. В исследовании в пробирке и на животных моделях новая терапия показала

эффективность для лечения разных типов рака. Исследователи планируют клинические испытания для подтверждения эффективности и безопасности лечения.

Гендиректор Meta* Марк Цукерберг сообщил, что компания работает над технологией, которая позволит пользователям управлять устройствами с помощью сигналов мозга. В отличие от Neuralink Илона Маска, для которого требуется мозговой имплантат, технология Meta* будет неинвазивной. Нейронные сигналы будут интерпретироваться за счет электромиографии. Решение может быть интегрировано с умными очками дополненной реальности Meta Ray-Ban. Эти футуристические устройства станут доступны широкому потребителю, вероятно, в ближайшие несколько лет и позволят, например, печатать текст силой мысли. О нововведении гендиректор сообщил во время интервью с технологическим предпринимателем Роберто Никсоном. По его словам, новые смарт-браслеты будут использовать электромиографию (ЭМГ) для интерпретации нейронных сигналов, посылаемых в руку, и перевода их в команды устройства.

Компания пока находится в начале пути, поскольку ещё не выпустила первую версию устройства. Ранее Цукерберг заявил, что в ближайшие несколько лет нейробраслеты, способные считывать мозговые сигналы, могут стать доступны широкому кругу потребителей. В отличие от устройств, основанных на отслеживании жестов с помощью камер, браслеты с ЭМГ не имеют ограничений. Используя искусственный интеллект, эти гаджеты смогут подстраиваться под индивидуальные особенности каждого пользователя. С помощью нейробраслета можно будет управлять устройствами, писать тексты и выполнять другие задачи просто силой мысли.

Конец первой четверти XXI в. наглядно показал, что торпеды и противокорабельные ракеты (ПКР) – это далеко не единственные угрозы для надводных кораблей, к ним добавились беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и безэкипажные катера (БЭК) – камикадзе. Относительно малоскоростные, с лёгкой, непрочной конструкцией, зачастую имеющие небольшую боевую часть, но дешёвые, способные производиться в огромных количествах, зачастую малозаметные в инфракрасном (ИК) и радиолокационном (РЛ) диапазонах длин волн. Соответственно, возникло как минимум две проблемы в части самообороны надводных кораблей от БПЛА-камикадзе и БЭК-камикадзе.

* Деятельность Meta признана экстремистской и запрещена на территории РФ.

Первая – это то, что стоимость средства самообороны может превышать стоимость средства нападения, например, когда зенитная управляемая ракета (ЗУР) стоимостью (условно) в миллион долларов США сбивает БПЛА-камикадзе стоимостью в пятьдесят тысяч долларов. Вторая проблема – это ограниченное количество боекомплекта, например, тех же самых ЗУР на борту корабля всего несколько десятков, тогда как атакующих его дешёвых БПЛА-камикадзе может быть на порядок больше. То же самое относится и к наземным силам – у средств противовоздушной обороны (ПВО) просто не хватает ни времени, ни боекомплекта для отражения удара, наносимого БПЛА, конечно, если зона перехвата не растянута на тысячи километров, как это было в случае удара Ирана по Израилю, и в перехвате не принимают участие одновременно вооружённые силы (ВС) более чем трёх стран.

Уничтожение БПЛА-камикадзе и БЭК-камикадзе «дешёвыми» средствами поражения, например, такими, как малокалиберные скорострельные автоматические пушки и пулемёты, возможно до определённого предела, поскольку дальность их применения ограничена, и на конечном участке движения БПЛА-камикадзе и БЭК-камикадзе они просто не будут успевать расстреливать все приближающиеся цели. Пожалуй, в этом плане Иран «впереди планеты всей», имея дистанционно-управляемые модули вооружения (ДУМВ). Иран придерживается концепции массового строительства и применения БПЛА-камикадзе. В свою очередь США и их союзники идут по пути создания оружия на новых физических принципах, в частности, оружия направленной энергии. Обычно в качестве такового подразумевается лазерное оружие – и действительно, разработку наземных, корабельных и авиационных боевых лазеров ведёт множество стран и компаний.

Лазерное оружие уже начало тестироваться в реальных боевых условиях, кроме того, британское издание The Telegraph со ссылкой на заявление главы военного ведомства Великобритании Гранта Шэппса сообщило, что существует вероятность отправки на Украину боевого лазерного комплекса DragonFire, предназначенного для вооружения кораблей королевского флота и проходящего в настоящее время испытания. Однако понятие «оружие направленной энергии» одними лазерами не исчерпывается, существует ещё одно направление – микроволновое оружия, о нём мы сегодня и поговорим. Микроволновое оружие в чём-то схоже с лазерным оружием, но во многом от него отличается. Как и лазерное оружие, микроволновое

оружие не имеет физических боеприпасов, поражение цели осуществляется электромагнитным излучением, однако если лазерное оружие – это когерентное монохромное излучение оптической (чаще всего инфракрасной) области спектра, то микроволновое оружие – это электромагнитное излучение, скорее всего, миллиметрового или субмиллиметрового диапазона длин волн

Микроволновое оружие не удастся сфокусировать с такой точностью и на такую малую область, как лазерное излучение, поэтому оно в любом случае поражает некую область. Поражающее действие микроволнового оружия основано не на разрушении корпуса цели или каких-либо её рабочих поверхностей, например, рулей или двигателя/движителя, а на выводе из строя электронной начинки цели. Таким образом, «стрелять» из микроволнового оружия по неуправляемым снарядам нет никакого смысла *(в отличие от лазерного оружия, начиная с определённой мощности излучения, предположительно от 50 кВт)*. В то же время такие цели, как БПЛА, с корпусами, выполненными из пластика или композитов, могут быть весьма уязвимы для микроволнового оружия, поскольку их «нежная» электронная начинка, зачастую выполненная из коммерчески доступных компонентов, не способна выдержать воздействие микроволнового излучения. В простейшем виде микроволновое оружие может представлять собой излучатель электромагнитного излучения – магнетрон требуемой частоты и мощности, а также параболическую антенну для фокусировки электромагнитного излучения. Дальность «стрельбы» тактических образцов микроволнового оружия, скорее всего, будет ограничена несколькими километрами по причине того, что для фокусировки электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на большую дальность потребуются слишком крупноразмерные конструкции, хотя в некоторых источниках говорится о дальности порядка пяти километров.

В то же время применение параболических устройств для фокусировки микроволнового излучения требует высокоскоростных приводов наведения для сопровождения таких «юрких» целей, как малогабаритные БПЛА или БЭК, поэтому, судя по всему, разработки микроволнового оружия смещаются в сторону изделий с фазированной антенной решёткой. Именно по этому пути пошла компания Epirus – создатель микроволнового оружия Leonidas. Компания Epirus была основана в 2018 г. в США, в городе Лос-Анджелес, штат Калифорния, с целью разработки и продвижения противодронового оружия, и уже в 2020 г. была представлена система микроволнового

оружия Leonidas, выполненная на твердотельных нитрид-галлиевых элементах, с электронным наведением луча. По сути, система Leonidas использует технологии радиолокационных станций (РЛС) с активной фазированной антенной решёткой (АФАР).

В ходе испытаний в 2021 г. система микроволнового оружия Leonidas сбила все 66 из 66 запущенных дронов-мишеней, а в 2022 г. была представлена уже третья, усовершенствованная итерация системы. По словам Эндрю Лоури, генерального директора компании Epirus, их завод может выпускать три или четыре системы Leonidas в месяц.

Военно-морские силы (ВМС) США также ведут разработки микроволнового оружия. Под разными наименованиями программа создания микроволнового оружия идёт ещё с 1997 г., в настоящее время программа имеет название METEOR HPM (high-powered microwave – микроволновое излучение высокой мощности) – ранее программа микроволнового оружия для ВМС США носила название REDCAT. По данным из открытых источников, атаки йеменских хуситов на корабли ВМС США в Аденском заливе и Красном море, осуществляемые с помощью БПЛК-камикадзе и БЭК-камикадзе, способствовали повышению интереса к программам создания и развёртывания оружия направленной энергии. Косвенно это говорит о том, что в США понимают, что их способность по отражению атак хуситов основана на подавляющем превосходстве в количестве кораблей, самолётов и вертолётов, в случае атаки, осуществляемой более серьёзным противником, отразить удар нескольких сотен дронов, атакующих одновременно, будет крайне проблематично. Согласно открытому бюджету ВМС США на 2025 г. развёртывание первого прототипа микроволнового оружия по программе METEOR HPM запланировано на 2026 г.

Для каких целей микроволновое оружие представляет угрозу? В первую очередь это малоразмерные БПЛА, выполненные на базе коммерческих технологий, например, FPV-дроны, ставшие чуть ли не основным оружием на линии боевого соприкосновения (ЛБС) на Украине. Скорее всего, подвержены воздействию микроволнового оружия и более серьёзные изделия, например, БПЛА-камикадзе семейства «Ланцет». Вряд ли в зоне дальности поражения микроволнового оружия смогут работать БПЛА-бомбардировщики типа «Баба-Яга» – их рабочая высота составляет порядка полукилометра, и, скорее всего, они окажутся в зоне досягаемости микроволнового излучения. Можно предположить, что микроволновое оружие будет

оказывать ограниченное воздействие на высокоскоростные низколетящие боеприпасы, такие как крылатые ракеты (КР). Скорее всего, всё будет зависеть от дальности и рельефа местности, над которыми будет пролетать КР, а также где будет расположено микроволновое оружие.

Потенциально способы защиты от микроволнового оружия существуют даже для FPV-дронов, однако не все из них стоит обсуждать открыто. Но, например, для БПЛА-камикадзе большой дальности типа «Герань-2» может быть создано металлизированное покрытие, полностью исключающее проникновение микроволнового излучения через обшивку, открытым останется только небольшое пространство в верхней части корпуса, необходимое для работы приёмника сигналов ГЛОНАСС. Однако микроволновое оружие вряд ли обеспечит такой сильный и быстрый нагрев цели, чтобы полностью уничтожить-испарить металлизированное покрытие, по крайней мере, на расстоянии в несколько сотен метров и более. Поэтому условный БПЛА-камикадзе типа «Герань-2» с металлизированным покрытием корпуса, скорее всего, зону действия микроволнового оружия преодолеет и цель поразит, однако надо понимать, что на экранах радаров такой БПЛА будет виден гораздо лучше, нежели обычный, незащищённый БПЛА-камикадзе типа «Герань-2». Микроволновое оружие, как и лазерное, стремительно движется к поступлению на вооружение сухопутных войск и ВМС США, а возможно, и других стран – это фактор, который необходимо учитывать уже сейчас при разработке перспективных и модернизации существующих образцов вооружений.

Тороидальная установка, или токамак – один из ведущих методов решения задачи удержания плазмы для достижения условий управляемого термоядерного синтеза. Однако применение этого метода сталкивается с рядом проблем. Одну из них – появление краевых локализованных мод – ученые из Принстонской лаборатории физики плазмы предложили решить при помощи нового сочетания методов управления плазмой на основе двух уже существующих подходов: EECD и RMP. Оно позволяет избежать незапланированного окончания термоядерной реакции в токамаках, которое может повредить реактор. EECD, или электрон-циклотронное поддержание тока, используется в экспериментах по магнитному удержанию токов плазмы. Применение RMP, или резонансных магнитных пертурбаций, обеспечивает намеренное включение в плазму небольших, контролируемых магнитных помех. Новый метод ученых из

Принстонской лаборатории при Министерстве энергетики США объединяет их. Магнитные поля, которыми удерживается плазма внутри токамаков, напоминают веревку. RMP вплетаются в нее, создавая так называемые магнитные островки овальной формы. Как правило, они являются нежелательными элементами в плазме, поскольку, если становятся слишком большими, разрывают на части плазму. Но в экспериментальных условиях от них есть польза.

Создание в плазме резонансных магнитных пертурбаций достаточно большого размера – трудная задача. Решать ее помогает EECD, делая весь процесс более управляемым и стабильным. «Считается, что применение локализованного EECD на краях плазмы рискованное дело, потому что микроволны могут повредить компоненты камеры, – сказал Ху Цимин, ведущий автор исследования. – Мы показали, что это выполнимо, и продемонстрировали гибкость подхода. Он может открыть пути к разработке будущих устройств». Сочетание двух методов повышает стабильность и управляемость, важнейшие характеристики получения энергии реакцией термоядерного синтеза. На практике это может дать снижение стоимости производства термоядерной энергии в коммерческих устройствах, создать которые человечество стремится уже несколько десятков лет.

Инженеры Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США предложили способ, который поможет будущим поселенцам Луны и их технике противостоять опасной лунной пыли. Речь идет об электродинамическом пылезащитном экране, чем-то напоминающем работу метлы. К концу десятилетия американцы собираются снова высадиться на Луну. Астронавты попытаются сделать это во время третьей миссии **программы Artemis** («Артемида»). После 2030 г. на поверхности земного спутника NASA планирует построить лунную базу (все та же программа «Артемида») и там обосноваться. Однако, прежде чем воплотить в жизнь такие идеи, инженерам необходимо решить проблему лунной пыли. У Луны нет атмосферы, которая защищала бы ее от метеоритов. Поэтому поверхность там постоянно бомбардируют метеориты, даже относительно маленькие. Миллионы лет эти микрометеориты ударяются о поверхность, раскаляют и разбивают минеральные породы в мельчайшие частицы (пыль), до нескольких микрометров в диаметре.

Поскольку на Луне нет ни кислорода, ни ветра, ни дождей, ни рек (полноценная атмосфера там отсутствует), эти частицы «не изнашиваются» и не растворяются, из-за чего имеют острые, похожие

на стекло, грани, которые делают их чрезвычайно абразивными. Иными словами, на Луне покорители столкнутся с облаками острых осколков, способных повредить не только оборудование и технику, но и скафандры, даже проникнуть внутрь них. Напомним, в 1970-х гг., во время полетов американцев на Луну, такая проблема уже возникала: скафандры начинали понемногу терять герметичность после первого выхода, пыль наводнила посадочный модуль и создавала затруднения с дыханием у астронавтов. Кроме того, чрезвычайная «сухость» на Луне и постоянное космическое излучение формируют электростатический заряд на частицах, поэтому они прилипают к скафандрам, ботинкам, солнечным батареям и приборам. На поверхности приборов, покрытых пылью, резко возрастает поглощение солнечного излучения, что может обернуться перегревом.

Инженеры NASA и других космических агентств, в том числе частных компаний, давно пытаются найти способ, который помог бы разрешить проблему лунной пыли. Накануне специалисты американского космического агентства рассказали о своей технологии Electrodynamic Dust Shield (EDS), позволяющей обезопасить астронавтов и их технику от влияния пыли. В EDS используются прозрачные электроды для создания электрического поля, которое движется как волна. Это создает неравномерное поле вокруг статически заряженных пылинок, которое заставляет частицы двигаться так, будто их метет невидимая метла. EDS может поднимать и удалять статически заряженные частицы с поверхностей различных предметов – от радиаторов, солнечных панелей и объективов камер до скафандров, ботинок и шлемов.

Специалисты NASA протестировали свою технологию в вакуумной камере с имитацией лунной пыли, а после отправили на МКС для испытаний на орбите. Отметим, что EDS уже применяли в полевых условиях – во время миссии IM-1 по доставке посадочного модуля Nova-C на поверхность Луны. Эта технология защищала от пыли линзы отделяемой камеры EagleCam, которая была успешно сброшена с посадочного аппарата Odysseus частной американской компании Intuitive Machines. В NASA надеются, что после всех испытаний EDS можно будет применять в пилотируемых миссиях программы «Артемида» для защиты приборов и скафандров астронавтов. В агентстве подчеркнули, что эта технология годится не только для использования вне среды обитания, но и внутри баз, машин

и другой техники. По мнению ряда специалистов, EDS пока лучшее, что есть у ученых для борьбы с лунной пылью.

Инженеры из США разработали инновационный метод 3D-печати VIPS-3DP, обещающий сделать аддитивное производство дешевле. Технология позволяет изготавливать объекты из одного или нескольких материалов, в том числе из металлов, экономичнее и проще по сравнению с современными аналогами. Разработчики – специалисты Университета Флориды – назвали свое изобретение «индуцированной паром трехмерной печатью с разделением фаз». Она основана на особых, экологически чистых полимерных «чернилах», в которые могут быть добавлены частицы металла или керамики. При печати в зону печати выделяется нерастворяющий пар, от которого жидкий компонент чернил застывает, превращаясь в твердое тело. Процесс этот позволяет инженерам печатать объекты из различных видов материалов с разным, заданным уровнем пористости. Созданные таким методом изделия будут востребованы в медицине и аэрокосмической промышленности. «Это многообещающий способ производства металлических изделий, требующих различного уровня пористости, – сказал Марк Сол-Грас, один из исследователей. – Хороший пример – искусственная костная ткань. Мы можем напечатать имплант с подходящей пористостью, чтобы он мог образовать одно целое с расположенными вокруг человеческими клетками». Помимо того, что метод VIPS-3DP требует меньше вложений в инфраструктуру, он расходует меньше электроэнергии и не использует материалы, загрязняющие окружающую среду. Изобретатели уже запатентовали свою технологию и получили финансирование от федеральных агентств, в частности, Национального научного фонда и Министерства энергетики США.

Это небольшая часть американских исследований и разработок, выполненных только в апреле 2024 г.

2.5. Наука и техника Индии на современном этапе

Индия будет продвигать «человекоцентричную глобализацию» и помогать решению глобальных социально-экономических вызовов на саммите лидеров стран – участниц группы в Дели 9-10 сентября. Об этом журналистам в Дели 14 августа заявил главный координатор по подготовке саммита G20 Харш Вардхан Шрингла. С аналогичной позицией выступил и шерпа Индии в G20 (доверенное лицо премьера страны Нарендры Моди в группе) Амитабх Кант, который подчеркнул, что на саммит позвали как «специальных гостей» лидеров

Бангладеш, Маврикия, Нигерии, Нидерландов, Испании, Омана и Сингапура, «демонстрируя различные экономики» по уровню развития и географическому положению, что отвечает индийскому лозунгу саммита «Одна земля – одна семья – одно будущее». «Геополитические проблемы будут обсуждаться не через декларации. G20 – это форум для стимулирования развития. «Мы собираемся фокусироваться на глобальном экономическом росте. В декларации мы ожидаем отражение оптимизма, надежды, она будет очень инклюзивной и амбициозной», – заявил Кант, не уточнив, означает ли это наличие или отсутствие упоминания российско-украинского конфликта в финальном документе. В отличие от прошлых саммитов, отметил оперативный секретарь оргкомитета саммита в Дели Муктеш Пардеши, мероприятия будут сконцентрированы не вокруг столицы, а распределены в 60 местах в 28 штатах и территориях страны, самая дальняя из которых находится на Андаманских островах ближе к Юго-Восточной Азии, нежели к Дели. Это отвечает той идее, что Индия является «самой большой демократией в мире».

Научно-технологическое развитие является стратегически важным направлением политики Индии, так как наука и технологии рассматриваются в качестве одного из значимых инструментов для решения социально-экономических задач, стоящих перед страной. В этом контексте все более существенную роль играет научная коммуникация, причем не только как способ информирования населения страны о последних достижениях в сфере НИОКР, но и как средство формирования критического мышления у общества. В 1946 г. в своей книге «Открытие Индии» Неру впервые использовал термин «стремление к науке» (англ. – scientific temper), под которым он понимал «поиски истины и новых знаний, отказ принять что-либо без проверки и без испытания, способность менять прежние выводы перед лицом новых фактов, доверие к установленному факту, а не к предвзятой теории, жесткая дисциплина». Несмотря на то что научная коммуникация и продвижение стремления к науке упоминаются в нормативно-правовых документах, регулирующих развитие в области науки и технологий, в отличие, к примеру, от Китая, в Индии до сих пор не существует отдельного правового акта, закрепляющего политику страны в данной конкретной области, а этим понятиям не даны официальные определения. Развитие научной коммуникации является важной составной частью стимулирования науки, технологий и инноваций в Индии и содействия этому. С учетом внутренней специфики Нью-Дели создали обширную нормативно-правовую

базу и интегрированную систему, способствующие продвижению научной коммуникации. При этом страна сталкивается как со схожими вызовами в ходе реализации поставленных задач (многочисленное население, неравномерность экономического развития), так и с проблемами, имеющими национальную специфику (высокий уровень неграмотности и др.). Несмотря на ряд трудностей, благодаря комплексному подходу и значительному финансированию, научная коммуникация в Индии бурно развивается и вносит неоценимый вклад в процветание Азиатского региона.

Университеты Индии уступают по основным параметрам вузам Китая и ряда арабских стран (табл. 2.2). Поэтому многие граждане Индии предпочитают получать образование в англоязычных странах.

Таблица 2.2

Численность студентов в университетах Индии

Уровень	Учебное заведение	Количество студентов в эквиваленте полной занятости	Количество студентов на одного сотрудника	Количество иностранных студентов, %	Соотношение женщин и мужчин
201–250	Индийский институт науки	4,495	9,6	1	27 : 73
501–600	Университет Анна	12,824	13,1	1	41 : 59
501–600	Джамия Миллия Исламия	10,235	11,2	4	52 : 48
501–600	Университет Махатмы Ганди	2,045	20,5	2	60 : 40
501–600	Университет биотехнологии и менеджмента Шулини	3,251	15,3	1	47 : 53
601–800	Университет Алагаппа	5,020	15,8	0	62 : 38
601–800	Алигархский мусульманский университет	20,428	12,0	1	40 : 60
601–800	Бенаресский индуистский университет	12,620	8,0	3	43 : 57
601–800	Университет Бхаратхиар	3,887	18,2	0	62 : 38

Окончание табл. 2.2

Уровень	Учебное завыедение	Количество студентов в эквиваленте полной занятости	Количество студентов на одного сотрудника	Количество иностранных студентов	Соотношение женщин и мужчин
601–800	Индийский технологический институт Гувахати	8,157	18,0	1	24 : 76
601–800	Индийский технологический институт (Индийская горная школа), Дханбад	6,174	16,7	0	18 : 82
601–800	Индийский технологический институт Патна	2,375	18,8	1	18 : 82
601–800	Международный институт информационных технологий, Хайдарабад	1,905	18,3	7	21 : 79
601–800	Университет Джамия Хамдард	9,831	18,5	3	41 : 59
601–800	Университет Джавахарлала Неру	9,737	16,1	1	45 : 55

Индийский университет технологий Бомбей – одно из учебных заведений страны, входящее в ТОП-5 лучших вузов в национальном рейтинге. По мнению специалистов, самыми популярными для изучения направлениями считаются: «Инженерное дело и технологии», «Естественные науки», «Социальные науки и менеджмент». Однако около 41 тыс. патентов выдало Индийское патентное ведомство в текущем финансовом году (начался в апреле); это самое большое количество за всё время, заявил министр торговли и промышленности Пиюш Гоял. «Это рекорд. Самое большое количество патентов, выданных за всю историю, приходится на 2023–2024 годы», – говорит министр. Для сравнения он привел цифры десятилетней давности. В 2013/2014 финансовом году было выдано в десять раз меньше патентов – примерно 4,2 тыс. В 2022 г. количество патентных заявок, поданных индийцами, выросло почти на треть. Ранее премьер-министр Индии Нарендра Моди также оценил рекордный рост коли-

чества патентов. Он заявил, что это «выдающийся подвиг», подчеркнув, что «молодежь Индии получит большую выгоду от таких успехов».

Индия планирует развертывание более 40 SMR к 2032 г. План состоит в том, чтобы взять старую конструкцию PHWR, затем реконфигурировать и переработать ее, чтобы она была модульной, масштабируемой и отвечала стандартам безопасности после аварии на Фукусиме. Цель состоит в том, чтобы произвести 40-50 реакторов в течение 7-8 лет. Инженеры намерены перепроектировать PHWR с использованием передовых платформ 3D-проектирования, которые не были доступны четыре десятилетия назад, когда эти реакторы только разрабатывались. Корпорация ядерной энергетики Индии с ограниченной ответственностью (NPCIL) к настоящему времени построила 16 PHWR мощностью 220 МВт, две PHWR мощностью 540 МВт и две PHWR мощностью 700 МВт. Еще 14 PHWR мощностью 700 МВт находятся на различных стадиях внедрения и должны быть постепенно введены в эксплуатацию к марту 2032 г.

2.6. Наука и технологии в Канаде

Канада – вторая по величине страна земного шара, которая обладает бесконечным разнообразием ландшафтов. Красота местной природы привлекает сюда множество посетителей: живописные горы, сверкающие ледники, леса, отдаленные пляжи – все это здесь разбросано по 6 временным поясам. Экономические перспективы Канады выглядят многообещающими! Deloitte Canada и их главный экономист Дон Дежарден дают повод для оптимизма. После умеренного рецессионного периода ожидается, что Банк Канады подстегнет экономический рост за счет снижения ключевой ставки. С тройным снижением ставки вплоть до 4,25% канадцы могут ожидать уменьшения расходов по кредитам и, возможно, стимулирование производства. В то же время инфляция уже замедлилась до 3,1%, и есть надежда достичь целевого уровня в 2%.

Канада является родиной ведущих университетов мира. Согласно Times Higher Education’s World University Rankings 30 университетов Канады считаются одними из лучших в мире. Стоит отметить, что ТОП-5 лучших ВУЗов Канады практически не меняется уже несколько лет. В разные годы позиция каждого университета может быть чуть выше или ниже, но это всегда одни и те же учебные заведения.

1. Университет Торонто / University of Toronto

Университет был открыт в 1827 г., и с тех пор не устает потрясать мир. Выпускниками были 5 премьер-министров Канады, 4 иностранных лидера и 10 обладателей Нобелевской премии. Университет является самым важным научно-исследовательским учреждением Канады, и завоевал международную репутацию за свои исследования. Здесь преподают высококлассные профессора, многие из которых удостоены международных наград. Университет Торонто предлагает более 700 программ (бакалавриат) в сферах гуманитарных и общественных наук, здравоохранения, физики и математики, коммерции и менеджмента, компьютерных технологий, инженерии, кинезиологии и физкультуры, музыки и архитектуры. Также университет предлагает более 200 магистерских и докторских программ. Рейтинг в мире – 18-е место.

2. Университет Британской Колумбии / University of British Columbia

Самый старый университет в провинции, Университет Британской Колумбии (UBC) является также одним из самых конкурентоспособных в Канаде. Состоит из двух кампусов – это Университет Британской Колумбии Оканаган и Университет Британской Колумбии Ванкувер. Основной кампус находится в Ванкувере недалеко от нескольких пляжей, и может похвастаться красивым видом на горы. На территории кампуса есть ботанический сад и Центр исследований растений с коллекцией из более чем 8 тысяч различных видов. Сотрудники, преподаватели, выпускники университета Британской Колумбии получили 8 Нобелевских премий и 65 олимпийских медалей. Среди выпускников – три премьер-министра Канады. Рейтинг в мире – 37-е место.

3. Университет Макгилла / McGill University

Университет Макгилла – государственный исследовательский университет, расположенный во франкоязычной провинции Квебек в городе Монреаль. Это старейший и известнейший университет Канады. Благодаря новейшим технологиям и инновационным исследовательским программам Университета, получившим мировое признание, здесь ежегодно увеличивается число лучших профессоров и студентов. К университету относится 73 исследовательских институтов, 6 госпиталей-филиалов и сеть из 17 библиотек. Университет

известен своей активной научной деятельностью. Это единственное канадское учреждение, представленное на World Economic Forum's Global University Leaders Forum, в котором принимают участие 26 ведущих университетов мира. Рейтинг в мире – 44-е место.

4. Университет Макмастера / McMaster University

Университет Макмастера – ведущее научно-исследовательское учебное заведение Канады. Основная территория ВУЗа расположена на западе города Гамильтон, провинция Онтарио, по соседству с жилым районом Westdale и Королевским ботаническим садом. Наиболее сильными направлениями Университета Макмастера являются медицинские науки, инженерные дисциплины и ядерная физика. Университет имеет собственный ядерный реактор (McMaster Nuclear Reactor). ВУЗ также славится разработками в медицине, биохимии, генетике, инженерии. Инженерный факультет Университета является одним из наиболее престижных факультетов в Канаде. Его эмблема – огненный шар (fireball) является предметом особой гордости выпускников-инженеров. Рейтинг в мире – 80-е место.

5. Монреальский университет / University of Montreal

Университет открыт в 1878 г., и с тех пор стал своеобразной «кузницей кадров» для правительства провинции Квебек. ВУЗ активно ведет исследовательскую и научную деятельность, признан одним из основных работодателей региона. Главный кампус университета находится на склоне горы Мон-Руаяль. Знаменитая башня была построена в стиле ар-деко в XX в. Преподавание в университете ведется на французском языке. Монреальский университет предлагает более 650 программ всех уровней обучения, и ежегодно выдает около 3000 дипломов магистров и докторов наук. Десять премьер-министров провинции Квебек являются выпускниками университета, в дополнение ко многим другим правительственным чиновникам, которые получили образование в Монреальском университете. Рейтинг в мире – 88-е место.

Среди других ведущих университетов в Канаде – Университет Альберты (University of Alberta), Университет Ватерлоо (University of Waterloo), Университет Оттавы (University of Ottawa), Университет Западного Онтарио (The University of Western Ontario) и Университет Калгари (University of Calgary).

Электрические воздушные такси, революция электромобилей, сверхскоростной интернет и многое другое отличает новые технологии в Канаде. Канаду ожидает множество новых блестящих технологий: дроны для доставки грузов, молниеносный интернет и гиперпетля, которой позавидует Элон. В июле прошлого года интернет разразился коллективным восхищением по поводу самых четких из когда-либо полученных изображений новорожденных звезд, сделанных космическим телескопом «Джеймс Уэбб». Канадское космическое агентство внесло ключевой вклад в создание этого инструмента стоимостью 10 млрд долл.: датчик точного наведения, который фокусируется на объектах, а также устройство для получения изображений в ближнем инфракрасном диапазоне и бесщелевой спектрограф, которые могут дать представление о галактиках через несколько минут после их рождения. NASA регулярно выкладывает новые ослепительные фотографии на общедоступный аккаунт Flickr, и некоторые астрономы даже считают, что вскоре мы обнаружим доказательства существования инопланетной жизни.

В прошлом году сотрудники компании Drone Delivery Canada в Вогане, Онтарио, производили доставки грузовых посылок беспилотниками из международного аэропорта Эдмонтона. Используя короткий маршрут между операционным центром аэропорта EIA и площадкой в соседнем округе Ледук, беспилотники доставляли грузы – 4,5-килограммовые пакеты в две близлежащие транспортные компании, которые далее доставляли товары в конечные пункты назначения. Эти испытательные полеты могут в конечном итоге стать постоянным решением для цепи поставок Канады, ускоряя доставку и сокращая выбросы. Национальный исследовательский совет финансирует дополнительные исследования по беспилотной доставке, федеральное правительство приступило к реализации плана, а муниципалитеты (например, Ватерлоо, Онтарио) стремятся как можно скорее создать свои собственные маршруты.

Канада планирует получить свой собственный **высокоскоростной ваакумный поезд (hyperloop)**. FluxJet, созданный транспортно-технологической компанией TransPod из Торонто, обещает перевозить пассажиров между Калгари и Эдмонтоном в капсулах, левитирующих в вакуумной трубе на магнитах со скоростью до 1 000 км в час. Поездка займет всего 45 минут и будет стоить на 44% дешевле, чем билет на самолет. Это один из признаков того, что недалекое будущее может напоминать эпизод из «Пятого элемента»: электрические воздушные такси могут появиться в Монреале уже

в 2026 г. Квебекский производитель аэрокосмических и авиационных компонентов Vertiko Mobility заключил партнерство с техасским авиастроителем Jaunt Air Mobility, чтобы доставить 70 своих самолетов eVTOL (или электрических самолетов вертикального взлета и посадки) в Квебек. Каждое транспортное средство вмещает одного пилота и четырех пассажиров, имеет запас хода 195 км и напоминает смесь вертолета и турбовинтового самолета.

Одной из главных проблем бума электромобилей является поиск источников труднодоступного сырья (например, лития), необходимого для производства батарей. В настоящее время Китай доминирует в цепочке поставок редкоземельных металлов – и Оттава, и Вашингтон считают, что ситуация изменится с предстоящим открытием Североамериканского литиевого проекта, шахты в Квебеке к северо-западу от Монреаля. Потенциальные технологические достижения правительство Канады связывает с научными разработками как университетов своей страны, так и кооперацией с университетами многих стран. В Канаде построят первый в мире микромодульный ядерный реактор. Установку разработала компания Global First Power. Местом строительства выбрали исследовательский центр Canadian Nuclear Laboratories (CNL) в деревне Чок-Ривер, а в будущем компания хотела бы питать энергией удаленные регионы на севере страны.

На выставке CES представили медицинское зеркало Magic Mirror для использования в поликлиниках, аптеках и фитнес-центрах. Канадская компания NuraLogix представила на Международной выставке потребительской электроники (CES) в Лас-Вегасе «умное зеркало» MagicMirror («магическое зеркало»), предназначенное для оценки психического и физического здоровья. Устройство не собирает личные данные пользователей и не требует ввода данных, но на основе анализа изображения оценивает риски развития различных заболеваний. В основе разработки запатентованная технология компании, которая уже применяется в мобильном приложении Anura. Устройство анализирует кровоток на лице, чтобы проверить жизненно важные функции, такие как артериальное давление, и оценить риск сердечных заболеваний. Оно также «угадывает» возраст на основе снимков кожи и определяет, насколько пользователь подвержен стрессу.

Чтобы начать использовать MagicMirror, достаточно сесть перед зеркалом и ненадолго зафиксировать лицо в овальной области на экране на 30 секунд, следуя подсказкам от устройства, пока зеркало

сканирует изображение. Устройство не снимает видео, компания использует собственную технологию трансдермальной оптической визуализации – фотоплезмитография автоматически распознает лицо и определяет ключевые области для анализа кровотока. Собранные обезличенные данные передаются в облачное хранилище, где ИИ сопоставляет собранную информацию с данными, использованными при обучении модели. По словам представителей компании, это позволяет получить более 100 параметров здоровья. Например, устройство определяет давление, индекс массы тела, подверженность стрессу, нарушение метаболизма, риски развития депрессивных и тревожных расстройств, инсульта, гипертонии, диабета и других заболеваний. Представители компании заявляют, что по крайней мере на первом этапе зеркало не будет продаваться потребителям для использования дома. Устройство предназначено в качестве дополнительного способа скрининга здоровья для установки в спортивных залах, клиниках или на предприятиях.

Многие двустворчатые синтезируют биссус – тонкие белковые нити, похожие на шелк. С их помощью моллюски, например, дрейссены крепятся ко дну и камням. Новое исследование посвящено уникальному белку «шелка» этих двустворок: его химическому составу, физическим свойствам и появлению в ходе эволюции. Двустворчатые – это своеобразный класс моллюсков, которые в ходе эволюции стали вести малоподвижный образ жизни внутри прочной раковины. Они способны производить жемчуг, а некоторые – еще и тонкие белковые нити, которые похожи на шелк и называются биссусом. Любопытно, что биссус одной из морских двустворок раньше использовали для того, чтобы ткать дорогую одежду из «морского шелка». Такой «шелк» очень прочен и используется моллюском для закрепления на твердых поверхностях вроде камней или дна. Его синтезирует особая железа, которая расположена на единственной ноге животного. «Шелк» моллюсков состоит из белка, но его химический состав сильно варьируется: он может состоять из креатина, полифенольных или других белковых молекул.

Большая часть того, что мы знаем о биссусе, относится к морским видам двустворчатых вроде мидий. Поэтому учёные решили изучить «шелк» обитателей пресных вод – дрейссен (Dreissenidae). Это тем более важно, что дрейссены представляют собой инвазивные виды, которые активно захватывают озера и реки Северной Америки. Ученые сочетали методы спектроскопии, рентгеноструктурный анализ и протеомику, чтобы узнать химический состав и структуру

биссуса дрейссен. Белок в его основе оказался уникальным: он состоит главным образом из структурных единиц, которые называют кристаллиновыми бета-листами, и они характерны для белка паучьего шелка. При этом исходно в ноге дрейссены синтезируется другой белок, имеющий структуру типа спиральной катушки (coiled coil). Более того, он оказался самым крупным из известных белков соответствующей группы. Далее этот белок-предшественник меняет свою структуру из-за механического воздействия (процессинга) и лишь затем превращается в тот, что похож на белок паука. В дальнейшем он и помогает моллюску закрепиться на дне. Не менее удивительно происхождение уникального белка дрейссен. Учёные из Канадского университета Mc Gill полагают, что им моллюски обязаны бактериям. Примерно 12 млн лет назад кодирующий его ген попал в ДНК дрейссен путем горизонтального переноса. Механизм сплошь и рядом используют бактерии для обмена генами между собой, но изредка в нем также участвуют растения или животные. Новое исследование помогает понять, как лучше «откреплять» опасных инвазивных моллюсков и защитить от них экосистемы. С другой стороны, уникальный белок дрейссены вполне может быть использован для создания новых, прочных и устойчивых в воде материалов и биосовместимых полимеров.

Скандий – первый и единственный известный науке элемент, который остается сверхпроводящим при температуре выше 30 К. Это открытие совершили исследователи из Канады (Department of Physics, University of Saskatchewan), Китая, Японии, которые подвергли скандий давлению в 283 ГПа – примерно в 2,3 млн раза больше, чем атмосферное давление на уровне моря. Многие материалы при крайне низких температурах становятся сверхпроводниками, т.е. проводят электричество без сопротивления. Первым из них, который открыли ученые, была ртуть, которая перешла в сверхпроводящее состояние, когда ее заморозили почти до абсолютного нуля. В конце 1950-х гг. теорема БКШ (Бардина – Купера – Шриффера) объяснила этот переход, при котором электроны преодолевают взаимное отторжение и образуют «куперовские пары», которые затем беспрепятственно движутся сквозь материал. Но с конца 1980-х гг. появился новый класс сверхпроводников, которые теорема БКШ объяснить не могла. У них критическая температура выше точки кипения жидкого азота (77 К) и они не были металлами. Это диэлектрики с оксидами меди. Они заронили надежду на достижение сверхпроводимости при еще более высоких температурах.

В поисках такого сверхпроводника особую роль играют элементарные материалы, облегчающие изучение сверхпроводимости. На сегодня известно около 20 элементов, достигающих сверхпроводящего состояния при давлении окружающей среды. У ниобия наивысшая температура перехода около 9,2 К. Еще 30 элементов становятся сверхпроводниками при высоком давлении. Здесь рекорд принадлежит титану – 26 К. Вернее, принадлежал. Ранее ученые уже экспериментировали со скандием и зафиксировали фазовые переходы под давлением 23, 104, 140 и 240 ГПа, получив Sc II, Sc III, Sc IV и Sc V соответственно. Однако прежде он никогда не приближался к границе между фазами Sc II и Sc III. В этот раз, однако, исследователи увеличили давление до 238 Гпа, и обнаружили критическую температуру выше 30 К в фазе V этого элемента. Результат означает, что скандий – единственный известный ученым элементарный сверхпроводник с критической температурой в диапазоне 30 К. По мнению исследователей, температуру можно поднять еще выше, если увеличить давление.

Ученые из Канады и США разработали прототип устройства для домашнего использования, способного измерять уровень глюкозы в слюне всего за 30 секунд. В нем используется биосенсор на основе электрохимического аптамера. Эти аптамеры связываются с глюкозой, после чего датчик выдает электрохимический сигнал, позволяя точно измерить уровень глюкозы. Разработка может облегчить жизнь диабетикам, которым необходимы ежедневные анализы крови. Концентрации глюкозы (и некоторых других химических веществ-биомаркеров) в слюне человека пропорциональны концентрациям в его кровотоке. Но уровень глюкозы в слюне намного ниже, поэтому для его точного измерения требуется специализированное лабораторное оборудование. Исследователи из Университета Шербрука и компании Colgate-Palmolive обратились к существующему инструменту, известному как биосенсор на основе электрохимического аптамера (E-AB). Такие устройства включают в себя специально созданный участок ДНК – аптамер. Он связывается с целевым биомаркером в образце. Когда это происходит, датчик выдает измеримый электрохимический сигнал.

Обычно аптамеры, используемые в биосенсорах, недостаточно чувствительны, чтобы надежно выявлять глюкозу в слюне. Поэтому ученые повысили чувствительность аптамеров, которые уже доказали свою эффективность при измерении уровня глюкозы в крови. Эти модернизированные аптамеры установили на золотой электрод

внутри биосенсора E-AB, который впоследствии погрузили в слюну, собранную у группы испытуемых. Устройство не только быстро (всего за 30 секунд) и точно измеряло уровень глюкозы, но и поддерживало чувствительность в течение недели, пока его промывали и хранили в фосфатно-солевом растворе после каждого использования. Технологию также можно применять для обнаружения других биомаркеров с использованием различных аптамеров. По сути, ученые создали альтернативную версию устройства, которое измеряет уровень аденозинмонофосфата в слюне – биомаркера, связанного с заболеванием десен.

Исследователи из Университета Ватерлоо разработали Graph Novo, новую программу, которая позволяет более точно определить последовательности пептидов в клетках, сообщается на сайте университета (The University of Waterloo). Пептиды – это цепочки аминокислот внутри клеток, которые являются такими же важными и уникальными строительными блоками, как ДНК или РНК. У здорового человека иммунная система может верно определить пептиды нетипичных или чужеродных клеток, таких как раковые, или вредоносные бактерии, а затем направить их на уничтожение. Для людей, чья иммунная система испытывает трудности, перспективная область иммунотерапии работает над тем, чтобы переучить их иммунитет распознавать этих опасных захватчиков. «Ученые хотят более точно понять разницу в последовательности пептидов между нормальной и раковой тканью, чтобы распознать различия», – говорит Зепинг Мао, разработчик GraphNovo под руководством доктора Минга Ли. Процесс секвенирования (определения последовательности нуклеотидов в составе ДНК) особенно сложен для новых заболеваний или раковых клеток, которые ранее не анализировались. Хотя при исследовании ранее изученных заболеваний или организмов ученые могут опираться на существующую базу данных пептидов, рак и иммунная система каждого человека уникальны. Чтобы быстро составить профиль пептидов в незнакомой клетке, ученые используют метод пептидного секвенирования de novo. В результате этого процесса некоторые пептиды могут оказаться неполными или вообще отсутствовать в последовательности. Использование машинного обучения GraphNovo значительно повышает точность идентификации пептидных последовательностей, заполняя пробелы массой пептидной последовательности. Такой скачок в точности может оказаться чрезвычайно полезным в различных областях медицины,

особенно в лечении рака и создании вакцин от таких болезней, как Эбола и COVID-19.

Канадские ученые выявили связь между дефицитом полезных микроэлементов в организме в раннем возрасте и устойчивостью к антибиотикам в более зрелые годы. Исследование проведено на мышах, тем не менее специалисты считают, что оно может пролить свет на одну из причин роста антибиотикорезистентности у людей, который сегодня наблюдается по всему миру. Проблему устойчивости патогенных микроорганизмов к антибиотикам связывают с чрезмерным использованием последних. Ученые из Университета Британской Колумбии (Канада) решили подойти к проблеме под другим углом и изучили, как нехватка важнейших микроэлементов (витамина А, В12, фолиевой кислоты, железа и цинка) влияет на сообщество бактерий, вирусов и грибков, обитающих в пищеварительном тракте мышей. По данным ученых, в мире примерно 340 млн детей в возрасте до пяти лет страдают от дефицита различных питательных микроэлементов, которые не только влияют на рост организма, но и значительно изменяют микробиом кишечника. Самое интересное то, что в связи с недостаточным поступлением в организм питательных веществ таким детям зачастую назначают антибиотики. По иронии судьбы кишечный микробиом может обладать повышенной устойчивостью к препаратам из-за дефицита питательных микроэлементов.

Топливные ячейки считаются многообещающим источником «зеленой» энергии. Они могут изменить различные отрасли, включая транспортировку и производство энергии, так как генерируют электричество посредством химической реакции, при которой образуются только вода и тепло. До сих пор большинство исследований в этой области сосредотачивались на ячейках, которые используют платину как катализатор для приведения химической реакции в действие, однако платина – дефицитный и дорогостоящий ресурс. Создание коммерчески жизнеспособного продукта оказалось сложной задачей. Исследователи из Университета Западного Онтарио обнаружили, что интеграция других металлов – палладия и кобальта снижает необходимое количество платины для производства энергии и создает более стабильный катализатор для топливных ячеек. Цзун-Конг Шам, Сюэлянг Сун, Али Фейзабади и их коллеги по химическому факультету и факультету механики и материаловедения Университета Западного Онтарио использовали Канадский синхротронный источник (CLS) университета Саскачевана (USask), чтобы разработать и протестировать свой новаторский подход.

«На CLS мы успешно провели анализ новых наноматериалов в реальном времени, получив информацию о взаимодействии кислорода с платиной. Также мы многое узнали об эффективности и производительности катализатора при передаче электронов между платиной и другими металлами. Усовершенствование производительности платины и повышение устойчивости катализатора позволяет не только снизить зависимость от дефицитных и дорогих материалов, но и повысить общую эффективность и срок службы протонно-обменных мембранных топливных ячеек. Этот прорыв может сделать топливные ячейки более экономически целесообразными и экологически чистыми, способствуя более широкому внедрению технологий чистой энергии, – рассказал Али Фейзабади, член команды из Университета Вестерн. – Исследователи в восторге от результатов, полученных в ходе исследования, и от значения их работы в области коммерциализации альтернативного источника энергии. Наши исследования представляют собой значительный шаг в решении проблем в области устойчивой энергетики. Они убирают ограничения, связанные с топливными ячейками, увеличивая их эффективность, снижая расходы и улучшая экологический след. Путем смягчения этих проблем мы надеемся ускорить переход к чистой энергии и внести вклад в борьбу с изменением климата».

Исследователи (Institute for Quantum Computing, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada) **реконструировали** трехмерную структуру магнитных вихрей с помощью нейтронной томографии. Международная группа исследователей использовала нейтронную визуализацию и компьютерные алгоритмы, чтобы впервые выявить трехмерные формы и динамику скирмионов. Эти вихревые атомные магнитные структуры в объемных материалах рассматривают в качестве основных элементов электроники нового типа – спинтроники. Скирмионы возникают естественным образом в некоторых атомных решетках под воздействием магнитных и электрических свойств окружающих атомов. Скирмионы обычно имеют размер от 20 до 200 нм. В двух измерениях скирмионы принимают форму дисков, в которых магнитные поля атомов направлены в разные стороны в зависимости от их положения. Но в объемных материалах скирмионы складываются вертикально, образуя трехмерные трубки, верхушки которых могут доходить до верхней и нижней поверхностей материала. Для исследования ученые изготовили объемные образцы – кубы со стороной около 3 мм, содержащие трехмерные стопки или трубки скирмионов в решетке из кобальта, цинка и марганца.

Анализ проводили с помощью нейтронной томографии – процесса, при котором пучок нейтронов направляется на образец. Когда нейтроны сталкиваются с различными образованиями внутри решетки – в данном случае со скирмионными трубками, они рассеиваются в разных направлениях в зависимости от формы трубок в этой точке. Каждый образец помещался в магнитное поле и постепенно поворачивался на очень малые углы, создавая серию «срезов», которые объединялись с помощью алгоритма реконструкции формы для создания единого трехмерного изображения. Результат показал, как форма и распространение скирмионных трубок связаны с различными видами дефектов окружающей решетки. Трехмерные скирмионы можно использовать для обработки и хранения информации в плотно упакованной форме, которая использует на несколько порядков меньше энергии, чем современные устройства. Анализ свойств трубок, образующихся внутри материалов, позволит разработать технологии записи и обработки данных, уверены исследователи.

Канадские ученые разработали новый тип видеокамер, способный получать изображения со скоростью в несколько миллионов кадров в секунду с рекордно высоким пространственным разрешением. Подобное устройство в десятки раз дешевле уже существующих высокоскоростных камер. «Наша камера использует абсолютно новый подход для получения снимков, при этом она сопоставима по скорости работы и разрешению с коммерческими высокоскоростными камерами. Ее можно собрать из широкодоступных компонентов, и при этом стоимость такой камеры будет в десятки раз ниже, чем у ее конкурентов, цены на которые начинаются от 100 тыс.», – заявил профессор Квебекского университета Лян Цзиньян. Лян Цзиньян и его коллеги разработали новый подход для получения изображений, не требующий уменьшать временное или пространственное разрешение для достижения максимально высокой частоты кадров. Для решения этой проблемы физики воспользовались тем фактом, что свет одновременно обладает свойствами и волн, и частиц. Одной из первых в мире демонстраций этого стали опыты физиков XIX в. с дифракционными решетками, наборами из параллельных выступов и впадин или щелей, через которые пропускается луч света. Ученые выяснили, что дифракционные решетки можно использовать для того, чтобы разбивать падающий в камеру свет на отдельные кадры. Авторы работы собрали прототип высокоскоростной камеры из доступных в онлайн-магазинах компонентов, в том числе фотосенсоров

и цифровых микрозеркал для проекторов. Минимальные модификации этих составляющих превратили их в дифракционную решетку с изменяемым углом наклона линий.

Первые тесты камеры показали, что она способна получать снимки и видеоролики со скоростью в 4,8 млн кадров, не снижая при этом пространственного разрешения получаемых изображений. Используя этот прибор, ученые проследили за формированием пузыря плазмы, порождаемого столкновением сверхкороткой вспышки лазера длиной в несколько фемтосекунд (миллиардных долей микросекунды) с поверхностью воды. Также ученые изучили процесс формирования пузырей углекислого газа в газированных напитках и сняли на видео процесс разрушения клеток репчатого лука под действием вспышек того же фемтосекундного лазера. Как считают исследователи, высокая скорость и качество работы системы позволяют использовать ее в наномедицинских устройствах и при решении других сложных задач. В частности, по мнению авторов, в долгосрочной перспективе эта технология разрешт создавать не только высокоскоростные камеры, лазерных радаров. Эти приборы позволят автономным летательным аппаратам и космическим зондам и кораблям точно и быстро выявлять источники опасности, мешающие полету или посадке на Землю или другие планеты.

Ученые из Канады обнаружили, что клетки глиобластомы быстро растут и распространяются по тканям мозга благодаря «склеиванию» двух белковых молекул, EAG2 и KvB2. Это позволило исследователям создать цепочку аминокислот (пептид), которая тормозит рост опухолей, сообщила пресс-служба Детского госпиталя Университета Торонто (HSC). «Раскрытие важной роли межбелковых взаимодействий в развитии глиобластомы позволило нам создать пептид, который обладает высоким уровнем эффективности при действии на клетки всех ключевых типов данной формы рака мозга. В перспективе это дает возможность создать высокоэффективную терапию глиобластомы», – заявил старший научный сотрудник HSC Хуан Си, чьи слова приводит пресс-служба госпиталя. Ученые совершили это открытие в ходе изучения функций ионных каналов, специализированных белков, которые отвечают за передачу сигналов между клетками. Существует гипотеза, что определенные сигналы нейронов способствуют росту и распространению глиобластомы, опухоли глиальных (вспомогательных) клеток мозга. Авторы работы проследили за взаимодействиями культур клеток глиобластомы с ионами кальция, которые постоянно вырабатываются нейронами

в мозге пациентов с этой формой опухолей. Опыты указали на то, что в раковых клетках присутствовало необычно много молекул двух типов белков, EAG2 и KvB2, изначально связанных с работой не кальциевых, а калиевых ионных каналов.

Последующие эксперименты указали на то, что клетки глиобластомы вырабатывали необычно много молекул мутантной формы белка KvB2, который формировал прочную связь с EAG2 и позволял ему реагировать на кальциевые сигналы. Это нехарактерно для здоровых нейронов и вспомогательных клеток мозга. Соединение KvB2 с EAG2 вело к усилению контактов между нейронами и опухолевыми клетками и стимулировало рост опухолей. Затем ученые создали короткий пептид, который мешал этим белкам взаимодействовать друг с другом. Работу молекулы, получившей имя K90–114TAT, ученые проверили в опытах на культурах клеток различных форм глиобластомы, а также на мышах с имплантированными тканями опухоли. Последующие наблюдения показали, что появление K90–114TAT в питательной среде с раковыми клетками резко замедлило их рост и запустило процесс их массовой гибели, а инъекции этой цепочки аминокислот значительно продлили жизнь мышей. При этом ученые не обнаружили видимых побочных эффектов от введения K90–114TAT в организм грызунов, что, вероятно, связано с уникальным характером взаимодействий между белками EAG2 и KvB2 в клетках глиобластомы. Как отмечают биологи, высокая эффективность, безопасность и универсальный характер действия пептида K90–114TAT на разные типы опухолевых клеток делают его одним из самых перспективных кандидатов на роль основы для нового класса терапий от глиобластомы.

Исследователи разработали «губки» с большой площадью поверхности, которые, как паутина, постоянно улавливают влагу из окружающей среды и превращают ее в жидкость. Новая система недорога, энергоэффективна и экологична, сообщает Университет Ватерлоо. Традиционно пресную воду для потребления люди собирают из рек, озер, подземных вод и океанов (с очисткой). А вот пауки, например, добывают воду прямо воздуха – с помощью паутины, которая накапливает влагу. Похожим образом действуют и жуки пустыни Намиб: капли воды из тумана конденсируются прямо на теле жука. Ученые из Университета Ватерлоо сымитировали уникальную структуру тела жука на поверхности нового прибора для получения пресной воды. Для этого они использовали стабилизированную целлюлозой восковую эмульсию для изготовления поверхностей,

которые притягивают крошечные капли воды и быстро выделяют более крупные, – так прибор превращает накопленную влагу в жидкость.

Ученые из Канады (McGill University Health Centre, Montreal, QC,& Toronto Metropolitan University, Toronto, ON) и Мексики разработали устройство Swift Ray 1, которое подключается к смартфону и использует тепловые сигнатуры и бактериальную флуоресценцию для выявления инфицированных ран. Swift Ray 1 считается первым в мире гиперспектральным устройством, настолько компактным, что его можно положить в карман. Он может улавливать тепло, выделяемое областью повреждения, что помогает врачам отличить воспаление от инфекции. В ходе клинического исследования из 66 ран устройство посчитало 20 невоспаленными, 26 – воспаленными и 20 – инфицированными. Применив алгоритм машинного обучения, исследователи обнаружили, что гаджет идентифицировал 100% инфицированных ран и 91% неинфицированных. Устройство подключается к смартфону и работает с соответствующим приложением. Оно не только делает фотографии, но и записывает изображения инфракрасной термографии (показывают уровень тепла) и флуоресценции бактерий (заставляют бактерии светиться под воздействием ультрафиолетового света). Поскольку заживающая рана будет иметь некоторую степень покраснения, врачу бывает чрезвычайно сложно определить, когда рана перешла от обычного воспаления к потенциально серьезной инфекции. Новое устройство облегчит диагностику, как считают ученые.

Новый умный материал, разработанный канадскими учеными, активируется как теплом, так и электричеством. Это первая в мире ткань с памятью формы, которая реагирует на два разных стимула, сообщает Университет Ватерлоо. Подробно разработка описана в журнале Nano-Micro Small. Недорогая ткань содержит в себе мягкие и твердые материалы: полимерные нанокомпозитные волокна из переработанного пластика и нити нержавеющей стали. Из такой ткани можно делать согревающую одежду или, например, бамперы автомобилей, которые возвращаются к своей первоначальной форме после повреждения. Помимо тепла, ткань также можно активировать с помощью более низкого напряжения электричества, чем в предыдущих подобных системах, что делает ее более энергоэффективной и рентабельной. Более низкое напряжение позволяет интегрировать материал в более мелкие портативные устройства – например, в биомедицинские устройства и датчики окружающей среды. В будущем

разработчики планируют улучшить характеристики памяти формы ткани, чтобы ее можно было внедрять в области робототехники.

В Канаде построят первый в мире микромодульный ядерный реактор. Установку разработала компания Global First Power. Местом строительства выбрали исследовательский центр Canadian Nuclear Laboratories (CNL) в деревне Чок-Ривер, а в будущем компания хотела бы питать энергией удаленные регионы на севере страны. Правительство Канады составило список зарубежных институтов и лабораторий, связанных с организациями в России, Китае и Иране, которые могут представлять угрозу национальной безопасности Канады. Оттава не будет финансировать проекты, если эти учреждения каким-то образом к ним причастны. Таким образом Канада пытается предотвратить невозможность попадания разрабатываемых в стране современных технологий в руки геополитических соперников. Организации преимущественно расположены в Китае, но в списке также есть несколько из России и Ирана. Среди них – Национальный университет оборонных технологий Китая, различные китайские военные школы и иранский Университет Имама Хоссейна, который сосредоточен на ядерных исследованиях. Новые правила также определяют список областей исследования, которые в Канаде считают приоритетными и требуют защиты. Среди них не только современные виды вооружений, аэрокосмические и спутниковые системы, но и цифровая инфраструктура, искусственный интеллект, передовые энергетические технологии, медико-биологические разработки.

Чиновники, объявляя об ограничениях, объяснили, что в правительстве все больше опасаются, что стратегические разработки попадут в руки политических противников Канады. В частности, недавно федеральный суд отказал в получении визы для обучения в Университете Ватерлоо (провинция Онтарио) гражданину Китая, желавшему использовать полученные знания для улучшения китайской системы здравоохранения. Судья посчитал, что его действия подпадают под определение «нетрадиционного шпионажа», поскольку китайские власти могли принудить студента к такой противоправной деятельности. Год 2024 обещает быть важным и для всех, кто мечтает об иммиграции в Канаду. Экспресс-энтри, популярная программа канадской иммиграции, будет претерпевать изменения, и все желающие получить постоянное резиденство в этой красивой стране должны быть в курсе последних новостей и обновлений. Канада является одним из самых привлекательных мест для иммиграции благодаря своей толерантности, качеству жизни и обилию

возможностей. Программа экспресс-энтри предлагает простой и эффективный путь к получению статуса постоянного резидента для высококвалифицированных работников, которые могут внести ценный вклад в экономику Канады. В 2024 г. планируются изменения в экспресс-энтри, которые могут повлиять на процесс отбора и получения приглашения на постоянное резидентство. Одним из ключевых обновлений в программе Express Entry на 2024 г. является возможность приглашения иммигрантов с хорошими навыками и опытом работы в сферах, которые требуются в Канаде. Теперь программой активно поддерживается привлечение специалистов в областях информационных технологий, медицины, инженерии и других продвинутых отраслях.

2.7. Наука и технологии в странах Бенилюкса

Бенилюкс (Benelux) – это международная политическая, экономическая и таможенная организация в Западной Европе, в которую входит всего три страны, расположенные по соседству: Бельгия, Нидерланды и Люксембург. Собственно, название этого союза и было образовано из начальных букв стран-участниц. Бенилюкс: Бе (Be) – Бельгия, ни (ne) – Нидерланды и люкс (lux) – Люксембург. Численность населения – 28,5 млн чел. ВВП (номинальный): Бельгия – €425, 9 млрд, Нидерланды – €719,6 млрд, Люксембург – €52,16 млрд. ВВП на душу населения (ППС): Бельгия – €34 677, Нидерланды – €37 393, Люксембург – €77 049. Страны Бенилюкса имеют много общего, рассматриваются как особый регион Европы и представляют собой уникальную комбинацию культурного наследия, экономического развития и современного стиля жизни. Люксембург – одна из самых маленьких стран мира с общим количеством населения 580 тысяч человек. Несмотря на то, что в государстве действует только один университет, 42,86% жителей 25-64 лет имеют законченное высшее образование. Это объясняется тем, что многие люксембуржцы отправляются на обучение в соседние страны – Францию, Германию или Бельгию, поскольку занятия там проводятся практически на родных для них языках. 11 бельгийских университетов занимают передовые места в международных рейтингах. Католический университет Leuven основан в 1425 г. и находится на 76-м месте в общем рейтинге QS и 107-м в общем рейтинге CWUR, а Ghent University на 124-м.

Университет Амстердама (University of Amsterdam) – престижный вуз в Нидерландах, основанный в 1632 г. Амстердамский

университет знаменит не только своими статусами, но и выпускниками, среди которых было шесть лауреатов Нобелевской премии, семь обладателей Премии Спинозы и пять человек, которые становились премьер-министрами Нидерландов. Utrecht University на сегодня занимает 72-е место по рейтингу CWUR, опередив University of Amsterdam – 80-е место, Leiden University находится на 88-м месте, а Erasmus University Rotterdam – на 94-м. Для сравнения National Research Center «Kurchatov Institute» – 413-е место, а Novosibirsk State University – 496-е.

Ученые постоянно ищут способы справиться с глобальным потеплением, и один из самых амбициозных проектов – постройка «зонта», который прикроет нашу планету от Солнца. Идея кажется недостижимой, но люксембургские ученые утверждают, что ее можно сделать проще, если строить не один «зонт», а несколько маленьких. Проект постройки космического «зонта», который затемнил бы нашу планету и замедлил глобальное потепление, уже на стадии разработки бросает земной экономике невиданный вызов. Так, чтобы возвести конструкцию массой как минимум в 550 тыс. т (для сравнения: вес МКС, крупнейшего из построенных человеком комических объектов, – чуть больше 400 т), придется в течение десяти лет совершать как минимум 400 ракетных запусков ежегодно. Притом что в 2022 г. все страны произвели их меньше двух сотен. Однако постройку возможно облегчить, если отказаться от изначальной идеи цельного, монолитного «зонта», а вместо него запустить целый рой «зонтиков» меньшего размера. Вдобавок, поскольку основным ограничителем постройки выступает масса строительных материалов (увы, на нынешнем уровне развития космических технологий полезная нагрузка космических аппаратов составляет всего несколько тонн), ученые из Люксембургского университета предложили использовать сверхлегкий материал, состоящий из тонкой пленки и нанотрубок из диоксида кремния. Такая конструкция будет прозрачной, но свет, попадая на нее, будет преломляться и уходить в сторону, не достигая Земли. Ученые предлагают разместить рой прозрачных «зонтиков» в точке Лагранжа L1: в таком случае он будет сохранять стабильное положение.

По расчетам исследователей, для возвращения температуры Земли на доиндустриальный уровень потребуется рассеивать всего от двух до четырех процентов солнечного света, а на достижение необходимого уровня технологий уйдет до 15 лет. Хотя солнечный «зонт» действительно может обратить вспять глобальное потепле-

ние, существуют веские аргументы против подобных мегапроектов, способных повлиять на всю планету. Во-первых, все просчитать невозможно, любое моделирование неидеально: малейший просчет или неучтенный параметр – и вместо спасения планеты от перегрева мы получим глобальную засуху. Во-вторых, основная причина глобального потепления – вовсе не возросшее солнечное излучение, и человечеству нужно найти способ сократить углеродные выбросы и потребление ископаемого топлива: т.е. искать не костыль, а лекарство от болезни. Немало вопросов вызывают и экологические последствия затемнения Солнца. Даже если «зонт» остановит глобальное потепление, не окажется ли население Земли на грани новой, продовольственной катастрофы, когда сократится количество тепла и света, доступного растениям? Все эти вопросы необходимо решить прежде, чем приступить к постройке, ведь на кону – будущее планеты.

Доктор Каспарас Ракштис из Каунасского технологического университета вместе с учеными из Китая, Швейцарии, Италии, Люксембурга и Литвы создал солнечные элементы с рекордной эффективностью 21,4%. Изобретение стало возможно благодаря пассивации – методу, устраняющему дефекты перовскитных материалов и, тем самым, улучшающему их характеристики, стабильность и устойчивость к опасностям окружающей среды. Ученые синтезировали различные изомеры фенилэтиламмония для пассивации поверхности трехмерного слоя перовскита и контроля образования двумерных перовскитов. Этот процесс снижает риск нагрева солнечных элементов во время производства. Материалы, созданные химиками литовского университета, были испытаны в Федеральной политехнической школе Лозанны (Швейцария). Солнечные мини-модули из перовскита продемонстрировали КПД 21,4%. Исследования по перовскитным солнечным элементам быстро развиваются. Эти элементы представляют особый интерес для ученых из-за своей маневренности и дешевизны в производстве. По словам доктора Ракштиса, они могут стать решением проблемы изменения климата, позволив человечеству сократить выбросы углекислого газа.

Международная группа Mads Engelund (https:/Espeem S.A.R.L. Luxembourg и другие) исследователей впервые создала графеновые наноленты на поверхности полупроводников, свойства которых можно контролировать. До сих пор это было возможно только на металлических поверхностях. Графен представляет собой монослой графита и первый двумерный материал. Он породил целый класс

подобных материалов с уникальными свойствами. Больше всего исследователи ценят в графене его проводимость и легкость. В последнее время ученые начали проявлять интерес к графеновым нанолентам, так как они обладают полупроводниковыми свойствами, которые можно использовать, например, в электротехнике и компьютерных технологиях. «Именно поэтому многие исследовательские группы по всему миру сосредотачивают свои усилия на графеновых нанолентах, – объясняет один из исследователей, профессор Галле-Виттенбергского университета Константин Амшаров. – Ширина этих лент нанометрового размера не превышает нескольких атомов углерода. Их свойства определяются формой и шириной. Когда исследование графена только начиналось, мы могли получить ленты графена только с помощью разрезания более крупных полотен. Этот процесс был очень сложным и неточным». Исследователям теперь удалось упростить создание нанолент. Команда изготовила материалы по методике «снизу вверх», собирая их из атомов, а не разрушая большие по размеру структуры. Им впервые удалось получить ленты на поверхности оксида титана. До сих пор такие ленты исследователи создавали в основном на поверхности золота. Это не только сравнительно дорого, но и нецелесообразно. Проблема такого подхода заключается в том, что золото проводит электричество. Это крайне негативно сказывается на свойствах графеновых нанолент, поэтому данный метод использовался только в фундаментальных исследованиях. Однако золото в первую очередь применяется в качестве катализатора для получения этих материалов. Кроме того, такие графеновые ленты необходимо перенести с золота на другую поверхность, что довольно непросто. Новый подход, предложенный учеными, решает все эти проблемы. В новом методе в качестве подложки исследователи использовали рутил – кристаллическую модификацию оксида титана, а для синтеза – 10,10"-дибром-1',4'-дифтор-9,9':10',9"-терантрацен (DBDFTA). Соединение полимеризовали на подложке из рутила, а затем проводили циклодегидрофторирование для создания внутримолекулярных связей. В конечном итоге была получена нанолента из графена, длину и ширину которой можно контролировать в процессе синтеза.

На разработку PhoneCam инженеров вдохновили камеры, которые носят полицейские. Иногда люди ведут себя адекватнее, если знают, что их записывают на видео. Однако вытащить телефон иногда невозможно, кроме того, его легко вырвать из рук и разбить. Поэтому в бельгийской Slimdesign разработали PhoneCam как

альтернативное решение. Эта нательная камера меньше, чем прикуриватель, и ее можно носить на заметном месте на куртке или рубашке пользователя. PhoneCam оснащена широкоугольной видеокамерой, которая снимает 1080p/30 кадров в секунду, микрофоном, а также модулем 4G/5G и Wi-Fi. Если пользователь подозревает, что оказывается в опасной ситуации, он нажимает одну кнопку PhoneCam. Это переводит ее в режим ожидания, и на устройстве зажигается светодиодное кольцо. Общая идея заключается в том, что это привлечет внимание потенциального нападающего к тому, что у его жертвы есть камера. Если ситуация продолжает обостряться, пользователь нажимает кнопку во второй раз. Кольцо начинается светиться красным, и PhoneCam начинает передавать видео на облачный сервер, где оно записывается для возможного использования в суде или полицией. Кроме того, PhoneCam вызывает заранее определенный контакт на случай чрезвычайной ситуации с помощью приложения. Оно отображает прямую аудио/видеотрансляцию с Phone Cam, показывает местоположение пользователя на карте, а также позволяет контактному лицу и пользователю вести двусторонний разговор.

Желая добиться энергетической независимости и отказаться от ископаемого топлива, страны ЕС поставили себе цель вырабатывать к 2050 г. 300 ГВт из энергии морского ветра. Бельгийский проект «Остров принцессы Елизаветы» соединит расположенные в Северном море ветровые электростанции с континентом и станет новым узлом энергетической сети, которая протянется к соседним странам, Великобритании и Дании. Бельгийская энергокомпания Elia получила от властей разрешение на строительство искусственного острова. Срок его действия – два года, с марта 2024 г. по август 2026 г. Проект «Остров принцессы Елизаветы» – часть более обширной «Зоны принцессы Елизаветы», будущей морской ветровой электростанции в Северном море, приблизительно в 45 км от берегов Бельгии. Первый в мире искусственный остров-энергохранилище будет получать энергию от ветрогенераторов по подводному кабелю, превращать ее в высоковольтное электричество и отправлять на материк, в Бельгию и другие европейские страны. Внешний периметр будущего острова будет построен из бетонных конструкций на дне океана. Внутренняя часть будет заполнена песком, поверх которого возведут всю инфраструктуру. Высокая стена защитит остров от ветра, дождя и волн. Как только фундамент острова будет готов, компания Elia начнет строить небольшой порт и площадку для вертолетов,

а затем придет очередь самого главного – электрической инфраструктуры, в том числе подстанций переменного тока. Предполагается, что остров будет полностью подключен ко всем ветровым станциям и суше в 2030 г.

Исследователи из Брюссельского свободного университета создали алгоритм, который действует на основе блокчейна и позволяет вычислять, а также нейтрализовать опасных или работающих с ошибками роботов без вмешательства человека. Эксперименты, проведенные учеными из Бельгии с реальными и смоделированными роботами, показали, что каждый робот в рою (система, состоящая из множества таких машин) – член блокчейн-сети. Роботы отправляют свои оценки характеристик окружающей среды в смарт-контракт, который будет общим для всего роя. Эти оценки агрегируются смарт-контрактом, использующим их для генерирования запрашиваемой оценки характеристики окружающей среды. В смарт-контракт исследователи внедрили экономические механизмы, которые гарантируют, что хорошие (не взломанные хакерами или исправные) роботы будут вознаграждены за отправку полезной информации, в то время как вредные будут наказаны. Получившаяся экономика роботов не позволяет взломанным или неисправным машинам участвовать в деятельности роя и влиять на его поведение.

Парадоксальное свойство физики фотонов обнаружили бельгийские ученые. В статье, опубликованной в журнале Nature, они рассказали об эксперименте, который противоречит устоявшемуся представлению о феномене группировки фотонов. Эта аномалия доступна для реализации с точки зрения современной фотонной технологии и сможет изменить наше понимание многочастичных квантовых интерференций. Один из краеугольных камней квантовой физики – принцип дополнительности, сформулированный Нильсом Бором. Грубо говоря, он означает, что объект может вести себя либо как частица, либо как волна. Эти два взаимоисключающих описания хорошо иллюстрирует двухщелевой опыт: луч лазера проходит через два параллельных отверстия в пластине и падает на расположенный за ней экран. Если наблюдать за светом, частицы не образуют характерных полос на экране (интерференционная картина), а если не наблюдать – образуют. Таким образом, свет можно описать двояко: и как электромагнитную волну, и как лишенные массы частицы, перемещающиеся со скоростью света. И все это сопровождается еще одним феноменом – группировкой фотонов. Если нет способа отделить фотоны и узнать, какой траекторией они движутся

в эксперименте по квантовой интерференции, то они имеют склонность соединяться в группы. Это поведение можно наблюдать в опыте с двумя фотонами и полупрозрачным зеркалом, которое делит входящий свет на две возможных траектории: отраженного и пропускаемого света. Так называемый эффект Хонга–У–Мандела говорит нам, что два исходящих фотона всегда выходят вместе с одной стороны зеркала, как следствие волновой интерференции между их траекториями.

Эффект группировки невозможно понять с точки зрения классической физики, которая мыслит фотоны как шары, каждый из которых движется по определенному пути. Группировка становится все менее проявленной по мере того, как растет способность наблюдателя распознавать отдельные фотоны и отслеживать их траектории. По устоявшемуся в науке представлению, у полностью неразличимых фотонов группировка выражена максимально, и постепенно уменьшается, когда фотоны становятся различимы. Однако это представление недавно было опровергнуто командой ученых из Центра квантовой информации и коммуникации Брюсселя под руководством профессора Николя Серфа. Они изучили теоретический сценарий, при котором семь фотонов группируются вдоль двух исходящих траекторий интерферометра. Логически рассуждая, группировка должна быть сильнее, когда все семь фотонов имеют одинаковую поляризацию, поскольку это делает их полностью неразличимыми, т.е. мы не получаем никакой информации об их траектории движения в интерферометре. К своему удивлению ученые открыли, что в некоторых случаях группировка фотонов значительно усиливается, а не ослабевает – когда фотоны становятся частично различимыми. Применив в дополнение к квантовой физике математическую теорию постоянных, ученые смогли доказать, что возможно и дальше повысить группировку фотонов, настроив их поляризацию. Помимо чисто научной ценности эта аномалия имеет практическое значение для квантово-фотонной технологии, которая в последние годы развивается особенно быстро.

Бельгийский оператор электросетей Elia объявил, что 29 мая страна сгенерировала достаточно солнечной и ветровой электроэнергии, чтобы покрыть весь внутренний спрос. Рекорд был установлен в дневные часы, и хотя его повторение в ночное время пока невозможно, впервые было доказано на практике, что возобновляемая энергетика может полностью заменить ископаемую. Рекордный пик выработки «зеленой» энергии пришелся на период с 13:00 до 13:30

в понедельник 29 мая. Вместе солнечные и ветряные электростанции произвели 8 303 МВт электроэнергии, побив рекорд воскресенья в 7 695 МВт. Это было больше, чем на тот момент требовалось всем потребителям электроэнергии в Бельгии, сообщили в компании. Согласно графику, опубликованному Elia, доля солнечной энергии в рекордном производстве электроэнергии была значительно выше, чем доля ветра, и составила около 5500 МВт против 2803 МВт, полученных от ветрогенераторов. «Подобные моменты подчеркивают необходимость новой модели рынка, стимулирующей гибкое потребление. В соответствии с такой моделью потребители с гибкими устройствами, такими как тепловые насосы и электромобили, смогут заряжать свои устройства, когда будет доступно много дешевого экологически чистого электричества, в то же время помогая поддерживать баланс сети», – сказано в заявлении оператора по случаю этого примечательного события.

Биологи из Бельгии и Швейцарии придумали, как с помощью оптического микроскопа оценить чувствительность бактерий к антибиотикам всего за два часа. Для этого ученые проанализировали нанодвижения бактерий в присутствии антибиотика – резистентные бактерии продолжали двигаться как раньше, а интенсивность движений чувствительных бактерий снижалась. Сегодня врачам, чтобы справиться с бактериальными инфекциями, все чаще нужно определять их чувствительность к антибиотикам – ведь все больше бактерий становятся резистентными. Традиционные способы это сделать, основанные на размножении бактерий, занимают слишком много времени: примерно 1-2 дня, а в некоторых случаях – несколько недель. За это время пациент с серьезной инфекцией может умереть. Более современные методы определения чувствительности к антибиотикам справляются с подобными задачами за несколько часов, но они дороги и требуют специального оборудования. Сандор Касас (Sandor Kasas) из Федеральной политехнической школы Лозанны и его бельгийские коллеги придумали, как можно ускорить анализ резистентности бактерий, при этом не усложняя и не удорожая его. Ученые предложили следить за нанометровыми движениями бактерий с помощью оптического микроскопа и камеры мобильного телефона и смотреть, как эти движения меняются после воздействия антибиотиков. Некоторые исследователи, включая авторов работы, считают, что нанодвижения живых клеток – один из показателей протекающих в них метаболических процессов. Поскольку движения очень мелкие, то даже на что именно реагирует датчик – не до

конца понятно. Однако биологи научились измерять наноколебания и даже делать по этим измерениям какие-то выводы о состоянии клеток. Сначала такие нанодвижения отслеживали с помощью кантилевера атомно-силового микроскопа. Для этого на поверхность кантилевера сажали несколько клеток и смотрели, как при этом меняются его колебания. В частности, таким способом команде Касаса удалось проверить чувствительность бактерий к антибиотикам.

Полупрозрачные фотоэлементы с вольфрамом показывают высокий КПД. Нанесенные на окна фотоэлементы могли бы снизить расходы на электроэнергию в жилых и коммерческих зданиях, но пока не обладают достаточной прозрачностью. Эту проблему может решить использование дихалькогенидов переходных металлов (ДПМ). Ученые из Бельгии и США разработали новую технологию производства полупрозрачных и недорогих солнечных элементов с использованием вольфрама вместо кремния. Новые фотоэлементы обещают более высокий коэффициент поглощения и полупроводящие свойства.

Помимо более высокого коэффициента поглощения солнечных лучей ДПМ обладают еще двумя преимуществами: во-первых, это гибкий материал, который можно наносить на поверхности различных типов. Во-вторых, из них получаются полупрозрачные фотоэлементы. В сумме эти качества позволяют надеяться на прорыв в чистой энергетике. Однако процесс изготовления ДПМ не слишком хорошо подходит для массового производства.

Специалисты из Бельгийского исследовательского центра Imec в соавторстве с Стэнфордским университетом разработали новую технологию производства пластин диселенида вольфрама (WSe2) со слоистой вандерваальсовой структурой. Срок жизни носителя заряда в этом материале составляет 144 нс. Это в 14 раз лучше, чем у любой другой пленки ДПМ, утверждают изобретатели.

Металлизированная многослойная пленка WSe2 толщиной не более 30 нм наносится на подложку толщиной 150 мм. Для достижения селенизации ученые использовали два подхода: твердотельный селен и селенводородный предшественник. Первый требует более высокой температуры (900, а не 650 градусов Цельсия). Вне зависимости от подхода полученная пленка обладает идеальной энергетической щелью для фотоэлементов: 1,2-1,3 эВ.

Кроме того, оптимизация процесса легирования и контактов позволяет достичь эффективности преобразования в 22,3%. Этот

результат сравним с коммерчески доступными фотоэлементами и открывает путь к широкомасштабному применению гибких и прозрачных солнечных панелей. Как отмечают ученые, высокий срок жизни носителей заряда позволяет в теории повысить номинальную мощность до 3 Вт/г в солнечном модуле. А процесс производства не только простой, но и дешевый. Новый метаматериал **способен** пропускать свет, создавая при этом комфортный микроклимат и защищая от посторонних взглядов. Его коэффициент светопропускания составляет 95% по сравнению с 91% у большинства стекол.

Позднее с помощью обычного светового микроскопа и кросскорреляционного анализа ученые разглядели нанодвижения дрожжей. Для этого оказалось достаточно всего нескольких клеток, т.е. не нужно было тратить время на культивирование. Теперь Касас с коллегами изучили нанодвижения четырех видов бактерий: кишечной палочки (Escherichia coli), стафилококка (Staphylococcus aureus), лакто- (Lactobacillus rhamnosus) и микобактерий (Mycobacterium smegmatis). Сначала биологи проверили, как на подвижность бактерий влияют изменения количества питательных веществ в среде. Выяснилось, что если из среды полностью убрать питательные вещества, то интенсивность нанодвижений сократится и у подвижной E. coli, и у неподвижной L. rhamnosus. При повышении концентрации глюкозы в среде с 0 до 4%, нанодвижения E. coli увеличились на 350%. Но дальнейшее увеличение концентрации привело к снижению бактериальных движений. Подвижность L. rhamnosus тоже увеличилась при добавлении глюкозы. Для сравнения вместо глюкозы в среду добавляли глутаральдегид, в результате чего микобактерии M. smegmatis гибли, а интенсивность их нанодвижений предсказуемо уменьшалась. Финальным экспериментом стала проверка реакции бактерий на антибиотики. Оказалось, что средняя наноподвижность чувствительного к антибиотику штамма E. coli снижается примерно на 40% после двух часов воздействия ампициллина, в то время как устойчивый штамм не страдает. Другой антибиотик, доксициклин, за те же два часа уменьшил наноподвижность чувствительных E. coli, ванкомицин вызвал снижение наноколебаний бактерий S. aureus, а бактерии M. smegmatis стали менее подвижными после пятичасовой инкубации со стрептомицином. Авторы отмечают, что предложенный ими способ определения чувствительности значительно быстрее и доступнее других – это важно не только для пациентов, которым нужна помощь здесь и сейчас, но также поможет затормозить распространение резистентных бактерий.

Бельгийский стартап Paleo добавил белок шерстистого мамонта в бургер на растительной основе. Белок был создан с использованием ДНК, взятой из окаменелостей возрастом 1,2 млн лет. Компания использует технологию прецизионной ферментации для разработки различных белков животного гема, в том числе тех, что содержатся в говядине, курице, свинине, баранине и тунце. Белок мамонта оказался эффективнее коровьего, придав растительному мясу более насыщенный вкус. Белки или миоглобины можно добавить к любому заменителю мяса, включая культивированное мясо, для придания мясного вкуса. У живых животных миоглобин запасает кислород в мышцах. Именно белок придает мясу красный цвет – сок стейка средней прожарки красный из-за миоглобина, а не из-за крови. Paleo использовал точную ферментацию вместе с дрожжами для производства миоглобина без применения каких-либо животных клеток. Ученые создали миоглобин мамонта, используя короткие последовательности ДНК, взятые из окаменелости возрастом 1,2 млн лет в Центре палеогенетики в Стокгольме. «Старая ДНК фрагментирована, так что это похоже на сборку пазла, – отметил основатель и генеральный директор Paleo Гермес Санкторум. – Ген миоглобина азиатских и африканских слов был использован для сопоставления этих небольших фрагментов ДНК друг с другом и для реконструкции полной последовательности». Компания добавила мамонтовый белок в различные версии бургеров на растительной основе и попробовала его. В гамбургер без мяса уже добавляли коровий миоглобин – он придал мясной вкус и аромат, а также ярко-красный цвет. С добавлением миоглобина мамонта вкус стал еще более интенсивным и мясным. Химический анализ подтвердил это – присутствовало больше ароматических соединений, связанных с жареным мясом, чем в случае коровьего миоглобина. Другая компания тоже недавно дебютировала с «мясом мамонта». Австралийская мясная компания Vow **приготовила** «гигантскую фрикадельку» из мяса, выращенного с использованием ДНК вымершего шерстистого мамонта. Компания взяла неполную последовательность ДНК мамонта и заполнила ее фрагментами ДНК африканского слона, чтобы создать ген миоглобина мамонта, который затем ввели в клетки выращенных в лаборатории овец. В отличие от Paleo, в Vow признались, что их фрикадельки никто не пробовал из-за опасений, что у людей может быть аллергия на мамонтовый белок – люди не ели мамонтов тысячи лет. В Paleo же утверждают, что их миоглобин безопасен для употребления в пищу, и что им было комфортно его пробовать. Впрочем, «мамонтовое»

мясо пока не появится на полках продуктовых магазинов. Paleo является B2B-компанией – она продает свои белки производителям продуктов питания, которые стремятся к тому, чтобы их заменители мяса выглядели, пахли и имели вкус настоящего мяса. Поэтому всё будет зависеть от того, заинтересованы ли эти производители добавить в свои продуктовые линейки «вкус мамонта». В Paleo же считают, что технология открывает новые возможности для пищевой промышленности.

Ученые обнаружили причину устойчивости опухолей к химиотерапии, и продемонстрировали простой способ для эффективного восстановления чувствительности клеток к препаратам. По сути, такой подход может стать универсальным для различных типов солидных опухолей, большинству из которых по-прежнему показано применение химиотерапии на первом этапе лечения. Резистентность опухоли к химиотерапии значительно ограничивает возможности лечения пациентов. Изучая эту проблему, ученые из Бельгии исследовали клеточный процесс, называемый эпителиально-мезенхимальным переходом (ЭМП), который контролирует развитие, прогрессирование и метастазирование раковой опухоли, а также ее устойчивость к химиотерапии. На примере плоскоклеточный карциномы кожи была проанализирована реакция различных клеточный популяций на химиотерапию. Оказалось, что у резистентных опухолей наблюдалась повышенная экспрессия гена RHOJ. Подавление экспрессии RHOJ, напротив, делало клетки чувствительными к химиотерапии. Затем ученые определили механизм формирования устойчивости. В нем RHOJ играет важную роль в активации пути восстановления ДНК в раковой клетке после воздействия химиотерапии. По этой причине блокировка RHOJ оказывает необходимый терапевтический эффект. Полученные результаты открывают новые возможности в лечении различных типов рака у людей.

Химики из Бельгии и Китая создали гибридную мембрану для разделения газов на основе органического полимера и неорганического цеолита. Благодаря своей двойственной природе полученная мембрана совмещала в себе рекордно высокие проницаемость и селективность разделения. Мембраны для разделения газов принято делить на три типа. Первый – мембраны на основе органических полимеров. Обычно они дешевы и легки в производстве, обладают достаточной селективностью (пропускают одни газы быстрее других), но страдают от небольшой проницаемости (она характеризует количество газа, проходящего через мембрану в единицу времени). Второй тип – мембраны на основе условно неорганических материалов,

например, цеолитов и металл-органических каркасов. Они чаще обладают большей проницаемостью и селективностью, но проигрывают в цене и стойкости к износу. А третий тип – гибридные мембраны – совмещает в себе первые два. Мембраны этого типа делают из двух частей – неорганической и органической. Именно такую мембрану решили сделать химики под руководством Иво Ванкелекома (Ivo Vankelecom) из Левенского католического университета. Они хотели создать материал, способный селективно адсорбировать углекислый газ в присутствии других газов. Для этого ученые выбрали два доступных исходника – неорганический цеолит Na-SSZ-39 и органический полиимидный полимер Matrimid 5218.

Нидерландские исследователи работают над созданием крошечных устройств для разрушения тромбов в сосудах. Напечатанными на 3В-принтере устройствами можно управлять с помощью магнитного поля, перемещая внутри сосуда к месту расположения сгустка. Корпус каждого бота представляет собой крошечный штопор размером примерно с рисовое зерно и содержит постоянный магнит размером 1 х 1 мм. Для перемещения устройства ученые используют внешний вращающийся магнит. Он заставляет намагниченное тело миллиметрового робота вращаться вдоль продольной оси, позволяя ему «плыть» внутри сосуда даже против направления кровотока. Робот вводится в сосуд через канюлю – полую медицинскую трубку. Под действием внешнего управления он двигается в сторону сгустка и разбивает его. После разрушения тромба исследователи изменяют направление вращения внешнего магнита, заставляя робота плыть обратно к канюле. После этого устройство можно безопасно извлечь из сосуда. В лабораторных экспериментах вращающийся магнит на роботизированной руке использовался для направления нескольких роботов – как вверх, так и вниз – через кровеносные сосуды, соединяющие извлеченную аорту и почки свиньи. Максимальный поток крови составлял всего 120 мл в минуту, но ученые полагают, что с мощным магнитом роботы преодолеют и больший поток.

Нидерландские физики проследили за формами массива коллоидных частиц, промоделировали их поведение и обнаружили, что колбасная упаковка оптимальна для меньшего числа шаров. Теперь из списка колбасно-упакованных массивов вычеркнули фигуры с 58 и 64 шарами – для них более оптимальными оказались октаэдры с отсутствующими гранями и вершинами. Уже шесть лет достоверно известно, что в трехмерном пространстве кубическая гранецентрированная решетка обладает максимальной плотностью упаковки.

В реальности же шаров всегда оказывается конечное количество. В таких задачах не всегда плотнейшая шаровая упаковка в ГЦК решетке является самой оптимальной – например, если рассмотреть распределение шаров в выпуклой оболочке, натянутой на них. В 1975 г. венгерский математик Ласло Фейеш Тот выдвинул гипотезу, что для шаров в пространстве с размерностью больше пяти линейное упорядочение будет самым плотным. В своей терминологии он использовал следующие обозначения: колбаски – одномерные упаковки, кластеры – упаковки в размерности пространства (т.е. трехмерные фигуры для трехмерного пространства) и пиццы – все промежуточные варианты (плоские двумерные фигуры). Было показано, что это действительно выполнимо для пространств с размерностями более 42. Для четырехмерных шаров существует граничное число, разделяющее колбасные от кластерных упаковок, но оно является достаточно большим – 338 196 четырехмерных шара. А вот для трехмерного пространства было обнаружено необычное поведение: колбасная упаковка наблюдается для всех шаров с числом от 1 до 55, а также 57, 58, 63 и 64. Такое пограничное резкое изменение оптимальной упаковки называется колбасным коллапсом (sausage catastrophe). Во всех остальных вариантах кластерная упаковка оказывается более оптимальной, но до конца не понятно, какая кластерная упаковка соответствует конечному числу шаров. Подойти к этой проблеме экспериментально решили голландские и японские физики под руководством Марджолейн Дейкстры (Marjolein Dijkstra) из Утрехтского университета.

Компания Damen Shipyards Works (Нидерланды) анонсировала ввод в эксплуатацию первого электрического судна, обслуживающего ветрогенераторы в открытом море. На прошедшей в Амстердаме конференции, посвященной морской энергетике, голландская судостроительная компания рассказала, что SOV 7017 Electric – самое большое электрическое судно технического обеспечения ветряков. Электрическое судно предназначено для работы вблизи морских ветропарков и будет питаться от турбин ветрогенераторов, примерно так же, как заряжаются современные электромобили, сообщает сайт компании Damen. Подзарядка аккумуляторов от одного ветряка будет происходить раз в сутки, на протяжении пары часов, пока технические специалисты будут занимать обслуживанием ветряков. При содействии инженеров-электротехников из MJR Power & Automation специалисты Damen разработали разъем зарядного устройства и входной порт с компенсацией движения, с помощью которых SOV

7017 можно подключать к ветрогенератору. Особенно важно то, что такие соединительные элементы не требует вносить изменения в существующую инфраструктуру морских ветрогенераторов. SOV 7017 представлен в двух конфигурациях: с литий-железо-фосфатной батареей на 15 МВт для работы на чистом электричестве и с такой же батареей на 10 МВт и вспомогательным дизельным генератором. Длина корпуса – 70 м, ширина – 17 м. Расходы на эксплуатацию судна существенно ниже, чем у обычных вспомогательных судов, учитывая цены на топливо и растущий налог на выброс углекислого газа.

Исследователи Нидерландов из лаборатории хирургической робототехники Университета Твенте впервые в истории смогли заставить двух микророботов совместно выполнять различные задачи в 3D пространстве. Магнитные микророботы размером всего в 1 мл успешно поднимали и передвигали объекты, несмотря на проблемы с прилипанием друг к другу из-за своих магнитных свойств. У роботов, так же как и у обычных магнитов, был предел расстояния, после которого они начинали слипаться. Ученые нашли способ сделать из недостатка полезный инструмент при помощи специального контроллера. Подобные микророботы абсолютно безопасны для человеческого организма и могут работать в труднодоступных местах, что делает их перспективными для медицинских исследований. Мы можем работать с биологическими образцами удаленно и без риска их загрязнения. Такое новшество может улучшить существующие процедуры и открыть путь новым, ранее недоступным ввиду ограничений медицинских технологий, – Франко Пиньян Басуальдо, научный сотрудник Лаборатории хирургической робототехники, автор-корреспондент публикации. Профессор Сартак Мисра, руководитель лаборатории, концентрирует свои усилия на разработке инновационных решений для широкого круга клинически актуальных задач, включая биомедицинскую визуализацию, автоматизацию медицинских процедур и создание микроробототехнических инструментов. Исследования в области микроробототехники открывают перед человечеством новые горизонты и перспективы. С их помощью возможно создание революционных методов лечения и диагностики заболеваний, а также решение множества сложных задач в сфере биомедицины. На основе этой технологии можно в корне изменить подход к проведению хирургических операций и других медицинских процедур. Это шаг в будущее, где микророботы могут стать незаменимыми помощниками врачей.

Исследователи использовали для шифрования данных искажение света при прохождении через различные материалы. Инженеры из Университета Твенте в Нидерландах разработали метод создания сверхсекретной оптической связи с помощью двух слоев случайного материала. Технология подойдет для двунаправленной высокоскоростной беспроводной связи (LiFi) и оптоволоконных сетей. Исследователи показали, что случайные материалы, такие как слой краски, лист бумаги или стеклянный рассеиватель, повышают секретность коммуникации, зашифровывая сообщение. Когда свет проходит через эти случайные материалы, он рассеивается в нескольких направлениях, создавая сложный узор (спекл-узор). Этот шаблон используется для шифрования. Технология шифрования основана на концепции физической неклонируемой функции (PUF). Это сложный объект, который невозможно скопировать с помощью современных технологий. Если PUF используется для шифрования, только с помощью правильного ключа, который нельзя клонировать, можно получить доступ к информации. В своей работе исследователи представили метод использования двойного ключа на основе разных материалов. Они одновременно скрывают отправителя и получателя, и только когда свет проходит через оба ключа, сообщение принимается. Любой посторонний приемник, пытающийся перехватить передаваемое сообщение, столкнется с бессмысленной смесью случайных шаблонов, несвязанных с исходным сообщением. Система основана на модуляции падающего света с помощью устройства, аналогичного экранному проектору у отправителя. Поскольку случайные материалы настолько сложны, существуют тысячи различных способов модуляции, приводящих к одному и тому же сообщению при изменении случайного рисунка. Если отправитель постоянно переключается между различными модуляциями, злоумышленник в середине перегружен случайными шаблонами, в то время как на получателя это не влияет.

Нанопластик в организме препятствует нормальной миграции стволовых клеток на стадии эмбрионального развития. Биологи из Института биологии Лейдена в Нидерландах изучили влияние высокой концентрации микропластика на развитие зародышей на примере куриных эмбрионов. Исследование показало, что крошечные частицы пластика воздействуют на эмбриональные клетки нервного гребня, что приводит к порокам в развитии сердца, глаз и нервной системы. Во время эксперимента исследователи подвергли куриные эмбрионы воздействию экстремальной концентрации наночастиц

полистирола, помеченных специальной флуоресцентной меткой для визуализации. Исследователи наблюдали, как введенные образцы светящихся пластиковых частиц с диаметром около 25 нм пересекают стенку кишечника и циркулируют между органами эмбрионов. Исследование показало, что клетки нанопластика прикрепляются к эмбриональным клеткам нервного гребня, вызывая гибель последних. Эти стволовые клетки образуются очень рано у всех позвоночных на самых ранних этапах развития. Клетки нервного гребня формируются в области, которая будет спинным мозгом, и мигрируют, чтобы создать различные части нервной системы. Кроме того, они участвуют в формировании ряда других органов, в том числе артерий и сердца. Воздействие большой концентрации нанопластика нарушает нормальную миграцию эмбриональных клеток нервного гребня. Как следствие, у эмбриона формируются различные пороки развития нервной системы, сердца, глаз и других частей лица. Мы использовали частицы полистирола в высокой концентрации, которых обычно нет в организме. Но это показывает, что нанопластики могут делать в экстремальных случаях с очень молодыми эмбрионами. И это также дает нам рекомендации относительно того, что может происходить в менее серьезных случаях на стадии развития, – Мейру Ван, соавтор исследования.

Многослойные солнечные панели бьют рекорды производительности, и специалисты из Нидерландов решили воспользоваться той же технологией, чтобы разработать фотодиод с выдающейся чувствительностью. Его КПД превышает 200%, чего, казалось бы, не может быть по законам физики. Однако квантовая физика руководствуется своими законами. «Я знаю, что это звучит невероятно, – заявил профессор Рене Янссен, один из руководителей научного проекта. – Но мы имеем в виду не обычную энергетическую эффективность. В мире фотодиодов в расчет идет квантовая эффективность. Вместо общего количества солнечной энергии считается количество фотонов, которые диод преобразует в электроны». Фотодиоды – светочувствительные полупроводники, которые вырабатывают ток, поглощая фотоны из источника света. Они используются в качестве датчиков во множестве приборов в медицине, связи, безопасности и робототехнике. И везде мерилом их качества является чувствительность. Для того чтобы фотодиод работал корректно, он должен отвечать двум условиям. Во-первых, минимизировать ток, который он генерирует в отсутствии света. Чем меньше этот так называемый темный ток, тем чувствительнее диод. Во-вторых, он должен иметь

возможность отличать фоновое освещение или шум от релевантного источника света. К сожалению, обычно эти два параметра противоречат друг другу. Для решения этой проблемы ученые изготовили двухслойный диод из органических и перовскитовых фотоэлементов. Это позволило добиться производительности в 70%. Неплохо, но еще недостаточно. Следующим шагом было использование дополнительного освещения зеленым светом. Такой подход, как известно из прошлых исследований, может модифицировать или даже усилить чувствительность фотодиода. К удивлению ученых, он сработал даже лучше, чем предполагалось, – производительность для ближнего инфракрасного спектра выросла до 200 с лишним процентов. Благодаря чему это произошло, ученые до сих пор не могут дать точного ответа. Но гипотеза у них есть. Они полагают, что дополнительный зеленый свет привел к накоплению электронов в перовскитовом слое. Он выступил резервуаром зарядов, которые испускаются, когда инфракрасные фотоны накапливаются органическом слое. Другими словами, каждый инфракрасный фотон, который проходит через этот слой и превращается в электрон, получает бонусом еще один электрон, что и приводит к такому неслыханному КПД.

В серии экспериментов голландские микробиологи показали, что бактерии Rhodococcus ruber могут поглощать частички пластика и разлагать их на углекислый газ и другие безвредные вещества. Это открытие не избавляет нас от проблемы пластикового загрязнения, однако может отвечать на вопрос о том, куда исчезает некоторая часть пластиковых отходов из океана. Ученые из Королевского института морских исследований (Нидерланды) показали, что бактерии Rhodococcus ruber способны поглощать и полностью переваривать пластик. Исследователи провели лабораторный эксперимент, в котором продемонстрировали, как эти бактерии расщепляют доступный им пластик на углекислый газ (CO_2) и другие безвредные вещества. Специально для экспериментов авторы изготовили пластик, содержащий изотоп углерод-13 (который в ходе эксперимента послужил им маркером). Когда они поместили этот пластик в морскую воду с R. ruber и осветили ультрафиолетом, то увидели, что углерод-13 появился над поверхностью воды в составе углекислого газа. Освещение ультрафиолетом было необходимо, ведь солнечный свет частично разрушает пластик на мелкие кусочки, которые могут «проглотить» бактерии. Ранее было известно, что R.ruber в природе может образовывать так называемую биопленку на поверхности пластика, а пластик постепенно растворяется под этой биопленкой. Но

ученые впервые продемонстрировали, что бактерии способны переваривать пластик. По оценкам авторов работы, бактерии могут за год расщепить до 1,2% пластика, изначальное содержание которого составляло 22,2 мг/л. Однако этот показатель может быть занижен, поскольку ученые измеряли количество углерода-13 только в углекислом газе, но не в других продуктах разложения пластика. По мнению исследователей, бактерии, переваривающие пластик, не смогут решить масштабную проблему пластикового загрязнения океанов. Тем не менее новая работа предоставляет фрагмент нерешенной головоломки о том, куда девается часть пластика, поступившего в мировой океан: попытки проследить путь всех отходов, попадающих в океан, свидетельствуют о том, что судьба части пластика остается неизвестной. Теперь ученые планируют подсчитать, сколько пластика в океане действительно разлагается бактериями.

Apple готовится к запуску новой версии Siri с улучшенным интеллектом в iOS 18.1 осенью этого года. Однако, как сообщает Bloomberg, компания также работает над созданием еще одной «ИИ-личности», предназначенной специально для будущих робототехнических устройств. Эта новая личность будет независима от Siri и основана на генеративном искусственном интеллекте.

Новая версия Siri, которая появится в iOS 18.1, обещает предоставить пользователям более умного цифрового помощника, но это только начало. Основные усовершенствования Siri, по планам компании, станут доступны только в 2025 г. Тем не менее параллельно с улучшением Siri Apple активно разрабатывает альтернативную ИИ-личность для своих будущих робототехнических продуктов, о которых пока мало информации.

Эта новая личность, согласно данным Марка Гурмана из Bloomberg, разрабатывается для «настольного продукта» и других робототехнических устройств Apple. Вопросы остаются: зачем Apple требуется отдельная личность для роботов и будет ли эта генеративная ИИ-личность более продвинутой, чем Siri? Также не ясно, получит ли эта новая система отдельное название или со временем все-таки будет объединена с Siri.

Первое поколение робототехнических устройств Apple ожидается не раньше 2026–2027 гг., поэтому пока рано делать окончательные выводы. Но факт остается фактом: Apple активно движется в сторону разработки новой формы взаимодействия с пользователями, которая будет отличаться от привычного Siri.

И хотя идея создания новой ИИ-личности может показаться странной, учитывая текущую популярность бренда Siri, это решение может быть связано с особыми задачами, которые будут возложены на роботов Apple.

Успехи стран Бенилюкса в науке и технологиях в немалой степени основываются на многосторонних исследованиях. Универсальный характер модели оборонного сотрудничества Бенилюкса позволяет трем участникам этого союза обращать свои достижения как на пользу НАТО, так и ЕС, создавая таким образом эффект инкубатора идей и концепций для обеих организаций. Утверждается, что опыт, полученный тремя союзниками, может стать моделью для развития оборонных кластеров в других регионах Европы.

2.8. China's Priority in Generative AI

Between 2014 and 2023, more than 38 thousand generative AI inventions were registered in China, six times more than the second-largest number of patents in the United States. India, which is in fifth place, saw the highest CAGR among the top five at 56 percent. China files the largest number of patent applications in the field of generative artificial intelligence, well ahead of other countries in the top five – the United States, South Korea, Japan and India. This is according to a new report by the World Intellectual Property Organization (WIPO). WIPO's Generative AI Patent Landscape Report reports 54 thousand inventions registered between 2014 and 2023, with more than 25 percent of them in the last year. Since 2017, the number of patents has increased eightfold. Generative AI allows users to create a variety of content, including text, images, music and computer code. including chatbots ChatGPT, Google Gemini and ERNIE. According to WIPO experts, generative AI is already being used in industries such as life sciences, manufacturing, transportation, security and telecommunications.

Between 2014 and 2023, more than 38 thousand generative AI inventions were registered in China – six times more than the United States, which ranks second in terms of patents. India, which is in fifth place, saw the highest CAGR among the top five at 56 percent. "Generative AI is a revolutionary technology that has the potential to change the way we live, work and play. By analysing patenting data and trends, WIPO aims to improve our understanding of where these rapidly evolving technologies are being developed and where they are headed,"

said WIPO Director General Daren Tang. "This will help policymakers to guide the development of generative AI for the benefit of all and ensure that the interests of humanity remain at the center of innovation and creative ecosystems," he added.

According to the report, generative AI technology patents are dominated by applications such as images and video, followed by text and sound (speech and music). Patents for technologies that use data on molecules, genes and proteins are increasing rapidly, with an average annual growth rate of 78 per cent over the past five years. The top ten companies applying for patents in generative AI include Tencent (2,074 inventions), Ping An Insurance (1,564 inventions), Baidu (1,234), Chinese Academy of Sciences (607), IBM (601), Alibaba Group (571), Samsung Electronics (468), Alphabet (443), ByteDance (418), and Microsoft (377).

A tensor processor (TPU) with 3,000 GAA transistors based on carbon nanotubes has been developed by researchers from Peking University. The laboratory product has no immediate practical significance because it is manufactured using the 180 nm process and includes very few transistors. Nevertheless, the work shows the possibilities of products based on nanotube transistors and the directions of technology development.Using the created TPU, they were able to launch a five-layer neural network and achieve an image recognition accuracy of 88% from the MNIST collection. At the same time, consumption was 295 μW.

Simulations show that an eight-bit TPU of this type, built on the basis of a 180 nm process, can run at 850 MHz and achieve an energy efficiency of 10^{12} operations per second at 1 watt of power. High energy efficiency is achieved, among other things, due to the high purity of the semiconductor material of 99.9999% and the quality of the surfaces.

The developers believe that performance can be improved by refining the transistor manufacturing technology and integrating with metal-oxide-semiconductor (CMOS) logic.

Recently, a research team from Beijing Aviation and Space University has developed a miniature aircraft that is lighter than a sheet of A4 paper. The microdrone with an electrostatic motor was called CoulombFly. It is the size of the palm of your hand and weighs only 4.21 grams, which is lighter than a sheet of A4 paper, which usually weighs 4.63 grams. The total weight of the novelty includes the weight of all components: the power source, the engine and the propeller. This

breakthrough significantly expands the scope of miniature drones and is important for the development of this field. The authors of the work are graduate students Shen Wei and Peng Jinzhe from the Institute of Power and Power Engineering of the Beijing University of Aviation and Astronautics.

Below are China's new patents in this field, especially in medical technology:

A geomagnetic smart parking system (patent TW202331636) includes a geomagnetic equipment, a smart parking equipment, a central server and a management center server. The geomagnetic equipment includes a first communication module, a second communication module and a detection module. The smart parking equipment includes a third wireless communication module. When the detection module detects that a vehicle enters the parking space area within a preset time range, the first communication module or the second communication module transmits the vehicle detection signal to the third communication module, the smart parking equipment enters the start state from the standby state. The central server receives a vehicle detection signal sent from the smart parking device. The management center server generates a parking payment signal according to the vehicle detection signal. The invention adopts the dual-network dual-mode technology of the smart parking system, which is low power consumption and high recognition rate.

The invention CN106462124 provides a method for identifying and controlling household appliances based on intention, and the method comprises the steps: acquiring multi-modal information of a user; identifying user intention according to the multi-modal information; and controlling the household appliances through combining with context record and variable parameters according to the multi-modal information of the user and the user intention. Then the user intention can be identified through one or more of multi-modal information such as voice of the user, expression of the user, movement of user and the like, the household appliances can be controlled through combining with the context record and the variable parameters, so that the automatic adjustment of the household appliances can be more intelligentized, according to the invention, artificial intelligence can be applied to smart home, the household appliances can be more conveniently, fastly and accurately controlled, the daily life of people can be more convenient, the enjoyment and interactivity of life can be improved, the life can be more splendid,

the robot can be more anthropomorphic, and the user experience of the artificial intellegence can be improved on smart home aspect.

The present application WO2024146486 discloses a blood glucose management method and a related electronic device. According to the method, a meal time of a dietary event of a user can be determined according to a blood glucose value of the user, and when a blood glucose curve drawn according to blood glucose values of the user is displayed, the meal time and/or the blood glucose value associated with the meal time can be displayed on the blood glucose curve. In this way, the dietary event of the user can be associated with the blood glucose of the user, and a blood glucose change condition before and after the user takes a meal is highlighted, so that the user can more visually know the effect of diet on blood glucose, and then the user can manage and control blood glucose starting with the diet.

An application apparatus (1000) by patent CN221285740 for applying a medical instrument (800) to a host, comprising a housing (10), an auxiliary mechanism (20), and a first driving mechanism (30). The housing (10) comprises a first holding portion (130), and a proximal end close to the host and a distal end away from the host during operation. The auxiliary mechanism (20) comprises a movement main body (200) releasably retained on the first holding portion (130) and configured to be movable relative to the housing (10) when released, a storage part (250) arranged on the movement main body (200) and configured to be combinable with the medical instrument (800), and a puncture component (260) arranged on the movement main body (200). The first driving mechanism (30) is configured to apply an effect to the movement main body (200) in a manner of facing the proximal end, and when the movement main body (200) is released, the first driving mechanism (30) drives the movement main body (200) to move towards the proximal end so as to push the medical instrument (800) combined with the storage part (250) to the body surface of the host and at least partially place the medical instrument under the skin of the host.

A data processing method and apparatus, and a device and a computer-readable storage medium (WO2024140869). In the method, an electronic device can acquire object basic information of an object, wherein the object basic information can be information related to a physiological index of the object; a measurement policy of the physiological index of the object can be determined according to the

object basic information; at least one piece of physiological index measurement data of the object can be acquired according to the measurement policy; and a physiological index measurement report of the object can be generated by analyzing the at least one piece of physiological index measurement data of the object. By means of the present application, according to object basic information of different objects, measurement policies of physiological indexes of the objects can be individually determined, which is beneficial to more effectively measuring the physiological indexes of the objects and thus is conducive to improving the accuracy and reliability of physiological index measurement data.

A method by patent WO2024139588 for collecting and quantifying tongue manifestation features. The method comprises: first, automatically obtaining a high-quality tongue manifestation image that meets the requirements of traditional Chinese medicine tongue diagnosis; then, identifying from the image a tongue part of a patient, and acquiring an edge shape of a tongue surface, so as to obtain a tongue surface inspection area; performing color correction on the image by using the tongue surface inspection area, so as to subsequently perform, in the tongue surface inspection area, color and texture recognition on the tongue part; and further quantifying tongue color and tongue coating features. During remote consultation, traditional Chinese medicine physicians and/or traditional Chinese medicine practitioners can still perform tongue diagnosis, and it is possible to avoid misdiagnosis in remote diagnosis and treatment that is caused by differences in photography skills and photography device quality of patients, an insufficient capability for determining, when tongue manifestations are uploaded, whether the tongue manifestations meet the standards of traditional Chinese medicine diagnosis and treatment, etc.

Patent WO2024140073 provided are a multi-channel pulse high-voltage parameter-controllable shock wave lithotripsy balloon imaging system and a catheter thereof. An intravascular imaging catheter (03A) is arranged in a shock wave lithotripsy balloon (02), and a plurality of high-coverage electrode pairs (01A, 01B) capable of releasing shock wave energy are arranged in a working area of the shock wave lithotripsy balloon (02). For a vascular calcified tissue, a shock wave treatment function is integrated into an intravascular tomography system, such that a doctor can perform effective treatment and evaluation 'before, in and after operation', and in combination with an AI intelligent calcification

evaluation software of the intravascular tomography system, can effectively identify a calcification category and perform accurate shock wave treatment for deep calcification, thereby shortening the treatment time, reducing the learning curve of the doctor, and improving the surgical treatment effect.

Embodiments of the present application WO2024140132 provide a wearable device and a health monitoring method. The wearable device comprises a watch body, an air pump being arranged in the watch body; a watchband assembly connected to the watch body; and an airbag assembly, comprising an airbag and an air guide part. The airbag is arranged on the side of the watchband assembly that is in contact with a user, and both ends of the air guide part are connected to the airbag and the air pump, respectively, wherein the air guide part can stretch out and draw back so as to adjust the position of the airbag relative to the watchband assembly. According to the wearable device provided in the embodiments of the present application, the position of the airbag can be adjusted, such that the wearable device can be suitable for users with different wrist circumferences. Meanwhile, the part where the user needs to be subjected to health monitoring can be covered, the obtained health monitoring result is relatively accurate, and a health monitoring effect can be improved.

A fully flexible electrode, a preparation method therefor, and use thereof by patent WO2024139873. The fully flexible electrode comprises filamentous PEDOT:PSS and a hydrogel layer wrapped around the filamentous PEDOT:PSS. The hydrogel layer comprises any one of acrylamide, k2-type carrageenan, agar, and polyvinyl alcohol. As the fully flexible electrode has a hydrogel layer wrapped around the filamentous PEDOT:PSS, the synergy between the two makes the electrode have good conductivity, high toughness, and tensile strength, which enable the electrode to withstand a relatively great amount of deformation. In addition, the degree of elastic mismatch is relatively small, and the biocompatibility is also better. The electrode can be effectively applied to an implantable detection process to obtain data with a better signal-to-noise ratio, thereby increasing the survival rate and survival time of animals undergoing implantation.

A system, method, and smart wearable device by patent US2024221482 for user posture monitoring are provided, which are related to the technical field of data processing. The system comprises a

smart wearable device and a monitoring terminal. The smart wearable device is equipped with motion sensor(s) and a wireless communication device. The smart wearable obtains real-time posture data of the user's head through the motion sensor(s) and transmits the posture data to the monitoring terminal using the wireless communication device. The monitoring terminal receives the posture data, monitors whether the user suffers from a head disease and/or a neck-shoulder disease based on the posture data, and outputs a reminder message when the user is identified as having the head disease and/or the neck-shoulder disease. This application enables the analysis and provision of reminders for the user's head disease and/or neck-shoulder disease based on monitoring the posture of the user's head.

A mobile monitoring device and a method for triggering an exception event (WO2024138665). The mobile monitoring device is integrated with a motion sensor (20) for collecting motion data of a target object, and then identifying an activity mode of the target object according to the motion data. When the activity mode belongs to an exception activity mode, an exception event of physiological parameters is automatically recorded, and the exception event can be used as a basis for subsequent health state analysis. Compared with the recording of exception events triggered by a manual active control key, the mobile monitoring device is more suitable for animal scenarios, thus solving the problem that animals cannot actively record exception events in the field of mobile monitoring.

Model training method, signal recognition method, apparatus, computing and processing device, computer program, and computer-readable medium by panent be patent US2024188895. The model training method comprises: acquiring a training sample set, training sample set includes sample electrocardio-signals and abnormal labels of sample electrocardio-signals, and abnormal labels include a target abnormal labels and at least one related abnormal labels; inputting sample electrocardio-signals into multi-task model, training multi-task model based on a multi-task learning mechanism according to an output of multi-task model and the abnormal labels; multi-task model includes a target task model and at least one related task model, a target output of the target task model is target abnormality labels of inputted sample electrocardio-signals, and a target output of related task model is related abnormal labels

of inputted sample electrocardio-signals; determining target task model after trained as target-abnormality-recognition model, and target-abnormality-recognition model is configured for recognizing target abnormality in the electrocardio-signals inputted into target-abnormality-recognition model.

China will fully promote the effective functioning of the open patent licensing system, according to a circular issued by the State Intellectual Property Administration of China (IPA). In accordance with the document, the methods and channels for applying patents and filing applications will also be expanded. The document calls for joint efforts to introduce an open licensing system in patent law. This measure is aimed at ensuring that patent holders standardize the filing of open license declarations and reasonably assess license fees. It also requires strengthening the open exchange of information on open licensing applications, strengthening the link between supply and demand for patents, and ensuring that the roles of all parties in the sector are fully realized.

An open patent license is a special patent license designed to improve the commercialization and enforcement of patents. It will contribute to the transformation of scientific and technological achievements into productive forces of a new quality, the circular says. Under the open patent license system, the patent holder can voluntarily apply for the opening of a patent license and specify the amount of the license fee, and the patent management authority will publish this information. Then any legal entity or individual can obtain a license to use a patent by notifying the patent owner in writing and paying a fee, the GIS said. According to the agency's statistics, by the end of 2023, the number of valid patents for inventions in China exceeded 4.99 million.

The U.S. Department of Defense, NASA and other government agencies have funded research that has led to more than 1,000 U.S. patents for Chinese inventors since 2010, including in sensitive areas such as biotechnology and semiconductors, according to U.S. Patent Office data. The U.S. patent data will reportedly increase calls for the cancellation or renegotiation of the landmark U.S.-China science and technology agreement – a cooperation agreement that critics say disproportionately benefits Washington's main geopolitical rival. The report notes that among the patents are 197 in pharmaceuticals and 154 in biotechnology, which

are strategic industries for China and the United States. Proponents of extending the agreement argue that terminating it would stifle academic and commercial cooperation and prevent the U.S. from learning about China's technological advances.

Patents determined by the U.S. Patent Office account for a small fraction of China's global patents. China is well ahead of other countries in generative AI inventions, such as chatbots, filing six times as many patents as its closest rival, the United States.

2.9. Японское экономическое чудо: причины и достижения

Молниеносное развитие Японии после Второй мировой войны – одно из главных чудес мировой экономики. Всего за пару десятилетий страна, которая потеряла почти все и лежала в руинах, смогла построить мощнейшую точную промышленность и превратиться в главного мирового производителя электроники. Естественно, это отражается и на развитии университетов Японии, мировые рейтинги которых в сравнении с лучшими в России приводятся в табл. 2.3.

После поражения во Второй мировой войне Япония была оккупирована союзниками во главе с США. Страна лежала в руинах, а ее экономика была уничтожена – около ⅓ промышленных мощностей были потеряны. Площадь страны уменьшилась в 20 раз – империя потеряла все свои огромные колонии от Маньчжурии до многочисленных островов в Тихом океане. В 1948 г. среднестатистический японец потреблял чуть больше пары колобков риса в сутки. Но уже в 1952 г. экономика начала восстанавливаться, а через 3-4 года японские компании производили сложнейшую для того времени электронику, которая была по качеству не хуже, чем в Америке. В 1952 г. американская оккупационная администрация передала власть гражданскому правительству, а Минобороны США, осознавшее реалии разгорающейся «холодной войны», начало размещать крупные оборонные заказы на японских предприятиях. К тому же американский рынок был открыт для японского экспорта. Уже к 1955 г. японское производство было на уровне 1944 г., в котором воюющая империя достигла пика экономической мобилизации. Америка стала главным рынком для экспорта японских промышленных изделий. Темпы роста ВВП составили 10% в год, и сохранялись на таком уровне до 1970-х.

Таблица 2.3

Рейтинг японских университетов

Мировой рейтинг	Учреждение	Местопо-ложение	Националь-ный рейтинг	Рейтинг в сфере образования	Рейтинг по трудо-устройству	Рейтинг преподава-тельского состава	Рейтинг в сфере исследований	Общий балл
13	Токийский университет	Япония	1	37	6	113	30	89.8
27	Киотский университет	Япония	2	38	32	64	79	87.1
100	Осакский университет	Япония	3	145	74	124	147	81.8
103	Университет Кэйо	Япония	4	519	13	-	397	81.7
118	Нагойский университет	Япония	5	67	211	59	210	81.1
143	Университет Тохоку	Япония	6	139	151	155	175	80.3
165	Токийский технологиче-ский институт	Япония	7	330	105	74	282	79.6
217	Московский государст-венный университет им. М.В. Ломоносова	Россия	1	134	404	207	227	78.4
277	Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской Федерации	Россия	2	34	–	118	558	77.2

Чтобы достичь таких успехов, японское руководство выработало уникальную экономическую стратегию, которую затем в общих чертах воспроизвели в Корее, Тайване и Китае. При этом первый шаг на этом пути был навязан еще американцами. Оккупационные власти под командованием генерала Макартура принудили японскую администрацию провести ряд социальных реформ. Как пишет журналист и экономист Джо Стадвелл, ключевой из них стала земельная реформа, которую современники воспринимали как очень «левую» – наделы были примерно поровну поделены между всеми крестьянскими семьями, а крупные землевладельцы и безземельные крестьяне каки класс перестали существовать. В стране появился класс мелких, но самостоятельных аграриев, каждый из которых с любовью возделывал свой небольшой надел. Стадвелл пишет, что эти фермеры, у которых водятся лишние деньги, стали первичными платежеспособными потребителями зарождающейся японской промышленности. Это было необходимо, ведь крестьяне, которые не владеют землей и арендуют ее у лендлордов, слишком бедны, чтобы покупать магнитофоны и телевизоры. Опираясь на этот внутренний спрос, промышленные компании смогли потихоньку развивать качество продукции до уровня, востребованного на международных рынках. Затем японские бизнес и государство заключили негласный ультрапротекционистский пакт. Предприятия, которые будут эффективно развиваться, получат любую господдержку, а доступ иностранных компаний будет ограничен так, чтобы конкуренция с ними никак не вредила национальным производителям. Но в обмен на это компании должны сохранять капиталы в стране, и при этом стремиться покорять зарубежные рынки. Эффективность предприятий мерялась способностью производить товары, которые можно было продавать на экспорт. Ради этого японские промышленники нередко даже уходили в минус, реализуя продукцию ниже себестоимости, но огромные программы господдержки компенсировали потери. Но если компания не справлялась с задачами по экспорту, ее лишали поддержки, и могли принудить к слиянию с более успешными конкурентами.

Среди прочего госорганы помогали фирмам через «серые» схемы. Например, через дипломатические каналы власти способствовали затягиванию процессов о недобросовестной конкуренции над японскими корпорациями в других странах. А японские шпионы выведывали у иностранцев технологические секреты для гражданских отраслей промышленности точно так же, как в других странах – для военных. Японской экономикой в те годы крайне

эффективно рулило Министерство внешней торговли и промышленности (MITI), которое полностью контролировало потоки финансов, заведовало интеллектуальной собственностью и направляло промышленные компании страны. Для того чтобы насытить японскую промышленность инновациями, MITI разработало множество механизмов вымогательства технологий у западных предприятий. Когда зарубежный производитель пытался выйти на местный рынок, который быстро стал весьма привлекательным, министерство предоставляло им выбор: либо вы лицензируете нашим фирмам свои технологии за малую долю их реальной стоимости, либо мы не пускаем вас в страну. К примеру, в конце 1950-х MITI вынудил IBM передать японским компаниям лицензии на разработки за 5% от их реальной цены – американским компьютерщикам был необходим доступ в Японию, поэтому им пришлось согласиться.

Исследователи считали, что иностранные фирмы соглашались на такие условия прежде всего потому, что всерьез не верили, что японские промышленники могут добиться серьезных успехов. Но на деле уже через несколько лет японские производители начинали выпускать товары, которые были дешевле и не хуже по качеству, чем иностранные. Так, Studebaker был настолько уверен в бесполезности японского рынка, что даже не запросил контрольный пакет акций, когда в середине 1950-х создал совместное предприятие с японской Daihatsu Company. Но уже через 10 лет Studebaker был вынужден уйти из Японии, а Daihatsu стал одним из лидеров местного рынка и даже экспортировал машины в Европу. Еще одним методом принудить компании к передаче технологий был «патентный флуд», который был возможен благодаря тому, что японское патентное ведомство находилось в ведении MITI – и в нем же было написано японское законодательство об интеллектуальной собственности. Вскоре после того, как иностранец подавал в патентное ведомство Японии заявку на регистрацию изобретения, туда приходили десятки и сотни заявок от японских фирм, оспаривающих ее. «Представьте, что вы изобрели что-то полезное и уникальное, например, велосипед, и запросили патент Японии, – разъясняет этот процесс политический исследователь Пат Чоат. – После этого японская компания неожиданно подает заявку на патент на правую педаль, а другая – на левую. Третья просит патент на защелку, которая прикрепляет тормозные тросы к рулю – и так далее». В теории, зарубежная компания могла отстоять свою правоту и доказать, что ее изобретение уникальное. Но вот незадача – японское регулирование делало такие споры невероятно

дорогими, за каждое из десятков и сотен разбирательств пришлось бы заплатить от 100 000 до 250 000 долл. Затем зарубежной компании предлагали либо лицензировать технологию японцам, либо убираться восвояси. По некоторым подсчетам, с 1950 по 1978 г. японские предприятия получили 32 000 лицензий общей стоимостью около 1 трлн долл., заплатив за них всего 9 млрд долл., т.е. 0,9%, IBM, получившей 5%, еще повезло.

Кроме того, японские компании выстроили мощную систему промышленного шпионажа. Когда американская фирма выпускала новинку, японцы тут же копировали их, и через год-два начинали производство почти полностью аналогичных изделий, которые при этом были дешевле и нередко более коммерчески успешными. К примеру, в 1954 г. Texas Instruments и Raytheon разработали и выпустили на рынок первые миниатюрные транзисторные радиоприемники, которые были в несколько раз меньше своих предшественников – размером с коробку хлопьев. Уже через год Sony выпустила похожий приемник TR-55. Вслед за ними аналогичные радио выпустили британские и западногерманские фирмы. Мы не знаем точно, имел ли здесь место именно шпионаж, но тайминг выхода очень многих новинок заставляет задуматься. Несмотря на это, США продолжали поддерживать Японию и передавать ей технологии и через официальные, поддержанные правительством каналы. В 1955 г. Вашингтон и Токио учредили Программу поддержки продуктивности, в рамках которой американские специалисты обучали японцев менеджменту, маркетингу и промышленной инженерии. С 1950 по 1972 г. американские и японские компании заключили 12 000 соглашений о технической помощи и консультировании на общую сумму 3,3 млрд долл. MITI взращивала в Японии одну индустрию за другой, без устали похищая и скупая инновации по смешным ценам. В 1982 г. Кобаяси Кодзи, председатель совета директоров японского производителя электроники NEC Corporation, описывал этот процесс так: «…где бы мы не находили новую технологию, мы не могли успокоиться, пока не купим ее».

Министерство разработало четкую стратегию подъема национальной экономики, и просчитало сроки, в которые нужно было «напитывать» технологиями каждую из индустрий. В 1950-х и 1960-х гг. в приоритете были технологии, связанные с производством стали, текстиля и бытовой электроники. В 1970-х гг. – автомобили, станки и робототехника. А в 1980-х гг. – уже компьютеры, полупроводники и другая сложная электроника. Каждый раз MITI

следовала одинаковому плану, который начинался с создания отраслевого картеля, который консолидировал усилия регуляторов, частных и госкомпаний. Если индустрия оказывалась успешной, то картель продолжал работу на зарубежных рынках.

Все знают американские телефоны, компьютеры, самолеты и лекарства, но об американских телевизорах уже много десятилетий никто не слышал. Все потому, что молодые японские компании разгромили эту индустрию в пух и прах, как только она зародилась. В 1956 г. крупнейшие японские производители телевизоров сформировали картель, который назвали «Совет по стабилизации рынка бытовой электроники». Многие его участники хорошо известны даже спустя почти 70 лет: Sony, Sharp, Toshiba, Hitachi и Matsushita (в будущем Panasonic). Участники договорились сначала выдавить иностранные фирмы с национального рынка, а затем совместно захватить и американский. В этом им потакало японское правительство в лице MITI, хотя национальный антимонопольный орган пытался вяло сопротивляться до 1961 г. Картель ограничивал цены, установил нормы прибыли компаний, а также лоббировал повышение тарифных пошлин. MITI приняло норму, по которой американские радиопроизводители могли получать прибыль в Японии, только лицензировав технологии локальным компаниям. Так, на рубеже 1950-х и 1960-х гг. японцы завладели рядом новейших разработок для черно-белого и цветного телевидения. К этому периоду японские компании сами начали создавать лидерские разработки: в 1960 г. Sony выпустила первый в истории транзисторный телевизор TV8-301, а в 1963 г. первый видеомагнитофон. Участники картеля придумали хитрую и преступную схему импорта телевизоров в США. Американские импортеры-посредники закупали японские телевизоры по формальной рыночной цене, о которой отчитывались Антимонопольной службе. Но на деле японские предприятия компенсировали им значительную часть этой суммы, проводя их по графам вроде «маркетинговых исследований» или в форме скидок за другие товары и услуги. Взамен импортеры продавали японские телевизоры задешево – их руками японцы демпинговали цены. Дешевые японские телевизоры появились почти в каждом доме, а американские пылились на полках магазинов.

С 1966 по 1970 г. количество рабочих мест в телевизионной индустрии США сократилось на 50%. В период с 1971 по 1975 г. – еще на 30%, а с 1977 по 1981 г. – еще на 25%. Американцы заподозрили неладное слишком поздно – в 1968 г. Ассоциация производителей

электроники США подала петицию в Минфин, потребовав проверить ценообразование на японские телевизоры, а также разослало крупнейшим японским компаниям анкеты-опросники, но те просто проигнорировали запрос.

В 1970-х гг. японские корпорации начали покупать американские товары – Matsushita приобрела телевизионное подразделение Motorola, а Sanyo поглотила Warwick Electronics, изначально лидера рынка. В 1980-х и 1990-х гг. поглощение американских фирм стало для японцев основным способом овладения технологиями. С января 1989 г. по май 1994 г. японские корпорации купили более 452 высокотехнологичных американских компаний, в основном из областей передовых материалов, биотехнологий, электроники и производства полупроводников. Патриотичные американские авторы, такие как Пат Чоат, сетуют, что нередко таким образом японцы становились бенефициарами исследований, которые финансировались из казны США, а значит из кармана американцев. Посочувствовать им сложно – ведь ядерные бомбардировки японских городов за 50 лет до этого тоже были оплачены американским налогоплательщиком.

Конец 1980-х и начало 1990-х гг. ознаменовались «патентными войнами» между США и Японией. В это время американские компании начали очень бдительно отслеживать, не используют ли конкуренты их технологии, и подавать на них в суд, требуя роялти. Некоторые американские предприятия требовали у японцев роялти за использование технологий в коммерчески успешных устройствах, которые были выпущены десятилетие назад. Обозреватели того времени сравнивали эту стратегию с откормом свиньи перед тем, как пустить ее на убой – чем больше на украденной технологии было заработано, тем больше можно отсудить. Так, в 1992 г. суд обязал японского производителя камер Minolta выплатить американской Honeywell 96 млн долл. за нарушение патентов при разработке автофокусной камеры, а малоизвестный американский изобретатель отсудил у Sega 33 млн долл. за нарушение его прав на патент, зарегистрированный еще в 1975 г. Японские корпорации, многие из которых тоже патентовали и лицензировали технологии в США, стали отвечать тем же. Когда в 1989 г. Motorola подала в суд на Hitachi за нарушение патента на технологию, связанную с микропроцессорами, японская компания отыскала случай, в котором Motorola тоже якобы нарушила ее патент, и подала встречный иск. В итоге оба иска были удовлетворены, но Hitachi вышла победителем, так как использовала победу по своему иску как инструмент, чтобы получить

более выгодные позиции по иску Motorola против нее. Лишь в 1993–1994 гг. в Японии были приняты новые законы, которые приблизили модель защиты интеллектуальной собственности и трансфера технологий к западным. Принято считать, что к этому времени исчерпало себя и японское экономическое чудо – темпы роста ВВП упали почти до нуля. К этому времени Япония стала одной из самых богатых и процветающих стран мира, и немного опережала США по ВВП на душу населения. Жесткая экономическая политика, задуманная руководителями MITI, сработала лучше, чем кто-либо мог предположить.

Отличительной особенностью японской науки является её определённая техническая направленность, что приводит к сотрудничеству бизнес-корпораций с университетами к разработке и внедрению новых технологий и материалов.

Япония планирует усилить на государственном уровне подготовку специалистов для отечественного IT-сектора, дефицит которых быстро нарастает. Новые инициативы правительства нацелены на то, чтобы привлечь в цифровую экономику в ближайшие 2 года не менее 110 тыс. новых кадров. Япония ощущает кадровый дефицит во всех областях цифровой экономики – от бизнес-архитекторов до аналитиков данных и специалистов по работе с ИИ. Цифровые специалисты играют ключевую роль в современной экономике, поскольку они помогают компаниям и организациям адаптироваться к быстро меняющемуся технологическому ландшафту. Они могут помочь автоматизировать бизнес-процессы, повысить их эффективность, создать новые продукты и услуги, а также защитить данные и системы от кибератак. Сейчас в IT-секторе Японии работает примерно 1 млн специалистов. Правительство прогнозирует, что к 2026 финансовому году их дефицит составит 2,3 млн человек. Стране нужны бизнес-архитекторы, которые могли бы помочь компаниям внедрять цифровые технологии, а также специалисты по данным.

В июне администрация Фумои Кисиды обнародовала новый план развития экономики, названный «новым капитализмом». Одна из его целей – привлечь в цифровую индустрию 3,3 млн работников к концу 2026 финансового года. Всего трудовые ресурсы Японии составляют 68 млн человек. «Министерство экономики, торговли и промышленности, а также Министерство образования, культуры, спорта, науки и технологий также будут работать над подготовкой цифровых специалистов через сотрудничество между компаниями

и университетами», – заявил главный секретарь кабинета министров Хирокадзу Мацуно. Япония будет аккредитовать курсы, которые обучают необходимым знаниям и навыкам. Существуют опасения относительно нехватки преподавателей, поэтому рассматривается привлечение наставников из числа практиков, которые трудятся в отечественных компаниях. Правительство также разработало план помощи тем молодым специалистам, кто уже работает в других отраслях, но хочет перейти в цифровую сферу через переобучение или повышение квалификации.

Это позволяет Японии развивать и собственные науку и технологии, опираясь на лучшие университеты страны. Далее сосредоточимся на исследованиях и разработках за последнее время. Молекулярные биологи из Японии создали новый подход для редактирования генома, превосходящий «нобелевский» геномный редактор CRISPR/Cas9 в точности работы. Новая система NICER не требует внесения двойных разрывов в цепочку ДНК при модификации генома, что уменьшает вероятность появления случайных мутаций. Об этом сообщила пресс-служба Университета Осаки. «Геномный анализ показал, что подход NICER крайне редко порождает случайные мутации в ДНК. Нас также обрадовало то, что эта методика редактирования генома позволила восстановить нормальную работу генов, повреждение одной из копий которых приводит к развитию генетических болезней», – заявил профессор Университета Осаки Синъитиро Накада. В этом отношении, как отметил исследователь, разработка японских биологов является более эффективной и безопасной заменой геномных редакторов CRISPR/Cas9, представляющих собой модификацию бактериального «антивируса», который находит и уничтожает следы вирусной ДНК в геноме микроба. За последние десять лет ученые создали множество геномных редакторов на базе CRISPR/Cas9. Большинство этих редакторов обладает одним большим недостатком – они достаточно часто вносят случайные изменения в структуру ДНК. Это связано с тем, что для внесения изменений в геном система CRISPR/Cas9 должна полностью разрезать двойную нить ДНК, чьи половины впоследствии соединяются клеточными системами починки генома. Эта процедура не всегда проходит корректно, что ведет к появлению новых мутаций.

Профессор Накада и его коллеги обнаружили, что этих проблем можно избежать, если модифицировать фермент Cas9 таким образом, что он разрежет только одну нить в двойной спирали ДНК. Такой фермент называется никаза. Это приводит к тому, что клетка

использует аналог поврежденного участка во второй копии хромосомы для восстановления целостности генома. «Каждая хромосома в нашем геноме имеет идентичную копию. Используя подход NICER, можно заставить клетки исправлять мутации, присутствующие только в одной из хромосом, при помощи аналогичных участков в копии этой хромосомы, которые будут использоваться в качестве шаблона», – пояснил первый автор работы Акико Томита. Этот подход ученые проверили на человеческих клетках с одной поврежденной копией гена TK1, мутации в котором способствуют развитию рака груди. Эксперименты показали, что система NICER скорректировала ошибки в структуре TK1 в 100% случаев и при этом не вызывала никаких случайных мутаций, тогда как применение CRISPR закончилось удачно лишь в 80% случаев и при этом в ДНК 19% клеток возникли новые точечные мутации. Как считают исследователи, результаты проведенных ими опытов говорят в пользу того, что систему NICER можно применять для создания безопасных для жизни и ДНК пациентов генных терапий, которые будут нацелены на лечение генетических болезней, вызванных мутациями в одной из двух копий одного гена.

Японские ученые представили электроды для оценки электрической активности, которые точно соответствуют механическим свойствам ткани головного мозга. Новая технология решила проблемы ранее созданных гибких электродов – недолговечность и сложность в изготовлении. Электроды уже успешно протестировали в диагностике и лечении эпилепсии. Измерение активности мозга – важный метод диагностики эпилепсии и других нервно-психических расстройств. Электрокортикография (ЭКоГ) предполагает временное размещение электродов на поверхности ткани: благодаря тесному контакту с интересующей областью коры головного мозга обеспечивается качественная запись мозговой активности, а также проводится стимуляция определенных групп нейронов для достижения нужного терапевтического эффекта. Обычные электроды не соответствуют кривизне ткани и могут повышать внутримозговое давление. Уже созданные гибкие электроды более податливы, но пока им не хватает долговечности и прочности, а изготовление сопровождается рядом сложностей. Ученые из Токийского технологического института разработали новый тип тончайших гибких электродов для ЭКоГ и прямой нейронной стимуляции. Электроды, созданные из золотых наночернил, представляют собой тонкую пленку из полистирол-полибутадиен-полистирола. Эксперименты показали, что эти

компоненты создают электрод, который точно соответствует форме мозговой ткани, содержащий множество неровных «гребней».

Среди других преимуществ выделяют простоту изготовления, а также отсутствие токсичности. Наблюдения за моделями крыс показали биосовместимость с тканью мозга в течение нескольких недель эксперимента. Тесты также подтвердили точность и перспективность электродов в диагностике и лечении заболеваний мозга. На примере моделей эпилепсии ученым удавалось точно измерять мозговую активность грызунов и стимулировать целевые области мозга. В настоящее время технологию продолжают совершенствовать и готовят к проведению клинических исследований. «Интеграция тончайших электродов с имплантируемым устройством может сделать его еще менее инвазивным, а также более чувствительным к аномальной электрической активности», – заявил автор работы Тошинори Фуджи. Пока ученые сосредоточатся на диагностике и лечении тяжелой формы эпилепсии.

Группа исследователей из Инженерной школы Осакского муниципального университета разработала технологию, которая может быстро и точно определять количество живых бактерий в пищевых продуктах электрохимическим путем с использованием тетразолия соли – водорастворимой молекулы. Этот метод может помочь в поддержании безопасности пищевых продуктов на предприятиях и предотвратит возможные пищевые отравления. Количество жизнеспособных бактерий – важный показатель загрязнения пищевых продуктов. Однако традиционным методам измерения требуется до двух дней для получения результатов. Это может привести к задержке в выявлении бактериального заражения и потенциально опасным последствиям. Поэтому необходимо разработать более быстрый метод тестирования, который позволит выявить возможное заражение бактериями перед отправкой продуктов с завода. Исследование было сосредоточено на использовании солей тетразолия для оценки количества живых бактерий в пищевых продуктах. Ученые обнаружили, что эти соли могут изменяться внутри живых клеток, образуя нерастворимые вещества. Они использовали электрический ток для измерения количества этих веществ и, следовательно, определения числа живых бактерий.

Во время наблюдений, проведенных в режиме реального времени, исследователи обратили внимание, что поглощение солей тетразолия бактериями происходит за 10 минут, включая небольшую задержку. Они также заметили, что результат в электрическом токе

зависит от количества живых клеток, без учета конкретного вида бактерий. Исследователям удалось резко сократить время проверки с 2 дней до примерно 1 часа. Эти результаты имеют значение для контроля гигиены на предприятиях пищевой промышленности, так как позволяют быстро определить количество живых бактерий в продуктах. Технология не требует сложных операций или дорогостоящего оборудования. Ученые считают, что на основе их исследования можно разработать портативный датчик.

Классические компьютеры обрабатывают информацию благодаря электронам, которые нагреваются и требуют охлаждения и значительного расхода энергии. Спинтроника может решить эту проблему. Вместо потока электронов для обработки информации можно использовать их собственный кинетический момент или спин. Команде ученых из Германии и Японии удалось в 10 раз повысить диффузию скирмионов, магнитных вихрей группы спинов. Обычно ученые имеют дело не со спинами отдельных электронов, а с магнитными вихрями, состоящими из множества спинов. Эти вихри называются скирмионами и возникают в магнитных металлических слоях. Их можно считать двухмерными квазичастицами. С одной стороны, эти вихри можно свободно перемещать действием электрического тока. С другой – они движутся хаотично и крайне эффективны благодаря диффузии. Теперь вместе с коллегами из Университета Констанца и Университета Тохоку ученые преодолели следующий этап к созданию нетрадиционного компьютера. Они смогли повысить диффузию скирмионов в 10 раз при помощи искусственных антиферромагнетиков, которые значительно сократили расход энергии и повысили скорость вычислений потенциального компьютера. Для создания такого антиферромагнетика искусственным образом ученые соединили два ферромагнитных слоя так, чтобы магнитные поля обоих слоев взаимно нейтрализовали друг друга. Они уменьшили их силу, сдвинув вихри и тем самым повысив диффузию.

Японские химики разработали основу для органометаллического катализатора на базе кобальта, способную запасать в себе рекордно высокое число электронов по сравнению с уже существующими аналогами. Создание этого материала позволит повысить эффективность кобальтовых катализаторов, сообщила пресс-служба Окинавского института науки и технологий (OIST). «Органометаллические катализаторы на базе кобальта крайне редко содержат больше 18 электронов, так как из-за этого химические связи внутри них начинают удлиняться и менять структуру. Мы смогли добавить

два электрона к уже созданному нами катализатору на базе 19 электронов. Большинство коллег считало, что это невозможно, однако созданное нами соединение является стабильным и в жидкой, и в твердой форме», – заявил научный сотрудник OIST Сатоси Такебаяси, чьи слова приводит пресс-служба института. Как объясняют исследователи, для повышения активности кобальта в катализаторах его атомы «упаковывают» в специальные органические структуры, которые химики называют кобальтоценами. Они представляют собой наборы из ароматических органических молекул, между которыми спрятан ион кобальта. Электроны этих молекул играют важную роль в ускорении химических реакций под действием кобальта, что заставляет ученых максимизировать их число. Такебаяси и его коллеги смогли увеличить число этих частиц в молекулах кобальтоценов до рекордной отметки в 21 электрон в ходе опытов с созданной ими органической «упаковкой» для кобальта, похожей по форме на своеобразные клещи. Она состоит из трех соединенных друг с другом кольцеобразных молекул ароматических углеводородов, одна из которых содержит в себе атом азота. Ученым удалось подобрать такую структуру этих миниатюрных «клещей», при которой с ионом кобальта могут взаимодействовать более двух десятков носителей заряда, и при этом окружающая его оболочка сохраняет стабильность в очень широком диапазоне условий. Как показали последующие опыты, новый кобальтоцен стабилен и в жидкой, и в твердой среде на протяжении длительного времени. Это делает его перспективной основой для создания нового поколения кобальтовых катализаторов, подытожили ученые.

Японские ученые впервые получили ядра кислорода-28, содержащие 20 нейтронов. Теоретически они должны быть дважды магическими и довольно долгоживущими. Однако срок существования кислорода-28 оказался настолько коротким, что даже зарегистрировать его напрямую не удалось. Похоже, исследователи в отношении устройства атомного ядра сильно ошибаются. К таким выводам пришли Йосуке Кондо (Yosuke Kondo) и его коллеги. Мы знаем, что электроны в атоме занимают ряд оболочек, и полностью заполненная оболочка делает его химически инертным, как благородные газы. Схожим образом может быть устроено атомное ядро: протоны и нейтроны (нуклоны) заполняют одну оболочку за другой, полностью заполненная оболочка означает большую стабильность всей конструкции. Соответствующее количество нуклонов называют «магическим числом». А уж если ядро содержит магическое количество

и протонов, и нейтронов, то оно особенно устойчиво. В природе найдены пять таких дважды магических ядер, еще несколько получены искусственно. Самое распространенное из них – обычный кислород-16, включающий по восемь (магическое число) протонов и нейтронов. Теория предсказывает существование и дважды магического кислорода-28 (восемь протонов и 20 нейтронов), который также должен быть исключительно устойчив. Но на практике все оказалось не так.

Возможно, новые результаты указывают на серьезные пробелы в нашем понимании атомных ядер и создающего их сильного взаимодействия. Получить кислород-28 удалось на ускорителе Riken RI Beam Factory, который работает в исследовательском центре Нисина (Nishina) в японском городе Вако. Для этого физики разгоняли ядра кальция-48 в циклотроне и сталкивали их с бериллиевой мишенью, создавая фтор-29, содержащий те же 20 нейтронов, но на один протон больше, чем нужный изотоп кислорода. Поэтому фтор-29 отправляли дальше, прогоняя через жидкий водород, и тогда он терял протон, превращаясь в кислород-28. Вопреки ожиданиям, срок его существования оказался настолько кратким, что зарегистрировать непосредственно этот изотоп не удалось. Ученые обнаружили лишь продукты его распада: кислород-24 и четыре нейтрона. Стоит заметить, что сам кислород-24 несколько лет назад принес аналогичный сюрприз. Вопреки предсказаниям, это ядро весьма стабильно, срок его полураспада составляет более 60 миллисекунд. Иначе говоря, кислород-24 ведет себя так, словно он дважды магический, хотя в теории содержит лишь магическое число протонов, но не нейтронов.

Новые экспериментальные данные могут говорить о том, что магические числа далеко не так универсальны, как принято думать. Поэтому теперь физики планируют добраться до еще более тяжелого изотопа, кислорода-30, чтобы сравнить сроки полураспада целой серии ядер. Вероятно, эта работа подтвердит, что магические числа действительно не могут служить надежным предсказателем их стабильности, а количество нейтронов и протонов, которое делает ядро устойчивым, меняется более сложным образом. Те же идеи, которые заставляли физиков ожидать стабильности от кислорода-28, стоят за концепцией «острова стабильности» – существования сверхтяжелых трансурановых элементов с большим сроком жизни. Их поиски идут уже не одно десятилетие, однако до сих пор без особенного успеха. Не исключено, что проблема с кислородом-28 может объяснять

и трудности с достижением «острова стабильности». Мы знаем, что электроны в атоме занимают ряд оболочек, и полностью заполненная оболочка делает его химически инертным, как благородные газы. Схожим образом может быть устроено атомное ядро: протоны и нейтроны (нуклоны) заполняют одну оболочку за другой, полностью заполненная оболочка означает большую стабильность всей конструкции. Соответствующее количество нуклонов называют «магическим числом». А уж если ядро содержит магическое количество и протонов, и нейтронов, то оно особенно устойчиво.

Ученые из Японии представили новый антикоагулянт без побочных эффектов. Особенности препарата не несут риски кровотечений, а также подходят даже беременным, поскольку не могут проникнуть через плаценту. По предварительным оценкам, новый подход в 10 раз эффективнее существующих сегодня методов лечения тромбоза. Антикоагулянты – разжижающие кровь препараты – используются для лечения многих состояний, включая сердечные приступы и COVID-19. Широко применяемый для профилактики тромбоза гепарин несет риски побочных эффектов в виде гепарин-индуцированной тромбоцитопении, поэтому ученые из Токийского университета работали над созданием безопасного антикоагулянта без рисков кровотечения или тромбоза. Ученые разработали ингибитор тромбина нового поколения, который состоит из молекул ДНК и включает блокирующий кровотечение механизм. Главная молекула препарата, способная связываться с несколькими целями одновременно, называется биспецифическим аптамером. Важно отметить, что молекулы ДНК в препарате достаточно велики, поэтому не могут преодолеть защитный барьер плаценты, что делает лекарство потенциально безопасным для плода. Благодаря использованию более коротких участков ДНК эффективность нового препарата оказалась примерно в 10 раз выше существующих сегодня аналогов, показали доклинические эксперименты. Осложнений не зарегистрировано.

Японские исследователи разработали прочный «суперклей», свойства которого можно многократно активировать и выключать с помощью света. Под воздействием электромагнитных волн с одной длиной материал «прилипает», а при облучении другими – отделяется и может быть легко удален с поверхностей. Ключевой ингредиент материала – кофейная кислота, которая может образовывать и разрушать поперечные связи под действием света с разными длинами волн. Инженеры изготовили полимер, содержащий кофейную

кислоту, нанесли его на поверхность и подвергли воздействию ультрафиолетового света с длиной волны 365 нм. В таких условиях материал формирует пленку с прочностью сцепления на сдвиг при комнатной температуре до 7,2 МПа. Когда связь деталей больше не нужна, на пленку можно воздействовать с помощью УФ-излучения с длиной волны 254 нм, которое разрушает поперечные связи и возвращает ее в исходное состояние. Такой материал не оставляет следов на поверхности и не теряет клеящих свойств, что позволяет использовать его повторно (рис. 2.13).

Инженеры испытали материал в серии экспериментов, включая многократное сгибание образцов и подъем груза. Например, соединенные с помощью полимера поверхности удерживали вес 40 кг в течение 72 часов без каких-либо признаков разрушения. В других испытаниях инженеры использовали клей для ремонта треснувших силиконовых трубок, а затем пропускали через них воду под высоким давлением и не обнаружили утечек. В ходе испытаний ученые продемонстрировали, что материал можно использовать даже под водой. В клей были встроены магнитные наночастицы, которые нагреваются при приложении магнитного поля, сплавляя клей с подложкой. Разработчики считают, что этот материал найдет широкий спектр применений, позволяя легче разбирать продукты на компоненты в конце их срока службы и превращать в новые продукты.

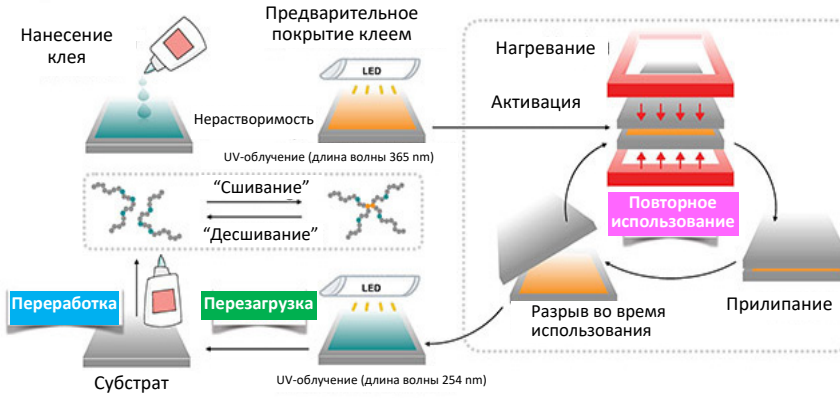


Рис. 2.13. Активация и деактивация клеящих свойств материала. © NIMS

Сверхвысокочастотные акустические волны визуализируют структуры размером несколько нанометров. Ученые из японского Института физико-химических исследований (RIKEN) разработали технологию ультразвуковой визуализации с высоким разрешением. Сверхвысокочастотные акустические волны можно применять для поиска скрытых наноскопических дефектов в материалах. Физики использовали сверхбыстрый трансмиссионный электронный микроскоп (UTEM) для обнаружения звуковых волн, генерируемых 200-нанометровым отверстием в центре сверхтонкой кремниевой пластины. UTEM задействуют два лазерных луча с небольшой задержкой между ними. Один луч освещает образец, а другой генерирует ультракороткий импульс электронов в микроскопе. В серии экспериментов ученые продемонстрировали, что созданная установка обеспечивает высокое качество и точность изображения. При этом созданная установка позволяет собирать данные с пикосекундной скоростью, необходимой для наблюдения наноструктур (рис. 2.14).

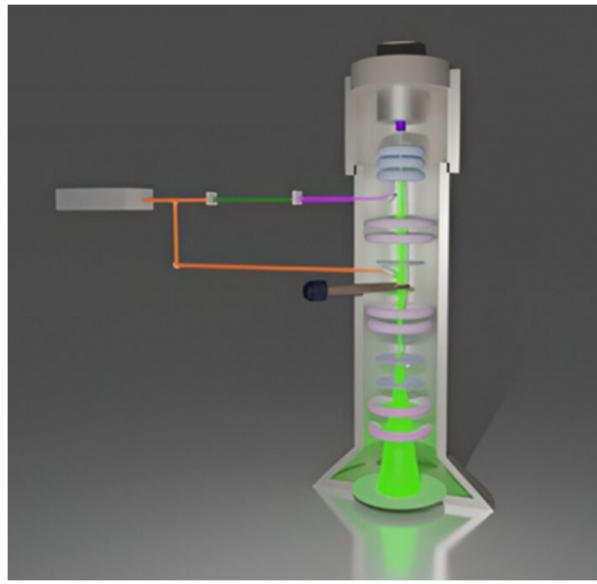


Рис. 2.14. Схема экспериментальной установки.
Лазер слева дает два луча, один взаимодействует с электронным лучом микроскопа, а другой (нижний луч) освещает образец.
Фото: RIKEN Center for Emergent Matter Science

В медицинских приборах УЗИ используются звуковые волны с длиной волны несколько миллиметров. Этого достаточно для наблюдения за внутренними органами или развитием плода. Но для исследования наноструктур длина волны должна быть существенно меньше, объясняют физики. Технологии создания таких высокочастотных звуковых волн давно известны: для их генерации в металлах и полупроводниках уже несколько десятилетий используются ультракороткие лазерные импульсы. Но обнаружить их гораздо сложнее, поскольку для этого требуется разработать детекторы, способные достигать нанометрового пространственного разрешения и фиксировать данные с пикосекундной частотой. Если мы научимся использовать звуковые волны с длиной волны около 100 нм или около того, мы сможем применять их для проверки материалов, например, для обнаружения дефектов, утверждает Асука Накамура, соавтор исследования из института RIKEN.

Долгое время ученые бились над идеей по выращиванию зубов в организме взрослого млекопитающего. Исследователям из Японии удалось это осуществить у различных лабораторных животных. Теперь стартуют клинические исследования с участием людей. Уже в течение нескольких лет успешные результаты исследования могут привести к одобрению инновационного лечения. По словам автора технологии Кацу Такахаси, он работал над этой идеей со студенческих времен. Многолетние эксперименты привели его команду к открытию гена USAG-1, воздействие на который может стимулировать рост новых зубов. В 2018 г. экспериментальное лечение привело к успешному росту новых зубов у мышей и хорьков. Наблюдения показали, что USAG-1 взаимодействует с определенными белками, подавляя рост зубов. Блокировка этого механизма приводит к передаче сигналов белка BMP, который запускает рост новых зубов.

«Идея выращивая новых зубов – мечта каждого стоматолога. Наши исследования должны проложить путь для клинического использования нового лекарства», – прокомментировал Такахаси. В пилотных клинических исследованиях примут участие пациенты с агенезией зубов – генетическим заболеванием, при котором наблюдается отсутствие одного или нескольких зубов. Важно отметить, что в отличие от экспериментальных клеточных технологий новый подход позволяет работать с врожденными аномалиями. Старт исследований назначен на лето 2024 г. В случае успеха ученые планируют сделать терапию доступной для всех людей к 2030 г.

Исследователи разработали технологию создания уникальных QR-кодов на основе жидких кристаллов. Группа исследователей из Высшей школы инженерии Университета Нагоя разработали метод создания микроскопических сферических частиц на основе холестерических жидких кристаллов (ХЖК). Технология, вдохновленная строением панцирей жуков, подойдет для печати уникальных и безопасных QR-код для защиты товаров от подделок. ХЖК – особый тип жидких кристаллов со спиральной структурой. Они обладают уникальными оптическими характеристиками, которые позволяют им избирательно отражать свет на определенных длинах волн. Эти свойства зависят от структуры спирали. Ключевая проблема с такими частицами состоит в том, что отражаемый цвет может меняться в зависимости от ориентации наблюдателя относительно спирали. Кроме того, чем крупнее частица, тем сложнее контролировать ее свойства. Исследователи использовали метод дисперсной полимеризации для создания сферических структур размером в несколько микрометров.

В серии экспериментов исследователи продемонстрировали, что такие крошечные частицы обладают уникальным цветом, при этом он зависит от размера микросфер. Управляя диаметром, можно менять оптические свойства частиц. Кроме того, покрытие сферы специальным полимером улучшает окраску и термическую стабильность частиц. На основе таких частиц можно создавать безопасные QR-коды, которые невозможно воспроизвести и подделать. Такой код для защиты от подделок может быть создан путем комбинирования цвета сферических частиц ХЖК с различными нехиральными пигментами, которые затруднят копирование. При этом с помощью специального кругового поляризатора, который пропускает нехиральный свет, но не пропускает хиральный свет, можно будет считать готовый код.

Ученые из Riken, японского исследовательского института, представили компактный ручной сканер терагерцового диапазона, который может использоваться для неразрушающего контроля различных объектов. Этот сканер способен анализировать лекарственные препараты, осуществлять проверку грузов и обнаруживать дефекты в металлических конструкциях. Исследователи сделали устройство компактным и уменьшили энергопотребление за счет использования особого кристалла ниобата лития. До сих пор подобные установки требовали больших помещений и значительного энергопотребления, притом что сами по себе они крайне востребованы.

Терагерцовый диапазон может проникать внутрь объектов и даже анализировать их химический состав на основе поглощения определенных длин волн. В мобильных терагерцовых сканерах крайне заинтересованы службы безопасности, поскольку они должны ускорить, упростить и сделать безопасными для персонала сканер-досмотр багажа и грузов. Японским инженерам удалось значительно уменьшить размеры и энергопотребление таких сканеров, уместив их в компактную форму.

Японские учёные разработали систему подземной навигации, которую назвали MuWNS. Её основа – мюоны, субатомные частицы, которые возникают при столкновении космического излучения с атмосферой Земли. По словам японцев, новая технология даёт возможность ориентироваться в пещерах, подвалах, вести мониторинг активности вулканов и искать людей, которые попали под завалы. Как это работает и зачем было создано?

GPS, несмотря на все свои возможности, работает не везде. Каждый из нас, вероятно, попадал в ситуацию, когда координаты не определялись из-за высоких зданий вокруг, гор или чего-либо ещё. Под землёй или под водой GPS не работает вообще. Зато туда проникают мюоны. На их основе уже созданы системы для изучения внутренней структуры горных пород или сооружений вроде египетских пирамид. «Мюоны всегда движутся с одной и той же скоростью, независимо от того, через какую материю они проходят, горную породу или стену здания, – сказал соавтор Хироюки Танака (Hiroyuki Tanaka) из Токийского университета в Японии. – Используя мюоны, мы разработали новый тип системы геопозиционирования, который назвали мюометрической системой позиционирования (muPS). Она работает под землей, в помещении и под водой».

Технологию японцев нельзя назвать новой – мюоны использовали и раньше. Например, для определения нелегального провоза радиоактивных материалов через границу, мониторинга вулканической деятельности или обнаружения культурных артефактов прошлых эпох. Именно при помощи мюонов археологи смогли обнаружить руины сооружений майя в Белизе.

В 2016 г. археологи при помощи портативной мюонной системы смогли обнаружить скрытый коридор за блоками на северной стороне Великой пирамиды в Гизе (Египет). Кроме того, используя ту же систему, та же команда нашла пустоту в другом месте пирамиды. Как оказалось, это внутреннее помещение, которое могло бы остаться ненайденным, если бы не новая технология. В 2023 г.

учёные применили мюонный детектор для обнаружения скрытой камеры в руинах древнего некрополя Неаполя, который находится на глубине в 10 м (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Возможности глубины проникновения различных методов

Технология	Точность (м)	Диапазон (м)	Преимущества	Недостатки
MuWNS (Wireless muometric navigation system) Беспроводная мюометрическая навигационная система	2-25	30-100	Экологически чистый	Низкое временное разрешение
Текущая работа				
RFID (Radio Frequency Identification) Радиочастотная идентификация	10-30	1	Требуется центр управления	Батарея не требуется
ZigBee Ячеечная сеть с низким потреблением энергии	10-200	1-75	требуется сеть Wi-Fi	Низкое энергопотребление
Lidar Система обнаружения, работающая по принципу радара, но использующая лазерный	0.2	3-12	Высокая точность	Требуется четкая видимость
Акустика	0.01-3	Несколько метров	Высокая точность	Требуется четкая видимость

Детекторы мюонов обычно состоят из камер, наполненных газом. Мюоны, сталкиваясь с молекулами газа, испускают фотоны, которые и регистрируются детектором. По количеству фотонов учёные рассчитывают энергию и траекторию движения частицы. Система навигации, созданная учеными из Токио, состоит из четырёх детекторов на поверхности и одного детектора под землей. Детекторы регистрируют прохождение мюонов, определяя относительное положение подземного детектора по времени регистрации и направлению движения частиц. Для синхронизации детекторов используются высокоточные часы (рис. 2.15).

Вся эта система – не просто теория. Она уже существует, и даже проверена в работе. Впервые ученые протестировали её в 2021 г. для

определения приливных условий в Токийском заливе. Они разместили 10 мюонных детекторов в служебном туннеле под заливом, который находится примерно на 45 м ниже уровня моря. Им удалось создать «фотографию» моря над туннелем с разрешением, достаточным, чтобы можно было говорить о демонстрации способности системы обнаруживать сильные штормовые волны или цунами. В 2022 г. учёные при помощи мюонных детекторов зафиксировали подробную структуру циклона, который привел к появлению тайфуна, обрушившегося на Японию с юга. Это был тест, но он показал, что мюонная система дает возможность значительно улучшить прогнозирование появления тайфунов и вообще динамику погодных условий в определённом регионе.

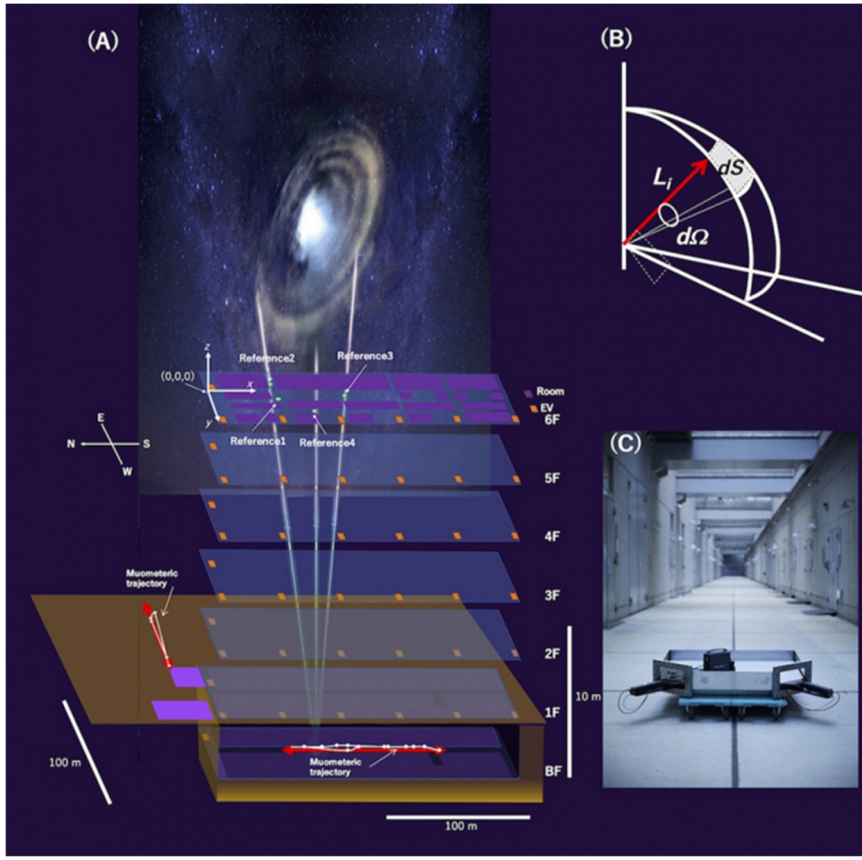


Рис. 2.15. Система навигации, созданная учеными из Токио

В ранних тестах детекторы и приемник были соединены проводами, что ограничивало возможности системы. Сейчас её улучшили, сделав беспроводной, что дало возможность увеличить масштаб применения MuWNS. В новом тесте наземные станции были размещены на шестом этаже здания, а оператор с приёмником ходил по коридорам подвала. Как оказалось, MuWNS работает с точностью от 2 до 25 м с дальностью до 100 м. По словам учёных, результат оправдал ожидания: система работает одинаково хорошо, если не лучше, чем подземные системы GPS-позиционирования. Сейчас систему дорабатывают, с тем чтобы точность была улучшена до 1 м, после чего можно создавать уже прикладные системы, которые могут использоваться для решения заявленных выше задач. В будущем эту технологию можно будет внедрить и для навигации роботов, которые работают под землей или под водой, а также для управления автономными транспортными средствами в зонах, где сигнал GPS очень слабый. Кроме того, японцы планируют создать на базе своей системы чип, который можно было бы интегрировать в мобильные телефоны и другие электронные устройства.

Для того чтобы солнечная или ветровая энергетика становились более эффективными, а электрический транспорт – популярнее, необходимы инновации в технологии аккумулирования энергии. Современные методы вроде литий-ионных батарей не идеальны: они долго заряжаются, а проблемы с электролитом снижают срок службы. Одной из альтернатив считаются диэлектрические конденсаторы. Исследовательская группа японских ученых собрала из нанолистов устройство с наивысшим показателем накопления энергии из созданных до сих пор. Конденсаторы состоят из тонких слоев металлических электродов, разделенных диэлектрической пленкой. Диэлектрики накапливают энергию в результате процесса поляризации. Когда на конденсатор воздействует электрическое поле, положительные заряды движутся к отрицательному электроду, а отрицательные – к положительному. Накопление электрической энергии зависит от поляризации диэлектрической пленки под действием внешнего электрического поля.

Диэлектрические конденсаторы имеют множество преимуществ, например, заряжаются за пару секунд, долго служат и обладают высокой плотностью энерговыделения. Однако плотность энергии современных диэлектриков существенно ниже современных потребностей. Это не позволяет им соперничать с другими типами

накопителей энергии. Ключ к решению этой проблемы – воздействие на диэлектрический материал как можно более сильным электрическим полем. Для того чтобы найти материал, способный работать с таким полем, ученые использовали слои нанопленки из кальция, соды, ниобия и кислорода с перовскитовой кристаллической структурой. Она характерна превосходными диэлектрическими свойствами, в частности, высокой поляризацией. Результаты экспериментов показали, что такая конструкция выдерживает достаточно высокие электрические поля и преобразует их в электростатическую энергию без потерь, достигая наивысшей плотности энергии из зарегистрированных – на 1–2 порядка выше, чем у имеющихся аналогов. Кроме того, диэлектрические наноконденсаторы они сохраняют стабильность на протяжении множества циклов, и продолжают надежно работать при температуре до 300 °C.

В Японии инженеры-роботехники разработали необычное устройство в виде нескольких рук, которые крепятся к спине человека с помощью специальных лямок и напоминают руки Доктора Осьминога из комиксов о Человеке-пауке. «Гибкие руки» или «танцующих киборгов» создала команда ученых из Токийского университета во главе с Масахико Инами. В интервью Reuters ученый рассказал, что, создавая роборуки, он основывался на идее «дзидзай» – этот японский термин означает автономию и свободу делать все что угодно. Инженеры поставили перед собой цель сделать устройство для улучшения возможностей человека. Экзопротезы уже выпустила японская компания Jizai, работающая в последнее время над проектом цифрового киборга – «свободного тела», в котором в полной мере используют носимые технологии, робототехнику и технологии управления.

Инженеры Университета Маккуори разработали новый вид оптического волокна, совместимый с существующей инфраструктурой, который позволяет передавать данные с рекордно высокой скоростью. Международная группа исследователей установила новый рекорд скорости передачи данных с помощью стандартного для отрасли оптического волокна. В серии экспериментов они достигли скорости в 1,7 Пбит/с (1 700 000 Гбит/с) при передаче данных по кабелю длиной 67 км. Волокно, содержащее 19 жил, по каждой из которых может передаваться сигнал, соответствует мировым стандартам. Это значит, что его можно будет внедрить без значительных изменений инфраструктуры. Исследователи разработали стеклянный

чип с волноводным рисунком, выгравированным на нем с помощью технологии 3D-лазерной печати. Это позволяет подавать сигналы в 19 отдельных жил волокна одновременно с равномерными низкими потерями. В отличие от альтернативных технологий, такой подход позволяет избежать потери света и использует меньше цифровой обработки, что значительно снижает мощность, необходимую для передачи одного бита.

Большинство современных оптических волокон имеют толщину 125 мк и одну сердцевину, по которой передаются несколько световых сигналов. Это означает, что ее скорость ограничена несколькими Тбит/с из-за интерференции между сигналами, объясняют разработчики. Хотя толщину существующих волокон можно увеличить, такие структуры будут менее гибкими, а их внедрение станет дорогостоящим из-за необходимости изменения всей инфраструктуры. Технически это не самая высокая скорость передачи данных из когда-либо зарегистрированных – скандинавские исследователи достигли 1,84 Пбит/с в 2022 г. Но новая технология, как полагают разработчики, ближе к внедрению, поскольку использует стандартный диаметр кабеля и не требует существенной модернизации инфраструктуры.

Инженеры усовершенствовали технологию флуоресцентной микроскопии одиночных молекул, чтобы отслеживать движения молекул внутри клеток. Исследователи из Японии разработали самую быструю в мире камеру для флуоресцентной микроскопии одиночных молекул. Устройство фиксирует местоположение молекулы с прикрепленной меткой каждые 33 мкс с точностью до 34 нм или каждые 100 мкс с точностью до 20 нм. Микроскопия одиночных молекул использует флуоресцентную молекулу в качестве репортерной метки, которая может связываться с интересующими молекулами в клетке и показывать, где они находятся, как перемещаются и связываются друг с другом. Исследователям удалось ускорить сбор данных о местоположении такой молекулы в тысячу раз по сравнению с классическими камерами. «Теперь мы можем наблюдать, как отдельные молекулы танцуют внутри живых клеток, как будто мы смотрим балетное представление в театре», – говорит Такахиро Фудзивара, соавтор исследования.

Предыдущие наблюдения он сравнивает с танцем, от которого остались только редкие фотографии, а все, что происходило в промежутке между ними, приходится додумывать. Кроме того, камера,

разработанная исследователями, значительно улучшила временное разрешение предыдущего метода флуоресцентной микроскопии, за который была присуждена Нобелевская премия по химии в 2014 г. В этом методе положения отдельных молекул записываются в виде маленьких точек примерно 20 нм, в конечном итоге образуя изображения. Недостаток такого подхода в том, что создание изображение требовало времени более 10 минут, и поэтому образцы должны были быть химически зафиксированы мертвыми клетками. С помощью сверхбыстрой камеры изображение может быть сформировано за 10 секунд, что примерно в 60 раз быстрее, и позволяет наблюдать за живыми клетками, отмечают ученые.

Японская компания N-Ark представила проект плавучего города, рассчитанного на пребывание 40 тыс. человек. Из них 10 тыс. смогут быть его постоянными жителями. Городу Догэн будет не страшен подъем уровня Мирового океана, так как вся его инфраструктура спроектирована полностью автономной и самодостаточной – от выработки энергии до обеспечения жителей едой и водой. У города будет даже собственная стартовая площадка для запуска и приема грузовых и пассажирских ракет. Город Догэн будет иметь радиус 1,58 км и длину внешнего периметра 4 км. Он проектирован так, чтобы предоставить жилье и работу для примерно 10 000 постоянных жителей, а также рассчитан на прием до 30 000 туристов. Его круглая форма спроектирована так, чтобы выдерживать сильное волнение окружающего моря и даже противостоять удару цунами. Проект будет разделен на три отдельные области: так называемое обитаемое кольцо, включающее в себя основную жилую зону, подводный центр обработки данных, который будет естественным образом охлаждаться морем и содержать центры управления городом и медицинские исследовательские центры, а также плавучую архитектуру внутри искусственной бухты, созданной кольцеобразной конструкцией. Предполагается обилие зеленых насаждений, плантации по выращиванию продуктов, школы, спортивные площадки, больницы, парки, стадионы, гостиницы и офисы. Кроме того, в N-Ark считают возможным размещение сразу за периметром города стартовой и посадочной площадки для ракет. Японцы явно верят в то, что проект Starship рано или поздно полетит и будет доставлять грузы не только на орбиту или Луну, но и в пределах Земли, как это обещал Илон Маск. Также Маск считает необходимым вынесение стартовых комплексов Starship в море как минимум на 30 км, чтобы минимизировать негативное воздействие старта тяжелых ракет на населенные

районы побережья. Компания N-Ark считает, что город-остров будет потреблять всего около 2 млн л питьевой воды в год, что довольно скромно. При этом он будет ежегодно производить 3 288 т отходов, которые нужно будет либо куда-то вывозить, либо как-то утилизировать – этот вопрос пока детально не проработан. Собственные мощности позволят производить в Догэне почти 7000 т продуктов питания и вырабатывать 22,2 ГВт электроэнергии. Выработка энергии будет комплексной – солнечные панели, ветряки и турбины, использующие подводные течения. Как плавучий город будет функционировать, пока не совсем ясно, хотя компания достаточно подробно проработала отдельные вопросы, например, устройство внешнего периметра, обеспечение его плавучести и функциональности. Какими могут быть вложения в подобный проект в компании N-Ark не раскрывают, но утверждают, что если проект заинтересует потенциальных инвесторов, плавучий город может стать реальностью уже к 2030 г.

Две группы химиков одновременно сообщили о синтезе двухцепочечных органических ремней с топологией ленты Мебиуса. Химики из Японии разработали метод энантиоселективного синтеза скрученных ремней с помощью хирального родиевого катализатора. А их коллеги из Сингапура, Китая и Японии сообщили о первом синтезе полностью сопряженного трижды скрученного мебиусовского ремня. Из-за своей геометрии циклические молекулы с топологией Мебиуса обладают большой энергией напряжения и поэтому их сложно синтезировать. Если в одной и той же реакции может получиться обычная циклическая молекула или мебиусовская лента – основным продуктом всегда будет простой цикл без скручиваний. Это еще более характерно для сопряженных молекулярных ремней, в которых сопряженные двойные связи предпочитают быть в одной плоскости, а не скручиваться. Несмотря на эти трудности, химики уже научились синтезировать полностью сопряженные молекулярные цепочки и ремни с мебиусовской топологией. Но примеров многократно скрученных мебиусовских ремней с полностью сопряженной системой связей не было известно до сих пор.

О синтезе такого вещества рассказали химики под руководством У Цзи Шаня (Wu Jishan) из Национального университета Сингапура. Они провели реакцию Судзуки с двумя ациклическими исходниками, а получившуюся скрученную цепочку замкнули в ремень. В результате с выходом в 28% образовался трижды скрученный углеродный ремень с топологией Мебиуса, причем все ароматические кольца в его структуре оказались сопряженными друг

с другом. Затем полученное вещество авторы статьи разделили на два оптических изомера с помощью жидкостной хроматографии с хиральным сорбентом (рис. 2.16).

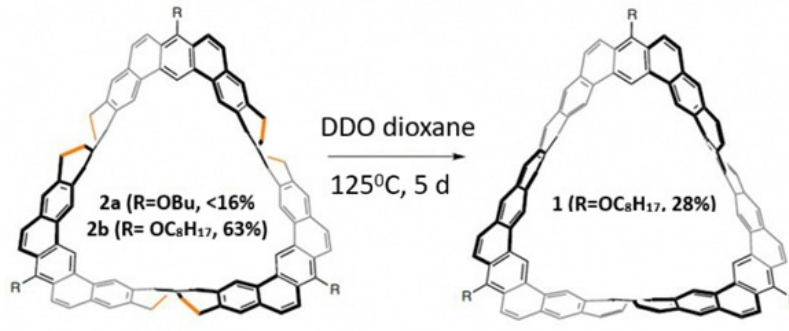


Рис. 2.16. Схема последней реакции в синтезе трижды скрученного мебиусовского ремня. Wei Fan et al. / Nature Synthesis, 2023

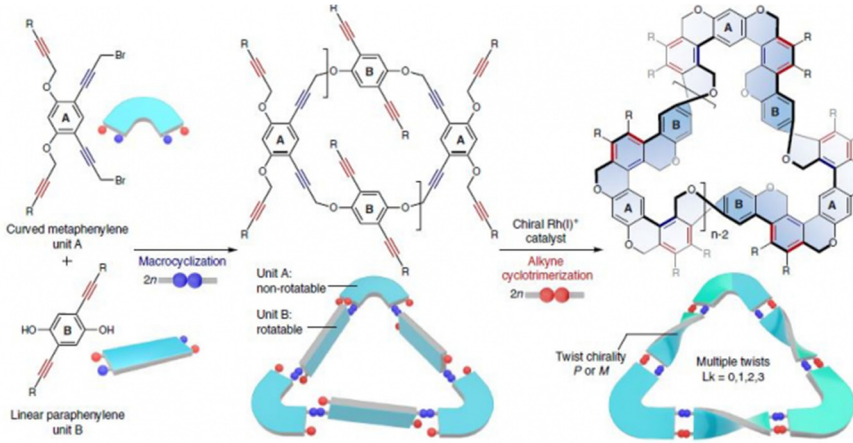


Рис. 2.17. Общая схема синтеза ремней с применением хирального катализатора. Juntaro Nogami et al. / Nature Synthesis, 2023

Другая группа химиков под руководством Кена Танаки (Ken Tanaka) из Токийского технологического института занялась схожей проблемой. Ученые решили найти способ получать мебиусовские

ремни в виде одного оптического изомера, т.е. энантиселективно. Для этого они стали использовать реакцию тримеризации, катализируемую фосфиновыми комплексами родия. Химики взяли комплекс родия с хиральным фосфином и смешали его с несколькими предварительно полученными циклическими полиенами – молекулами с несколькими тройными связями в структуре. В результате замыкания циклов в этих реакциях образовались углеродные ремни с разным количеством и конфигурацией скручиваний. Так, энантиомерный избыток в синтезе трижды скрученного мебиусовского ремня составил 86%, а в синтезе дважды скрученного немебиусовского ремня – 96% (рис. 2.17).

В результате одна группа химиков впервые получила трижды скрученный полностью сопряженный молекулярный ремень, а вторая – разработала общий метод энантиоселективного синтеза молекулярных ремней с разной топологией и составом. Эти открытия помогут другим группам химиков синтезировать молекулярные ремни с заданными оптическими свойствами.

Команда японских ученых разработала новую технологию быстрого производства нанопленки из двухмерных материалов толщиной несколько нанометров. Она позволяет формировать высококачественные листы наноматериалов, не обладая высокой квалификацией, одним нажатием кнопки. Невидимые невооруженным взглядом наноматериалы обладают большим потенциалом в электронике, катализе, накоплении энергии и биомедицине. Из графена и неорганических материалов изготавливают и тестируют наноразмерные устройства для солнечных элементов и батарей с интересными свойствами. Однако современная технология производства тонких пленок требует сложных операций и квалифицированного персонала. Кроме того, на изготовление одного слоя уходит около часа.

Специалисты из Университета Осаки и Нагойского университета разработали новый технологический процесс. Благодаря автоматизации нанолисты изготавливаются примерно за минуту, после того как одна капля коллоидного раствора попадает на раскаленную подложку. Затем происходит аспирация и удаление жидкости. В результате получается однослойная пленка без разрывов. Уменьшение поверхностного натяжения коллоидального водного раствора и усиление конвекции нанолистов смогли снизить дефекты, возникающие при их производстве, и позволили эффективнее управлять процессом. Аккуратное повторение операции получения однослойной пленки обеспечило возможность послойной сборки многослойных

пленок с контролируемой толщиной. «Разработанный недавно метод может стать важной технологией промышленного тонкопленочного производства и метода нанесения нанопокрытий, потому что он простой, быстрый и требует всего лишь немного раствора для получения высококачественной, широкой пленки с аккуратной мозаичной структурой», – сказал профессор Осада Минору, один из исследователей.

Исследователи из Университета Китакюсю в Японии разработали технологию для переработки отходов в виде одноразовых подгузников для использования в качестве дешевого строительного материала. Измельченный мусор может заменять песок в бетоне и других растворах, используемых при строительстве, без значительного снижения прочности. Исследователи приготовили образцы бетона и раствора, смешав промытые, высушенные и измельченные подгузники с цементом, песком, гравием и водой. Затем эти образцы оставляли на 28 дней, чтобы они отвердели. Ученые протестировали шесть образцов, содержащих различные пропорции отходов подгузников, чтобы измерить, какое давление они могут выдержать, не сломавшись. Для демонстрации возможностей технологии инженеры рассчитали максимальную долю песка, который можно заменить одноразовыми подгузниками в отдельных строительных материалах, необходимых для возведения дома площадью 36 м². При расчетах они учитывали строительные стандарты и ограничения на прочность материалов. Анализ показал, что отходы из подгузников могут заменить до 10% песка в бетоне, используемом для формирования колонн и балок в трехэтажном доме. Эта доля увеличилась до 27% песка в смесях для строительства колонн и балок в одноэтажном доме. При создании перегородок можно заменять до 40% песка, а в смесях для полов – 9%. В среднем для дома площадью 36 м² отходы могут заменить до 8% песка, для этого потребуется около 1,7 м³ подгузников. Одноразовые подгузники обычно изготавливаются из древесной массы, хлопка, вискозы и пластмасс, таких как полиэстер, полиэтилен и полипропилен. После использования большая часть подгузников вывозится на свалку или сжигается. Исследователи отмечают, что для использования в качестве альтернативного материала отходов из подгузников не потребуется существенное изменение технологических процессов при строительстве.

Разработку новой системы суперкомпьютера «Фугаку» начнут в следующем году в Японии Институт физико-химических исследований (RIKEN) и компания Fujitsu. Новый суперкомпьютер будет

способен выполнять задачи, связанные с искусственным интеллектом, с производительностью 50 экзафлопс, а в отдельных случаях его мощность может достигать уровня зеттафлопс. Это означает, что система сможет обрабатывать один секстиллион операций в секунду. Если Японии удастся создать такой суперкомпьютер к 2030 г., он станет самым мощным в мире. Каждый вычислительный узел нового суперкомпьютера Fugaku Next будет иметь пиковую производительность в несколько сотен терафлопс для вычислений с двойной точностью (FP64), около 50 петафлопс для вычислений с точностью FP16 и до 100 петафлопс для вычислений с 8-битной точностью. Память HBM обеспечит пропускную способность в несколько сотен терабайт в секунду. Для сравнения, нынешний «Фугаку» показывает 3,4 терафлопса при вычислениях с двойной точностью и 13,5 терафлопса при половинной точности, с пропускной способностью памяти 1 терабайт в секунду.

На первый год разработки нового суперкомпьютера министерство выделит 4,2 млрд иен (около 29 млн долл.), а общий бюджет проекта составит более 110 млрд иен (примерно 761 млн долл.). Руководить проектом будет RIKEN, один из ведущих научных институтов Японии, при этом акцент будет сделан на использование японских технологий. Основная часть разработки оборудования ляжет на компанию Fujitsu. Хотя конкретные детали архитектуры Fugaku Next пока не раскрываются, предполагается, что система может использовать центральные процессоры со специализированными ускорителями или комбинацию центральных и графических процессоров. Если новый суперкомпьютер будет работать на процессорах Fujitsu, они, скорее всего, будут оснащены приблизительно 150 ядрами Armv9. Эти процессоры будут выполнены в виде многослойных чипов с модулями SRAM и интерфейсами ввода-вывода, поддерживающими память DDR5 и интерфейсы PCIe 6.0 и CXL 3.0 для подключения ускорителей и периферийных устройств. Производство чипов планируется по 2-нм техпроцессу TSMC. Возможен и вариант с ещё более передовой технологией, вплоть до 1-нм техпроцесса.

2.10. Применение лазеров в обороне и промышленности

Использование лазеров в различных отраслях развивается весьма интенсивно. Так, ученые из Лаборатории лазерной энергетики (LLE) Рочестерского университета придумали, как термо-

ядерным лазерам самим производить топливные гранулы для работы. В декабре 2022 г. сотрудники Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса в Калифорнии совершили прорыв в исследованиях термоядерной энергии. Они использовали 192 высокоэнергетических лазера, сосредоточенных на одной точке, и «ударили» ими по грануле дейтерия и трития. Так им впервые удалось вызвать реакцию зажигания инерциального синтеза. Хотя это было великое открытие, до практического применения термоядерного реактора предстоит еще много работы. Команда ученых из Университета Рочестера во главе с Игорем Игуменщевым, старшим ученым LLE, и Валерием Гончаровым, директором теоретического подразделения лаборатории, решили одну из проблем, которые мешают использовать лазерный синтез в реальном мире. Речь идет о производстве топливных гранул, необходимых для работы реактора. Сейчас оно стоит очень дорого, сложное и требует использования жидкого гелия для замораживания дейтерия и трития (радиоактивных изотопов водорода) до температуры всего 11 градусов Кельвина. Работающий термоядерный реактор будет нуждаться в около миллионе таких топливных гранул ежедневно. Сейчас ученые разрабатывают метод, при котором лазеры в реакторе создают собственные топливные «таблетки» перед взрывом и зажиганием. Вместо использования твердых гранул ученые ввели дейтерий и тритий в пенопластовые капсулы. Когда лазеры стреляют в капсулу, капсулы коллапсирует в сферу с той же плотностью, что и жидкое топливо из дейтерия и трития, которое затем взорвется. На данный момент этот процесс – пока проверка концепции с использованием лазера OMEGA LLE. Тем не менее ученые утверждают, что будущие лазеры с более длинными и энергичными импульсами должны «сработать».

Разновидность кольцевого резонатора в форме яйца позволила физикам создать быстрый каскадный лазер. А его спектральные характеристики послужили основой для создания дополнительной частотной степени свободы. Стремление к миниатюризации оптических систем позволяет не только получать быстрые и хорошо интегрируемые устройства, но и обнаруживать новые физические явления. Ученые уже давно пользуются лазерами, которые умещаются на интегральном чипе, и даже создают схемы для управления оптическим излучением на том же чипе. Одну из ключевых составляющих лазера – резонатор – можно реализовать разными способами. Например, в виде кольца. Кольцевые резонаторы используются не только в лазерных системах, но и для схем задержек, интерферометров,

фильтров или в схеме оптического гироскопа. От размеров резонатора зависит то, какая длина волны света будет распространяться по нему наиболее эффективно. Такие длины волн называются резонансными. Команда физиков из Института квантовой электроники в Цюрихе под руководством Жерома Файста (Jérôme Faist) показала, как посредством кольцевого резонатора с фазовой модуляцией можно создать дополнительную размерность. Они предлагают с ее помощью делать многомерные системы для исследования квантовых блужданий.

Авторы использовали полупроводниковый лазер с резонатором в форме яйца и модулируемой фазой, излучающий в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн. Важно отметить, что процесс накачки и переизлучения происходит на межзонных переходах (такие лазеры еще называют каскадными и обычно реализуются в гетероструктурах), поэтому период накачки активной среды – между моментами непосредственно излучения – оказывается очень коротким. Это значит, что лазер может генерировать импульсы с высокой частотой (рис. 2.18).

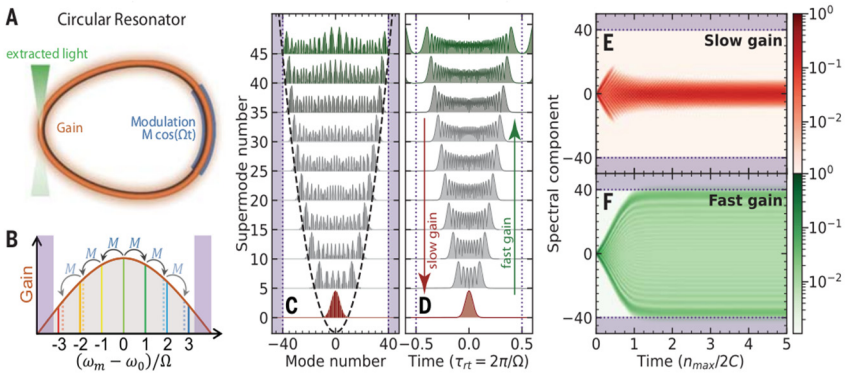


Рис. 2.18. Схематичное изображение резонатора (A), разные состояния в частотном пространстве (B). Фиолетовым показано, что они ограничены. сравнение с гармоническим осциллятором и его моды в случае дискретного и непрерывного спектра частот (C, D), сравнение медленного и быстрого усиления сигнала (E, F). Ina Heckelmann et al. / Science, 2023

Авторы подавали на вход резонатора излучение разных длин волн и мощностей и измеряли выходной спектр. Оказалось, что поведение резонатора можно представить в виде гармонического

осциллятора, который имеет ограниченное число мод (в эксперименте число мод ограничено из-за дисперсии). С возрастанием номера моды осциллятора увеличивается ширина спектра этой моды, что совпадает с поведением резонатора. Инфракрасная фурье-спектроскопия показала, что в свободном состоянии лазер генерирует одномодовый сигнал, и при приближении к резонансу на выходе наблюдается многомодовый режим с довольно плоской центральной частью. При этом состояние резонанса оказывается довольно стабильным, а перемещение между разными модами задает дополнительную размерность. Помимо применения разработанного лазера, авторы отмечают, что его компоненты быстрого восстановления можно использовать и в других схемах с другими длинами волн.

Ученые создали первый в мире нанофотонный ускоритель электронов, который ускоряет отрицательно заряженные частицы с помощью мини-лазерных импульсов и достаточно мал, чтобы поместиться на монете. Недавно ученые впервые запустили самый маленький в мире ускоритель частиц – нанофотонный ускоритель электронов (NEA). Он состоит из микрочипа, в котором находится крошечная ускорительная трубка длиной всего несколько миллиметров. Сама вакуумная трубка – это тысячи отдельных «столбов». Исследователи могут ускорять электроны, направляя на них мини-лазерные лучи. Длина главной ускорительной трубы составляет примерно 0,5 мм, что в 54 млн раз меньше кольца длиной 27 км Большого адронного коллайдера ЦЕРН (БАК) в Швейцарии. Это самый мощный ускоритель частиц, который помог физикам обнаружить несколько новых частиц, включая бозон Хиггса (или частицу Бога), призрачные нейтрино, очаровательный мезон и загадочную частицу X. Ширина внутренней части крошечного туннеля составляет всего около 225 нанометров. По данным Национального института нанотехнологий, толщина человеческого волоса от 80 000 до 100 000 нанометров. Исследователи из Университета Эрлангена – Нюрнберга имени Фридриха-Александра (FAU) в Германии использовали крошечное приспособление для ускорения электронов с 28,4 до 40,7 килоэлектронвольт. Это первый случай успешного запуска нанофотонного ускорителя электронов. Впервые его концепцию предложили в 2015 г. Сотрудники Стэнфордского университета тоже повторили этот трюк со своим мини-ускорителем, но их результаты все еще находятся на рассмотрении. «Впервые мы действительно можем говорить об ускорителе частиц на микрочипе», – заявил Рой Шайло, физик из FAU и соавтор исследования.

БАК использует более 9 000 магнитов для создания магнитного поля, которое ускоряет частицы примерно до 99,9% скорости света. NEA также создает магнитное поле, но работает, направляя лучи света на столбы вакуумной трубки; это усиливает энергию, но получившееся энергетическое поле намного слабее. Энергия электронов, ускоренных NEA, составляет около одной миллионной от энергии частиц, ускоренных на БАК. Однако физики считают, что они могут улучшить конструкцию NEA, используя альтернативные материалы или располагая несколько трубок рядом друг с другом. Тем не менее они никогда не достигнут тех же энергетических уровней, что и большие коллайдеры. Однако стоит учитывать, что основная цель создания этих ускорителей – использовать энергию, выделяемую ускоренными электронами, в медицине. В перспективе NEA может заменить лучевую терапию, посредством которой уничтожают раковые клетки.

Больше века идея передачи энергии по воздуху бродит в умах изобретателей, но законы физики препятствуют ее воплощению. Управление по перспективным исследованиям Министерства обороны США нацелилось совершить прорыв в этой области. DARPA анонсировало новую программу разработки наземных лазерных установок для питания энергией летательных аппаратов, расположенных на расстоянии тысяч километров. Для начала инженеры хотят передать 10 кВт на 200 км. В теории все довольно просто, но на деле придется придумать, как обойти массу технических проблем. Лазеры действуют вдоль линии прямой видимости, так что в верхних слоях атмосферы нужно будет разместить воздушные реле для минимизации помех и ослаблений луча, вызванных водяными парами в воздухе. Кроме того, передатчики и реле должны иметь возможность наводиться на подвижную цель и корректировать положение луча. Однако самая серьезная проблема – огромные потери, вызванные многократными преобразованиями света лазеров в электричество и обратно. Пока проект под названием POWER находится в первой фазе, которая включает разработку концептуального дизайна реле. Вторая фаза будет касаться интеграции этой технологии в корпус какого-нибудь из существующих летательных аппаратов. В третьей будут проведены испытания по передаче 10 кВт энергии на 200 км. «Энергия требуется для любой деятельности человека, включая оборону. Нам нужны методы передачи энергии для преодоления уязвимости и других ограничений нашей текущей парадигмы. Следующий шаг вперед в направлении оптического излучения может

быть тесно связан с релейными технологиями», – сказал Пол Джаффе, руководитель программы POWER.

Специалисты из США разработали новый тип медицинского сонографа – лазерное ультразвуковое устройство (NCLUS), которое делает снимки внутренних органов, кровеносных сосудов, мышечных тканей и сухожилий не только неинвазивно, но и бесконтактно. Кроме того, оно измеряет прочность костей и может использоваться для отслеживания хода заболеваний. При проведении процедуры УЗИ к коже пациента прижимают ультразвуковой датчик, который излучает звуковые волны, проходящие через ткани тела и отражающиеся от различных типов клеток: жира, мускулов, кровеносных сосудов, костей. Эхо от этих волн создает снимок внутренностей, а особые режимы обработки данных позволяют построить изображения в двух или трех измерениях. Несмотря на высокую точность современных аппаратов УЗИ, метод не лишен недостатков. Управление датчиком вручную требует опыта, а давление прибора вызывает непредсказуемые изменения в свойствах тканей, которые влияют на траектории звуковых волн. Вдобавок, даже небольшой наклон датчика меняет угол обзора и лишает картину точности. Все это не позволяет с достаточной уверенностью использовать снимки УЗИ в медицине. Например, невозможно установить, увеличивается или уменьшается опухоль или где она расположена.

Команда инженеров из MIT и Общеклинической больницы Массачусетса решила эту проблему путем автоматизации получения ультразвуковых изображений и внедрения лазерного позиционирования. Благодаря отсутствию контакта с кожей пациента не возникает изменений в тканях. Уникальные маркеры на коже позволяют точно воспроизводить снимки, а специальная программа сравнивает результаты сканирования. Бесконтактный метод подходит для обследования чувствительных и болезненных зон или в случае риска заражения. «NCLUS может делать снимки больных с ожогами или травмами, с глубокими повреждениями тканей прямо в процессе операции, недоношенных детей, требующих интенсивного ухода, пациентов с травмами шеи и позвоночника, инфицированных заразными болезнями», – сказал Роберт Хаупт, руководитель исследовательской группы. В состав комплекса NCLUS входит импульсный лазер, передающий оптическую энергию через воздух на поверхность кожи. Импульс вызывает мгновенное локальное повышение температуры и деформацию кожи из-за эффектов термоупругости, которые в свою очередь генерируют ультразвуковые волны, такое явление называют

фотоакустическим. Оптический импульс передает достаточно ультразвуковой энергии на частотах, совместимых с современными аппаратами УЗИ, и не вызывают никаких неприятных ощущений на коже. В 2019 г. команда MIT разработала первый опытный образец устройства, но тогда его разрешение было существенно ниже, чем у традиционных аппаратов УЗИ. Будущие модели стали работать быстрее и на более высоких частотах, добившись разрешения в 200 мк. Дальше инженеры планируют заняться разработкой аппарата NCLUS для применения в военно-полевых госпиталях.

Лазеры сверхвысокой мощности в основном используются при резке и сварке в судостроении, аэрокосмической отрасли, безопасности объектов атомной энергетики и т.д. Внедрение волоконных лазеров сверхвысокой мощности мощностью 60 кВт и выше вывело мощность промышленных лазеров на новый уровень. Следуя тенденции развития лазеров, компания Teyu выпустила сверхмощный волоконный лазерный охладитель CWFL-60 000. За последние три года из-за пандемии темпы роста спроса на промышленные лазеры замедлились. Однако развитие лазерных технологий не остановилось. В области волоконных лазеров последовательно внедряются сверхмощные волоконные лазеры мощностью 60 кВт и выше, что поднимает мощность промышленных лазеров на новый уровень. В эпоху киловаттных волоконных лазеров мощность ниже 6 кВт можно использовать для резки и сварки большинства распространенных металлических изделий, таких как лифты, автомобили, ванные комнаты, кухонная утварь, мебель и шасси, толщиной не более 10 мм как для листового, так и для трубчатого материала. Скорость резки лазера мощностью 10 000 Вт в два раза выше, чем у лазера мощностью 6 000 Вт, а скорость резки лазера мощностью 20 000 Вт более чем на 60% выше, чем у лазера мощностью 10 000 Вт. Он также превышает ограничения по толщине и может резать углеродистую сталь толщиной более 50 мм, что редко встречается в обычных промышленных изделиях. А как насчет лазеров мощности свыше 30 000 Вт?

В апреле прошлого года президент Франции Макрон посетил Китай в сопровождении таких компаний, как Airbus, DaFei Shipping, и французского поставщика электроэнергии Électricité de France. Французский производитель самолетов Airbus объявил об оптовой закупке с Китаем 160 самолетов общей стоимостью около 20 млрд долл. Они также будут строить вторую производственную линию в Тяньцзине. Корпорация China Shipbuilding Group подписала

соглашение о сотрудничестве с французской компанией DaFei Shipping Group, включающее строительство 16 сверхбольших контейнеровозов типа 2 стоимостью более 21 млрд юаней. China General Nuclear Power Group и Électricité de France тесно сотрудничают, классическим примером является Тайшаньская АЭС. Мощное лазерное оборудование мощностью от 30 000 до 50 000 Вт позволяет резать стальные пластины толщиной более 100 мм. Судостроение – это отрасль, в которой широко используются толстые металлические листы: типичные коммерческие суда имеют стальные листы корпуса толщиной более 25 мм, а большие грузовые суда даже превышают 60 мм. Большие военные корабли и сверхбольшие контейнеровозы могут использовать специальные стали толщиной 100 мм. Лазерная сварка имеет более высокие скорости, меньшую тепловую деформацию и доработку, более высокое качество сварного шва, уменьшенный расход присадочного материала и значительно улучшенное качество продукции. С появлением лазеров мощностью в десятки тысяч ватт больше нет ограничений в области лазерной резки и сварки в судостроении, что открывает большой потенциал для будущей замены. Роскошные круизные лайнеры считаются вершиной судостроительной промышленности, традиционно монополизированной несколькими верфями, такими как итальянская Fincantieri и немецкая Meyer Werft. Лазерные технологии широко используются для обработки материалов на ранних стадиях строительства судов. Первый круизный лайнер отечественного производства планируется спустить на воду к концу 2023 г. China Merchants Group также продвинула строительство центра лазерной обработки в Наньтун Хайтун для своего проекта по производству круизных лайнеров, который включает в себя мощную лазерную резку и сварку, линию по производству тонких пластин. Ожидается, что эта тенденция применения постепенно распространится на гражданские коммерческие суда. У Китая больше всего заказов на судостроение в мире, и роль лазеров в резке и сварке толстых металлических пластин будет возрастать.

Аэрокосмические транспортные системы в основном включают ракеты и коммерческие самолеты, при этом ключевым фактором является снижение веса. Это предъявляет новые требования к резке и сварке алюминиевых и титановых сплавов. Лазерные технологии необходимы для достижения высокоточных процессов сварки и резки сборки. Появление лазеров мощностью более 10 кВт привело к комплексному обновлению аэрокосмической отрасли

с точки зрения качества резки, эффективности резки и интеллектуальных возможностей высокой интеграции. В производственном процессе аэрокосмической промышленности существует множество компонентов, требующих резки и сварки, в том числе камеры сгорания двигателей, корпуса двигателей, каркасы самолетов, панели хвостового крыла, сотовые конструкции и несущие винты вертолетов. К этим компонентам предъявляются чрезвычайно строгие требования к интерфейсам резки и сварки. Airbus уже давно использует мощные лазерные технологии. При производстве самолета A340 все внутренние переборки из алюминиевого сплава свариваются с помощью лазера. Прорывной прогресс достигнут в лазерной сварке обшивок и стрингеров фюзеляжа, которая реализована на Airbus A380. Китай успешно провел испытания большого самолета C919 отечественного производства. Есть также будущие проекты, такие как разработка C929. Можно предвидеть, что лазеры найдут применение в производстве коммерческих самолетов.

Ядерная энергетика – это новая форма чистой энергии, а США и Франция обладают самыми передовыми технологиями строительства атомных электростанций. На долю ядерной энергетики приходится около 70% поставок электроэнергии во Франции, и Китай сотрудничал с Францией на ранних этапах строительства своих атомных электростанций. Безопасность является наиболее важным аспектом объектов атомной энергетики, и существует множество металлических компонентов с защитными функциями, которые требуют резки или сварки. Независимо разработанная в Китае технология лазерной интеллектуальной сварки MAG с интеллектуальным отслеживанием была массово применена в стальном куполе и стволе футеровки энергоблоков 7 и 8 Тяньваньской атомной электростанции. В настоящее время готовится первый робот для сварки проплавляемых гильз ядерного класса. Компания Teyu пошла в ногу с тенденциями развития лазеров и разработала и произвела охладитель сверхмощного волоконного лазера CWFL-60 000, который обеспечивает стабильное охлаждение лазерного оборудования мощностью 60 кВт. Благодаря двойной независимой системе контроля температуры он способен охлаждать как высокотемпературную лазерную головку, так и низкотемпературный лазерный источник, обеспечивая стабильную мощность лазерного оборудования и эффективно гарантируя быструю и эффективную работу мощных станков для лазерной резки.

Реализующиеся в ЕС, Китае, США и России проекты по созданию сверхмощных лазерных установок позволяют надеяться на успех в воплощении как классического термоядерного синтеза, так и нового, «нетеплового» подхода к созданию реактора ядерного синтеза, который развивается австралийским физиком Генрихом Хора. Нынешний век информационных технологий, знаменующий собой трансформацию повседневной жизни с помощью портативных компьютеров, смартфонов, так называемого искусственного интеллекта и т.д., стал возможен благодаря экспоненциальному увеличению вычислительной мощности микросхем, которое началось в 1970-х гг. и продолжается сегодня. Этот процесс эмпирически описывается известным законом Мура: количество транзисторных элементов, которые могут быть упакованы в интегральную микросхему, удваивается примерно каждые два года. Однако мало кто знает, что аналогичный процесс происходит и в лазерных технологиях. Интенсивность световых импульсов, которые могут доставлять лазеры, возрастает по экспоненте с момента создания первого лазера в 1960 г. Благодаря этому стало возможным концентрировать все большее количество энергии в более коротких и более сжатых импульсах, вплоть до одной миллионной от миллиардной доли секунды и меньше. Мы вошли в мир «экстремального света» – формы света, которая, насколько нам известно, никогда не существовала ранее в нашей Солнечной системе.

Новые сверхмощные лазеры с ультракороткими импульсами смогут сделать гораздо больше, чем можно себе представить. И, кстати, эти лазеры играют ключевую роль в соблюдении закона Мура благодаря усовершенствованию микролитографии микрочипов и других элементов (рис. 2.19).

Как видно из графика на рис. 2.19, максимальная интенсивность, которую можно получить при фокусировке лазерного импульса, в первые несколько лет росла чрезвычайно быстро. За этим последовало более десяти лет замедления прогресса, и резкий взлёт произошел в 1985 г. – эта точка на графике помечена аббревиатурой CPA, что совпадает с открытием техники «усиления чирпированных импульсов». CPA ознаменовал революционный прорыв в области усиления лазерных импульсов. С тех пор каждые пять лет интенсивность лазерного излучения увеличивалась в 10 раз. Лазерная технология позволяет не только концентрировать световую энергию в пространстве, фокусируя луч на крошечной области, но и во времени. В настоящее время для коммерческого использования доступны

лазеры, которые производят световые импульсы продолжительностью не более нескольких фемтосекунд. Фемтосекунда – это одна миллионная часть от миллиардной доли секунды. Чтобы получить представление о невероятной краткости фемтосекунды: отношение фемтосекунды к секунде времени соответствует отношению 1 секунды к 770 миллионам лет. В текущих исследованиях длительность импульсов снижается от фемтосекунды до аттосекундной области, что ещё в тысячу раз короче. Это касается ряда фундаментальных физических процессов, происходящих в отдельных атомах. Совсем недавно впервые стало возможным снимать что-то вроде замедленного видео движения отдельных электронов в атоме.

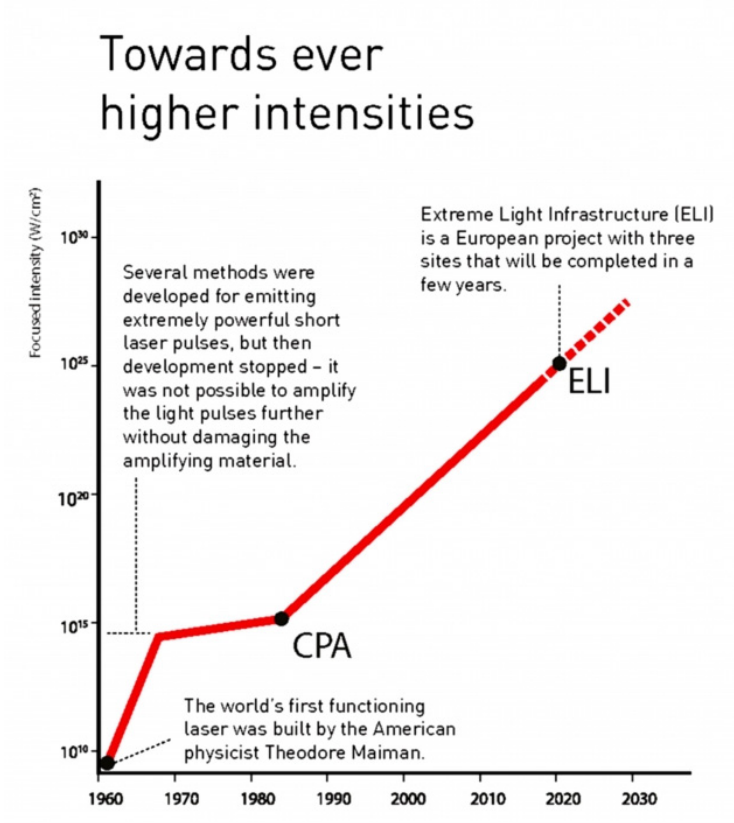


Рис. 2.19. В преддверии ещё большей интенсивности лазеров

Как правило, лазерная система с ультракороткими импульсами состоит из лазерного генератора, за которым следует усилитель, который преобразует начальный, относительно слабый импульс в мощный. Однако попытки увеличить энергию импульса натолкнулись на препятствие. При превышении определенной мощности усилитель и оптическая система получают катастрофические повреждения. Среди прочего, достаточно интенсивный лазерный свет имеет тенденцию «самофокусироваться» при прохождении через среду, достигая плотности энергии, которой не может противостоять ни один материал. Однако в середине 1980-х гг. физик Жерар Муру и его аспирант Донна Стрикленд предложили гениальное решение этой проблемы, известное как «усиление чирпированных импульсов» (CPA). Это изобретение, открывшее новую эру развития лазеров, принесло им Нобелевскую премию по физике в 2018 г. Термин и основная концепция «чирпа» возникли в области военных радиолокационных систем примерно в конце Второй мировой войны, и были оперативно разработаны в 1950-х гг. Впервые концепция была рассекречена в 1960 г. Радиолокационные системы, работающие с фиксированной частотой, стремясь увеличить свой диапазон и разрешение, были ограничены необходимостью производить очень короткие импульсы с очень высокой мощностью. При всё большем усилении импульсов компоненты достигали предела, при котором начиналось их повреждение.

В «ЛЧМ-радаре» (радаре линейной частотной модуляции) импульс, излучаемый радиолокационным передатчиком, не имеет фиксированной частоты, а является частотно-модулированным – «чирпированным». В ходе импульса частота уменьшается от выбранного начального значения до более низкого. Тогда импульс становится настолько длинным, что позволяет усилить его до высоких мощностей без повреждения самого передатчика. Сигнал, идущий к объекту и отраженный обратно, будет приходить с такой же частотной модуляцией. (Небольшой сдвиг частоты из-за эффекта Допплера для движущегося объекта, такого как самолет, в большинстве случаев оказывает лишь незначительное влияние.) Теперь начинается фокус: приёмник радара содержит так называемую сетку задержки, спроектированную таким образом, что отраженные высокочастотные сигналы проходят через эту сетку дольше, чем низкочастотные. Когда отраженный частотно-модулированный сигнал проходит через сетку, начальные, высокочастотные волны сигнала задерживаются ровно настолько, чтобы более низкочастотные волны могли их

догнать. Это приводит к «накоплению» энергии: импульс, выходящий из сетки задержки, сильно сжимается во времени по сравнению с исходным. Можно понять, что полученный очень короткий импульс содержит ту же информацию об объекте, как если бы исходный импульс был бы столь же коротким. На основе синтезированного импульса приемник радара может измерить точную временную задержку сигнала при движении к цели и от цели, определяя расстояние до неё.

Разница в том, что гораздо более длинный частотно-модулированный сигнал, излучаемый «ЛЧМ-радаром», может иметь гораздо больше энергии, чем может быть передан за короткий импульс. Радар может «видеть дальше» и достигать более высокой точности (рис. 2.20).

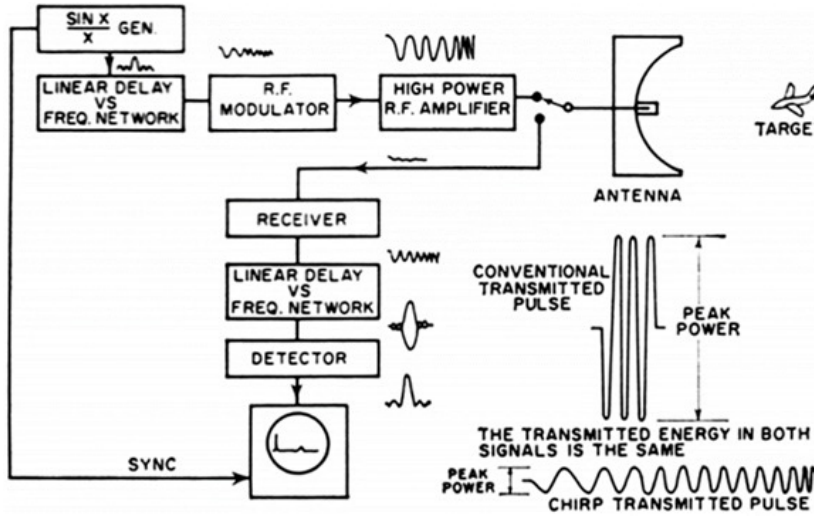


Рис. 2.20. Схема чирпированной радиолокационной системы

В их схеме роль сети задержки в чирпированном радаре играет пара дифракционных решеток. Они разделяют различные частоты света, содержащиеся в коротком импульсе, на «радугу» частот и заставляют более высокие («синие») частоты проходить более длинный путь, чем более низкие («красные») частоты. Это приводит

к отставанию более высокочастотных составляющих при прохождении импульса в усилитель. Исходный, слабый, но ультракороткий импульс, создаваемый лазерным генератором, растягивается первой парой дифракционных решеток в более чем 1000-кратный импульс с нарастающей частотой, начиная с красного и заканчивая синим. Результирующий «растянутый» импульс проходит через лазерный усилитель, где полная энергия может быть увеличена до гигантских мощностей без повреждения самого усилителя. Наконец, второй набор дифракционных решеток, работающих в обратном направлении, заставляет длинный импульс «собираться заново» на выходе из системы в один ультракороткий импульс гигантской мощности. Могут быть достигнуты коэффициенты усиления в триллионы или более раз. Благодаря появлению усилителя чирпированных импульсов лазеры фемтосекундного диапазона с мощностью в диапазоне петаватт – миллион миллиардов ватт – сегодня используются в лабораториях по всему миру.

Когда импульс такого лазера сфокусирован на цель, происходят новые удивительные вещи, явления из области ядерной физики и физики элементарных частиц: трансмутация атомов и другие ядерные реакции, генерация пучков частиц сверхвысокой энергии и разгон макроскопических объектов (плазменных блоков) до скоростей 1000 км в секунду и более. Поскольку интенсивность лазерного излучения продолжает расти с экспоненциальной скоростью, физики-теоретики мечтают об излучении такой интенсивности, при которой можно было бы непосредственно наблюдать так называемый вакуумный пробой, когда материя создается «из ничего», только из энергии. Гонка за все более и более высокой мощностью импульса, интенсивностью импульса и количеством «выстрелов», которые могут быть произведены в минуту, идет на международном уровне. Например, проект European Extreme Light Infrastructure (ELI) обещает обеспечить мощность лазера в диапазоне 10 петаватт. Китайская суперинтенсивная сверхбыстрая лазерная установка (SULF) планирует достичь 100 петаватт. США пытаются вернуть себе лидерство с помощью лазерной системы ультракоротких импульсов, эквивалентной зеттаватту (ZEUS), которая будет построена в Мичиганском университете. ZEUS будет использовать встречные импульсы лазера и электронного луча, чтобы достичь полной мощности порядка зеттаватта (миллиард миллиардов миллиардов ватт).

Однако реализация наиболее выгодной из известных форм термоядерной энергии – нерадиоактивной реакции водород-бор – не зависит от вышеупомянутых мегапроектов. Всё это очень похоже на концепцию реактора, выдвинутую австралийским физиком плазмы Генрихом Хора, которая привлекает все большее внимание в последние годы, и потребует немногим больше, чем лазеры того типа, которые уже используются в лабораториях по всему миру. Наверное, эти лазеры должны быть намного компактнее.

Армия США объявила о формировании подразделения, оснащенного лазерным оружием, возможно, первого в своем роде во всем мире. Подразделение расположено в Форт-Силл, штат Оклахома, состоит из четырех боевых машин пехоты Stryker, которые оснащены системой лазерного оружия мощностью 50 кВт, пишет издание Popular Mechanic. Комбинация БМП Stryker и лазерного вооружения получила название DE M-SHORAD. Лазерное оружие, установленное на Stryker, способно поражать БПЛА, ракеты и снаряды в воздухе. DE M-SHORAD фокусирует интенсивный луч лазерного света на цели. Этот луч чрезвычайно горячий, почти как тонко сфокусированный огнемет. Лазер может сжечь крылья или роторы летающего дрона, в результате чего произойдет структурное разрушение беспилотника. Он также может уничтожить дрон, сжигая бортовую схему, ослепляя любые камеры, которые операторы используют для управления дроном, или в случае дронов, в которых используются двигатели, работающие на топливе, вызывать возгорание топлива. Система оснащена бортовым генератором, который обеспечивает питание лазера, и оборудованием для обнаружения, отслеживания и наведения на цели. В результате получается автономная система ПВО, не требующая сопровождения машин поддержки, которая может развертываться и обеспечивать воздушную защиту других маневренных сил. В ходе испытаний в мае 2022 г. DE M-SHORAD успешно сбивала ракеты и минометные снаряды. Хотя стоимость системы DE M-SHORAD высока, стоимость одного выстрела равна стоимости дизельного топлива для выработки необходимой электроэнергии для питания оружия. Это также означает, что пока у лазера есть топливо для питания генератора, он может продолжать стрелять.

Исследователи из Национального университета оборонных технологий в Китае утверждают, что преодолели самую большую проблему при создании лазерного оружия – перегрев. Предпола-

гается, что новая разработка системы охлаждения позволит поддерживать работу высокоэнергетического лазера «бесконечно». Новая китайская система охлаждения использует газ, проходящий через оружие, для отвода избыточного тепла и позволяет бесконечно стрелять лазерными лучами без потери мощности или деформации. Высокоэнергетические лазерные системы сегодня применяют для вывода из строя беспилотных летательных аппаратов, но оружие перегревается при каждом использовании, что вынуждает операторов отключать его для охлаждения. Британский военный эксперт Стив Уивер заметил, что если ученые в Китае действительно достигли подобного технологического прорыва, то они во многом превзойдут США, которые активно развивали технологию лазерного оружия.

Подобные вооружения разработаны и в Израиле. ЦАХАЛ планирует разместить лазерные системы противоракетной обороны «Щит света» («Маген Ор») на границе с сектором Газа в 2025 г., а на границе с Ливаном – в 2027 г. Введение в строй систем, предназначенных для борьбы с ракетами малого радиуса действия и с минометными снарядами, и имеющих низкую стоимость отдельного выстрела (в отличие от системы ПРО «Железный купол», каждый пуск которой стоит десятки тысяч долларов), должно кардинально изменить ситуацию с ракетной угрозой Израилю. В марте 2022 г. министерство обороны Израиля представило новую лазерную систему «Щит света», а в апреле того же года опубликовало видео испытаний системы, способной сбивать на расстоянии до десяти километров различного рода цели – беспилотные летательные аппараты, минометные снаряды и ракеты и противотанковые ракеты. В декабре 2022 г. американский оборонный концерн Lockheed Martin присоединился к израильскому оборонному концерну «Рафаэль» в работе над проектом по разработке системы «Маген Ор». В мае 2023 г. концерн «Рафаэль» представил в Сингапуре морскую версию системы «Маген Ор».

2.11. Наука и технологии в арабском мире

В условиях перехода от однополярного к многополярному миру борьба за научный и технологический суверенитет – устойчивый доступ к достижениям научно-технического прогресса (НТП), преодоление технологической отсталости и зависимости от Запада – становится ключевым приоритетом внутренней и внешней политики

государств арабского мира в частности. У руководства арабских стран растет осознание того факта, что достичь устойчивых темпов роста можно посредством создания «экономики знаний», форсируя развитие национальных научно-технических потенциалов и придавая приоритетное значение вопросам выработки государственной политики в сфере науки, технологий и инноваций. Между тем стартовые позиции для технологического прорыва во всех странах ЛАГ, включая капитало-избыточные аравийские монархии, остаются скромными. Символом процветания и одновременно зависимости от импорта пусть и передовых технологий стал сверхвысотный небоскреб «Бурдж-Халифа» (араб. «Башня Халифы») в Дубае, спроектированный американским архитектурным бюро *«Skidmore, Owings and Merrill».* Сам Дубай превратился в один из глобальных финансовых и инвестиционных центров, ежегодно привлекая сотни тысяч «белых воротничков» – экспатов из развитых стран. Инжиниринговой деятельностью занимаются по большей части американские и европейские консалтинговые компании, а арабам остаются только функции общей координации, финансирования и эксплуатации созданных объектов.

Научно-техническое развитие – один из важнейших двигателей прогресса в Дубае, как, впрочем, и во всех Арабских Эмиратах в целом. Халифа бин Зайд аль Нахайян, президент ОАЭ, в ходе одного из своих выступлений заявлял о том, что инновации и научно-исследовательская деятельность – ключ к созданию экономики знаний, которая даст возможность последующим поколениям жить в процветающем и безопасном обществе. Аналогичной позиции придерживается шейх Мохаммед бин Рашид аль Мактум – правитель Дубая, также являющийся вице-президентом и премьер-министром ОАЭ. По его мнению, существующий в стране подход к государственному управлению, наряду с объемом и качеством человеческого капитала и финансовых ресурсов, дает Арабским Эмиратам необходимые условия для качественного научного прогресса, который предопределит безбедную и стабильную жизнь человечества в обозримом будущем. Арабские Эмираты располагают первоклассной исследовательской инфраструктурой, служащей залогом динамичного хода научного прогресса. На всей территории страны широко распространены высшие учебные заведения, специализированные исследовательские центры, а также научно-исследовательские лаборатории, создающие первоклассные условия для работы специалистов из самых разно-

образных областей знаний. Более того, государство тесно сотрудничает со многими странами мира, стремясь совместно выработать инновационные пути решения глобальных проблем современности.

Саудовская Аравия сумеет обогнать Индию в качестве самой быстрорастущей экономики мира благодаря экономическим и финансовым реформам, а не только высоким ценам на энергоносители. Не отстают от Эр-Рияда и другие монархии Персидского залива. И что самое интересное – они смогли добиться таких результатов, не отказываясь от норм шариата, а лишь немного их смягчая. Арабские государства и прежде всего арабские монархии Персидского залива, наоборот, показали пример того, как можно сохранить традиционное общество и традиционные ценности, которые для этих обществ неразрывно связаны с исламом и нормами ислама, но при этом внедрять инновационные технологии, создавать современную экономику и финансы, опережая некоторые государства Европы в своем развитии. Конечно, в той же Саудовской Аравии или в ОАЭ была проведена определённая либерализация правовой системы. Однако реформы не изменили базы государственной и правовой системы, основой по-прежнему остаются исламские нормы и принципы. Шариатские установки распространяются на все сферы жизни в этих странах, и ни одна из монархий Залива не отказалась от их применения в собственном законодательстве. Принц Саудовской Аравии Мохаммед бен Салман заявил, что успех реформ королевства в операционной модели государственного сектора и экономики способствовал достижению профицита, который будет использован для увеличения государственных резервов, поддержки национальных фондов и укрепления финансового положения королевства в условиях глобальной экономической нестабильности.

Снижение зависимости от нефтяных ресурсов было одной из целей правительства с 1970-х гг. Принятая в 2016 г. программа «Видение-2030» (Vision 2030) должна помочь преодолеть эту тенденцию к 2030 г. «Видение» предполагает три основные цели: сделать страну «сердцем арабского и исламского мира», стать глобальным инвестиционным центром, а также использовать местоположение страны для превращения в логистический и транспортный узел, соединяющий Африку и Евразию. Цели должны быть реализованы по трем направлениям развития Саудовской Аравии, заложенным в «Видение-2030». ОАЭ достигли больших результатов в производстве высокотехнологичной продукции, например, в автомобиле-

строении. С 2019 г. там выпускается полноприводный автомобиль AlReem. Но особые успехи отмечены в сфере оборонной промышленности, лидерами которой являются эмиратские компании «Мубадала» (Mubadala), «Тавазун», «Эмирейтс Эдвансд Инвестментс» (Emirates Advanced Investments) и ряд других. Благодаря сотрудничеству с крупнейшими мировыми производителями оборонной продукции, которое проходит в форме совместных предприятий, ОАЭ в настоящее время могут проектировать, производить и продавать широкий спектр вооружений и оборудования как на внутреннем, так и на международном рынке. Университет науки и технологии имени короля Абдаллы (King Abdullah University of Science and Technology, KAUST) завершил первую в Саудовской Аравии программу «Destination Deep Tech», в рамках которой ведущие мировые стартапы привлекаются в Королевство для разработки глубокотехнологичных (deep tech) инноваций. Зарубежные стартапы – CeEntek, Hopu, Insignes-Labs, Pasqal и Proteinea – были выбраны для участия в трехмесячной программе благодаря их высокотехнологичной экспансии в регион Ближнего Востока и Северной Африки (MENA).

QS Arab Region University Rankings 2023 включает, в частности, в первую «десятку» университеты, представленные в табл. 2.5.

Далее рассмотрим научные и технологические достижения арабских стран, среди которых лидируют Саудовская Аравия и ОАЭ. Появились новые изображения со строительства саудовского мега здания-города «Зеркальная линия» (The Line). Прошел примерно год с начала его возведения. В начале 2022 г. наследный принц Саудовской Аравии Мохаммед бин Салман одобрил строительство гигантского «лежачего небоскреба», в котором будут жить до девяти миллионов человек. Здание-мегаполис, по заявлению принца, станет самым экологичным в мире. Работы по возведению «Зеркальной линии» длиной в 170 км, в полкилометра высотой (и всего 200 м в ширину) продвигаются вовсю. Руководство Саудовской Аравии согласовало план строительства порта Оксагон (Oxagon) и логистического центра, который станет «крупнейшей в мире плавающей конструкцией» в рамках архитектурного проекта Neom, в который входит и знаменитый горизонтальный небоскреб «Зеркальная линия». Оксагон станет портовым городом на Красном море, предназначенным для использования всех преимуществ активного судоходства в Суэцком канале.

Таблица 2.5

QS Рейтинг университетов арабского региона за 2026 год

Рейтинг	Университет	Общий балл
1	Университет нефти и минералов имени короля Фахда Саудовская Аравия	100
2	Катарский университет Катар	97.4
3	Университет науки и технологий Халифа Объединенные Арабские Эмираты	96.8
4	Университет короля Сауда Саудовская Аравия	95.9
5	Университет Объединенных Арабских Эмиратов Объединенные Арабские Эмираты	94.8
6	Американский университет Бейрута (AUB) Ливан	91.7
7	Университет короля Абдель Азиза (КАУ) Саудовская Аравия	87
8	Университет Султана Кабуса Оман	86.2
9	Американский университет Шарджи Объединенные Арабские Эмираты	85.3
10	Иорданский университет Иордания	85

Научные разработки в арабских странах ведутся часто при руководстве или сотрудничестве с западными учёными. Группа Стефана де Вольфа (Stefaan De Wolf) из Научно-технологического университета имени короля Абдаллы изготовила перовскитно-кремниевый солнечный элемент с эффективностью 33,2%. Ячейки прошли сертификацию в независимой лаборатории, а рекорд уже внесен в базу данных Национальной лаборатории США по изучению возобновляемой энергии (NREL). Авторы использовали стандартную кремниевую ячейку, текстурированную с двух сторон, и перовскитную ячейку оригинальной конструкции, активный слой которой оптимизировали для максимального поглощения коротковолновой части солнечного излучения. Лучшая ячейка показала эффективность в 33,2% – на 0,7% больше, чем предыдущий рекорд, установленный в конце 2022 г. в Берлинском центре материалов и энергии имени Гельмгольца. Авторы особо отмечают, что 33,2% – самая большая эффективность не только среди тандемов кремний-

перовскит, но и среди всех солнечных элементов с двумя p-n-переходами, в которых не используется концентрированный солнечный свет.

Химики из Саудовской Аравии и США показали, что аммиак может образовываться из воды и азота при распылении воды в виде микрокапель на поверхность гетерогенного катализатора. Реакция образования аммиака идет при давлении азота в 80 бар и комнатной температуре. Аммиак – это газ, состоящий из молекул NH_3, в которых атом азота связан с тремя атомами водорода. Каждый год химическая промышленность производит около 180 млн т аммиака, а затем превращает его в удобрения и другие соединения азота. Производят аммиак с помощью процесса Габера – Боша. Он основан на реакции азота N_2 с водородом H_2 в присутствии катализатора при давлении в несколько сотен атмосфер и высокой температуре. А водород для этой реакции получают риформингом метана, в результате которого образуется около 1% от всего выделяемого в атмосферу углекислого газа. И хотя вся эта цепочка превращений очень энергозатратная и неудобная, подходящих альтернатив химики пока не нашли. Но недавно ученые под руководством Ричарда Заре (Richard N. Zare) из Стэнфордского университета обнаружили процесс, в котором аммиак образуется из азота и воды без нагревания и в отсутствие водорода. Сначала они приготовили гетерогенный катализатор, состоящий из оксида железа Fe_3O_4, нанесенного на углеродную губку и фтор-содержащий полимер (Nafion). А затем на поверхность катализатора распылили воду в виде микрокапель с помощью азота под давлением 80 бар.

Установка для синтеза была устроена так, что после прохождения через катализатор реакционная смесь попала в масс-спектрометр. А в полученных масс-спектрах химики обнаружили пик, отвечающий гидратированному иону аммония. Так они выяснили, что в реакции образовался аммиак. Далее ученые приготовили несколько стандартных растворов аммиака и с помощью них построили калибровочную кривую для определения концентрации ионов аммония в образующемся растворе. Химики провели расчеты и показали, что в их установке аммиак образуется со скоростью 33 наномоля в секунду на один квадратный сантиметр поверхности катализатора. А концентрация аммиака в каплях воды составляет около 62 микромолей на литр. Ученые показали, что микрокапли воды в присутствии катализатора могут ускорять реакцию азота с водой. Как считают авторы статьи, это связано с тем, что в микрокаплях на границе

раздела фаз вода-воздух реакции одноэлектронного переноса идут быстрее, чем в обычном растворе.

Международная группа ученых, в которую вошли специалисты из Саудовской Аравии, России и Египта, выяснила, что полимолочная кислота в сочетании с триоксидом вольфрама эффективно блокирует гамма-излучение. В перспективе на основе нового материала можно будет создавать безопасные и биоразлагаемые экраны для защиты от низкоэнергетического излучения, полагают исследователи. Такие экраны используют в медицине, сельском хозяйстве, пищевой промышленности. «Полимолочная кислота – нетоксичный полимер природного происхождения. Она имеет невысокую стоимость и, что немаловажно, может разлагаться с помощью микробов, если поместить ее в промышленную установку при высоких температурах. Поскольку молочная кислота регулярно образуется в качестве побочного продукта метаболизма как у растений, так и у животных, полимолочная кислота и продукты ее распада нетоксичны и безопасны для окружающей среды», – поясняет соавтор разработки Хешам Закали. Полимолочная кислота стала популярным вариантом пластиковой упаковки всех видов товаров – от продуктов питания и напитков до косметики и электроники. Однако, несмотря на значительный рыночный потенциал, этот полимер довольно хрупкий: низкая температура термического разложения ограничивает его применение во многих областях. Для улучшения свойств полимолочной кислоты необходимо добавление определенного наполнителя, который может адаптировать ее свойства к конкретным целям. Ученые выяснили, что таким наполнителем может стать триоксид вольфрама, так как он повышает способность этого биополимера блокировать гамма-излучение, улучшает его структуру, тепловые и оптические свойства. Триоксид вольфрама широко известен, не токсичен. Его активно применяют для создания, в частности, датчиков газа, электрохромных окон, оптических устройств, фотокатализаторов и огнестойких волокон в «умных» окнах.

Чтобы создать материал для экранирования от гамма-излучения, ученые смешали полимолочную кислоту и триоксид вольфрама в качестве наполнителя. В ходе анализа они выяснили, что наполнитель достаточным образом распределяется в полимолочной кислоте и увеличивает ее стабильность при высоких температурах. Также исследователи экспериментально проверили параметры радиационной защиты усовершенствованного биополимера. Они сделали это с помощью ряда радиоактивных точечных источников, которые испускали фотоны с разным количеством энергии. В результате ученые

выяснили, что увеличение количества триоксид вольфрама в полимолочной кислоте уменьшает пропускание гамма-излучения. Этот наполнитель обладает многообещающим потенциалом в улучшении защитных материалов – в частности, радиационных экранов. «Это щиты, которые устанавливают между источником излучения и людьми/окружающей средой. Важно, чтобы они поглощали максимально возможное количество излучения. Радиационные экраны настраивают в зависимости от области применения, чтобы сделать их предельно эффективными. Это позволяет блокировать большое количество фотонов и сохранять малый вес, прозрачность и стойкость. Например, бетон эффективно блокирует гамма-излучение при смешивании с определенными веществами-наполнителями, поэтому его долгое время широко используют для облицовки. Однако этот материал недолговечен: со временем он трескается и теряет воду, поэтому для улучшения свойств нужно учитывать весь спектр его особенностей», – говорит Хешам Закали. Существующие материалы – свинец, пластмассы на основе нефти или бетон – могут быть довольно опасными в том числе из-за токсичности. Они также имеют значительный вес и высокую стоимость. Альтернативой им может стать материал, который получила международная группа ученых. По мере создания все большего количества технологий, работа которых зависит от излучения, растет потребность в материалах, способных его блокировать. Поэтому в планах ученых рассмотреть новые «умные» материалы с защитными свойствами.

Ученые из Ирана, Ирака, Сингапура, Норвегии, Малайзии и Саудовской Аравии нашли компонент, способный замедлить процесс разрушения железобетона углекислым газом. На основе данного вещества был разработан ингибитор из натуральных ингредиентов для стальной арматуры, который значительно замедляет процесс ее разрушения. Ученые создали органический ингибитор коррозии, содержащий наночастицы гуммиарабика. Гуммиарабик представляет собой твёрдую прозрачную смолу из высохшего сока различных видов акаций. С помощью стандартных методик были исследованы физические свойства арматуры с нанесенным ингибирующим покрытием и без него. К методам оценки физических свойств относятся исследование уровня pH, электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, рентгеновская спектроскопия, термогравиметрия и другие. Полученные результаты показали, что введение 3% ингибитора на основе наночастиц гуммиарабика в бетон образует защитный слой на поверхности стальной арматуры и замедляет процесс коррозии. «Мы исследовали железобетон, подвергавшийся воздейст-

вию углекислого газа в течение 180 дней, и установили, что эффективность ингибирования увеличивается до 94,5%, а снижение скорости коррозии достигло 0,57·10 3 мм/год. Кроме того, результаты свидетельствуют, что присутствие ингибитора с наночастицами гуммиарабика снижало содержание кальция и кремния на 3,72% и 0,69% соответственно. Мы разработали специальный кальциево-силикатно-гидроксидный гель с наночастицами гуммиарабика и пришли к выводу, что данный ингибитор делает железобетонные конструкции прочнее», – рассказал Иман Фаридмехр.

Среди наиболее агрессивных факторов карбонизация бетона является одной из основных причин потери его прочности. Этот процесс происходит, когда углекислый газ, растворенный в воде или из атмосферы, реагирует со свободными гидроксидами, которые в основном состоят из гидроксида кальция. CO_2 реагирует с кальциево-силикатно-гидроксидным гелем в бетонной матрице, в результате чего образуется карбонат кальция. Органические ингибиторы коррозии, как простые, так и смеси, применяются для снижения скорости коррозии углеродистой стали. Их добавляют в агрессивные среды в малых количествах, чтобы уменьшать, контролировать или даже препятствовать протеканию реакций между металлом и окружающей его средой. «Из соображений безопасности мы сосредоточились на разработке эффективных органических ингибиторов из натуральных ингредиентов, таких как экстракты кожуры фруктов и растений. Они безвредны и являются экологически чистыми. Было проведено несколько исследований применения натуральных продуктов (полынь, кадамба, ризофора, банан, алоэ вера, абрикосовый сок, грецкий орех, асафетида и помело) в качестве ингибиторов коррозии на низкоуглеродистой стали в различных условиях. Результаты показали, что органические ингибиторы замедляют коррозию на 65–97%», – уточнил ученый. Ингибирующее воздействие природных соединений объясняется способностью молекул зеленых ингибиторов адсорбироваться на металлических поверхностях, образуя тонкий профилактический слой и блокируя активные участки. Гуммиарабик представляет собой зеленый ингибитор коррозии с эффективностью 97% для низкоуглеродистой стали.

Химики из Саудовской Аравии и США синтезировали несколько лестничных полимеров и приготовили из них мембраны для разделения газов. Оказалось, что некоторые из полученных мембран при старении в течение нескольких месяцев становятся более селективными и сохраняют высокую проницаемость. Кроме того, они

побили рекорд по селективности для некоторых смесей газов. В промышленности газы чаще всего разделяют простой дистилляцией. С помощью нее, например, получают кислород, аргон, углекислый газ и азот из воздуха. Но этот процесс очень энергозатратный – воздух приходится сильно охлаждать. И одна из возможных замен дистилляции – разделение с помощью мембран. Оно основано на том, что из-за разницы в форме и размерах молекул некоторые газы легче проникают через пористую мембрану, чем другие. Эффективность мембраны в разделении газов можно оценить, если измерить ее проницаемость (т.е. способность быстро пропускать через себя большой объем газа) и селективность (она показывает, сколько молекул одного газа проходит через мембрану в расчете на одну молекулу другого газа). Прорывных результатов в области разделения на мембранах химики достигли в 2005 г. Они получили лестничные полимеры, в которых жесткие циклы из атомов углерода плохо упаковывались в плотную структуру. За счет этого между цепями было много свободного пространства, через которое газы легко проникали. С того времени большинство газоразделительных мембран ученые получали именно из лестничных полимеров.

Химики под руководством Ся Яня (Xia Yan) смогли синтезировать лестничные полимеры, мембраны из которых оказались очень эффективными в разделении газов. Начали химики с синтеза трехмерного лестничного полимера с циклическими фрагментами из четырех атомов углерода. Они получили несколько симметричных углеводородов с двойными связями, а затем ввели их в реакцию полимеризации с дибромпараксилолом в присутствии палладиевого катализатора. Через 48 часов нагревания при температуре в 150 градусов Цельсия химики получили несколько термостабильных лестничных полимеров с большими молекулярными массами (от 67 до 170 килодальтон). Из полученных полимеров ученые приготовили мембраны толщиной от 50 до 60 микрометров, а затем исследовали их эффективность в разделении газов. Все мембраны обладали хорошей проницаемостью, но средней селективностью. Однако химики обнаружили, что одна из мембран Me-Me2F со временем стала разделять газы значительно более селективно. Например, в эксперименте с эквимолярной смесью метана и водорода мембрана стала почти в 90 раз более селективной, чем была 158 дней ранее. Это явление химики связали со старением – так называют процесс, при котором объем пор в структуре мембраны уменьшается со временем. Авторы считают, в структуре их полимера уменьшились только самые

большие поры, и крупные молекулы газов (например, метан или азот) стали хуже проникать через мембрану. Но это не повлияло на проницаемость небольших молекул (водород или кислород), при этом селективность полимера сильно увеличилась, а проницаемость уменьшилась незначительно. В результате химики получили эффективные мембраны для разделения газов, которые со временем становились более селективными, но при этом сохраняли высокую проницаемость. Кроме того, мембраны из полимеров Me-Me2F и Me-DHP побили рекорд 2018 г. в эффективности разделения смесей углекислого газа и метана (селективность составила 49 молекул углекислого газа на одну молекулу метана при общем давлении в 2 бара).

Ученые из Саудовской Аравии использовали гидрогель и создали систему, которая выращивает шпинат, используя воду из воздуха. Новая система WEC2P состоит из солнечной фотоэлектрической панели. Она расположена поверх слоя гидрогеля, который установлен над большим металлическим контейнером для сбора воды. Исследователи создали гидрогель во время предыдущих исследований – материал может эффективно поглощать водяной пар из окружающего воздуха. Они использовали отработанное тепло от солнечных панелей, чтобы выработать электроэнергию и удалить воду из гидрогеля. Металлический ящик внизу собирает пар и конденсирует газ в воду. Гидрогель повышает эффективность солнечных фотоэлектрических панелей на 9% за счет поглощения тепла и снижения температуры панелей. Команда провела эксперимент: она попробовала вырастить растение с использованием WEC2P.

Тестирование проходило в Саудовской Аравии в течение двух недель в июне, когда погода была очень жаркой. Исследователи использовали воду, собранную исключительно из воздуха, для орошения 60 семян водяного шпината. В ходе эксперимента солнечная панель, которая была размером со стандартную школьную парту, выработала 1519 ватт-часов электроэнергии, и 57 из 60 семян водяного шпината проклюнулись и выросли до 18 см. За две недели работы системы она конденсировала около 2 л воды. Наша цель – создать интегрированную систему для производства чистой энергии, воды и продуктов питания, чтобы превратить концептуальный дизайн в реальный продукт, Пэн Ван, профессор наук об окружающей среде и инженерии в Университете науки и техники короля Абдаллы. На следующем этапе работы команда планирует создать более совершенный гидрогель, который сможет поглощать больше воды из воздуха.

Исследователи из Научно-технологического университета имени короля Абдаллы (KAUST, Саудовская Аравия) создали тонкопленочную композитную мембрану из экологически чистых материалов: панцирей креветок, растительных экстрактов и переработанного пластика. Разработка может заменить традиционные мембраны-фильтры, сконструированные из продуктов ископаемого топлива. Тонкопленочные композитные мембраны широко используются в таких областях, как очистка сточных вод и производство химикатов. Они включают в себя пористую подложку, покрытую ультратонким слоем, содержащим наноразмерные поры, которые могут задерживать молекулы и крошечные частицы, пропуская при этом жидкие растворители. Команда сделала пористую подложку из переработанного пластика и покрыла ее натуральным нетоксичным полимером под названием хитозан, полученным из панцирей креветок. Чтобы преобразовать хитозан в нанопористую мембрану, ученые «сшили» его полимерные цепи, используя 2,5-фурандикарбоксальдегид (FDA) – молекулу, полученную из растительных отходов с помощью экопроцессов. В качестве растворителя для этой реакции выбрали эвкалиптол, полученный из листьев эвкалиптового дерева. Ученые также использовали более экологичный катализатор как альтернативу агрессивным соединениям, с помощью которых обычно ускоряют образование поперечных связей. В эксперименте через новую мембрану пропустили ацетон, который содержал молекулы полистирола разной длины и молекулу меньшего размера. Ацетон проходил сквозь новую мембрану с той же скоростью, что и сквозь обычные аналоги. Мембрана может отфильтровывать молекулы, эквивалентные по размеру красителям или активным фармацевтическим ингредиентам, добавляют авторы работы. Поэтому эта мембрана применима для биомедицинской, текстильной, фармацевтической или пищевой промышленности.

В рамках первых экспериментов ученые успешно продемонстрировали возможности капсулы FLASH для модулирования уровня гормонов, контролирующих чувство голода. Следующими целями будут метаболические, неврологические и другие заболевания, которые поддаются управлению через стимуляцию желудочно-кишечного тракта. Капсула FLASH представляет собой пероральное устройство для нейромодуляции оси кишечник-мозг – сигнального пути между ЖКТ и центральной нервной системой. Эта ось регулирует несколько физиологических функций, включая питание и эмоциональное поведение. Существующие сегодня методы стимуляции

очень сложно назвать простыми и безопасными для организма человека, поэтому ученые из Абу-Даби работали над созданием универсальной системы. Представленная система FLASH использует электроды на своей поверхности для электростимуляции слизистой оболочки желудка, а особое влагоотводящее покрытие позволяет избежать проблем, которые создает среда желудка. Эксперименты на различных моделях животных продемонстрировали, что капсула успешно модулирует уровни гормона грелина, регулирующего чувство голода, а затем безопасно выводится из организма. Теперь перед учеными стоит задача адаптировать технологию для различных задач помимо быстрой кратковременной стимуляции желудка. Ожидается, что воздействие капсул на ось кишечник-мозг поможет эффективно воздействовать на метаболические, желудочно-кишечные, неврологические и другие заболевания.

Физики из ОАЭ, Австрии и Швейцарии под руководством Лукаса Новотного (Lukas Novotny) смогли охладить стеклянную наночастицу, подвешенную в оптическом пинцете, до населенности около 0,8 в двух из трех направлениях колебания. Для этого им потребовалось поместить частицу в резонатор и настроить его на резонанс с антистоксовыми компонентами рассеяния света. В перспективе авторы планируют добиться полного охлаждения колебательных мод, что поможет сделать точнее приложения на основе оптической левитации. Повседневный опыт человека хорошо описывается классической механикой, в которой тела могут обладать произвольными импульсами и координатами. Физика атомов и молекул, напротив, подчиняется законам квантовой механики. Там координатные и импульсные свойства тел связаны соотношением неопределенности и подчиняются вероятностному распределению, выраженному через волновую функцию. Например, маятник (гармонический осциллятор) в квантовой механике обладает дискретным набором энергий, а его основное состояние делокализовано в пределах удерживающего потенциала. Сегодня граница между этими двумя картинами проходит в механике тел, размерами несколько сотен или тысяч нанометров. Наибольших успехов физики достигли при работе с микромембранами, которые они умеют переводить в почти чистые колебательные квантовые состояния. Другим направлением исследования стало охлаждение левитирующих наночастиц. Эти объекты используют в качестве сенсоров и модельных систем. Наибольшую эффективность такие приложения покажут лишь тогда, когда частица окажется в основном механическом состоянии в потенциале

оптического пинцета. Проблема в том, что этот потенциал – трехмерный, а значит охлаждению следует подвергать сразу три колебательные моды. Пока ученые справились лишь с одной.

Во время международной оборонной выставки IDEX-2023, которая проходила в Абу-Даби (ОАЭ), ВВС ОАЭ показали макет беспилотного аппарата Phenom (Феномен). Согласно данным ТГ-канала Вертолатте, представленный аппарат сможет нести блоки неуправляемых американских ракет Hydra 70 и/или советско-российских С-8, предназначенных для уничтожения техники и живой силы противника с воздуха. По правому борту беспилотник может нести 12,7-миллиметровый пулемет российского либо натовского образца с системой непрерывной подачи патронов по гибкой металлической ленте из фюзеляжа Phenom.

Китай и ОАЭ договорились о доставке второго лунохода стран Арабского мира в район южного полюса Луны. По текущему плану это сделает китайская автоматическая лунная станция «Чанъэ-7» в конце 2026 г. Космическая программа Объединенных Арабских Эмиратов стартовала менее 10 лет назад, однако за это время пережила бурное развитие – были запущены несколько околоземных спутников, на МКС побывал первый астронавт ОАЭ, а к Марсу была послана первая межпланетная станция страны. В 2020 г. стартовал лунный проект ОАЭ, в рамках ее первого этапа в конце этого года должен быть запущен в космос луноход «Рашид», который вместе с японским посадочным модулем Hakuto-R высадится в Озере Сновидений на видимой стороне Луны. 16 сентября 2022 г. директор Космического центра Мухаммеда бин Рашида и заместитель руководителя CNSA подписали меморандум о взаимопонимании и сотрудничестве в области исследований Луны. По нему на борт будущей китайской лунной станции «Чанъэ-7» будет взят второй небольшой луноход ОАЭ – «Рашид-2», характеристики которого пока не объявлены. Ровер будет доставлен в регион южного полюса Луны в конце 2026 г. Связь с Землей будет вестись при помощи китайского орбитального зонда-ретранслятора. Точное место высадки «Чанъэ-7» пока не определено, однако известно, что некоторые из кандидатов пересекаются с кандидатами в зону первой высадки американских астронавтов на южном полюсе Луны по программе «Артемида». Интересные области характеризуются хорошей освещенностью, доступностью для связи с Землей и находятся вблизи кратеров вечной ночи, где должны находиться залежи льда.

Крупнейший город ОАЭ намерен модернизировать экономику с помощью блокчейна и виртуальных миров. Дубай анонсировал «Strategy Metaverse» – план, согласно которому новая отрасль создаст до 40 тыс. виртуальных рабочих мест и увеличит ВВП города на 4 млрд долл. в течение следующих пяти лет. По словам наследного принца Хамдана бин Мохаммеда, автора инициативы, сейчас в Дубае находится более 1000 компаний, работающих в этом секторе и приносящих национальной экономике около 500 млн долл., а в ближайшее время их станет еще больше. Правительство обязалось разработать глобальные стандарты для создания безопасных и надежных платформ для потребителей. Привлекая частных специалистов и крупные предприятия, Дубай будет создавать инфраструктуру и правила для внедрения новых технологий в повседневную жизнь. «Новая стратегия делает упор на развитие талантов и инвестиции в будущие возможности, она предоставит поддержку в обучении работе в метавселенной разработчикам, создателям контента и пользователям цифровых платформ», – заявили в государственном информационном агентстве WAM. Если концепция будет реализована в задуманном виде, уже к 2027 г. в Дубае будет 40 тыс. специалистов, работающих в городской метавселенной, а ВВП города вырастет на 4 млрд долл. Помимо метавселенной, стратегия также предполагает развитие блокчейн-технологий. В отличие от западных стран, а также Китая и Индии, на данный момент Дубай быстро выдает банковские лицензии криптовалютным биржами и новым финтех-стартапам. За последние годы город привлек множество крупных игроков в этой области, включая лидеров рынка – Binance и FTX. Несмотря на то, что Дубай только анонсировал «метавселенскую стратегию», некоторые компании, базирующиеся в городе, уже планируют вывести свой бизнес в виртуальный мир. Например, крупнейшая авиакомпания Emirates сообщила, что собирается перенести свою деятельность в метавселенную, а девелопер Damac Group проявил интерес к строительству «цифровых городов», которые будут существовать только в виртуальной реальности. Более того, медицинская фирма Thumbay уже готовится к развертыванию первой больницы в метавселенной, которая будет выполнять работу телемедицинского сервиса.

Эмиратская компания Halcon представила на выставке в Абу-Даби рой барражирующих боеприпасов. Эти боеприпасы сами между собой решают, сколько их понадобится для уничтожения цели. Они могут атаковать как статичные, так и движущиеся

объекты. Обычно барражирующие боеприпасы – это беспилотники самолетного типа с разведывательными системами и фугасной боевой частью. Они по большей части выполнены из пластиковых и других не отражающих радиосигнал материалов, поэтому их сложно обнаружить. К тому же, стоят они намного дешевле стандартных видов вооружения. Задача барражирующих боеприпасов – вести разведку и уничтожать цели, не ожидая боевых самолетов. Если научить их объединяться в рои, то это не только повысит шансы на успешную разведку, но и снизит нагрузку на операторов и уменьшит боевые потери. Такая возможность, к примеру, будет у морской версии российских барражирующих боеприпасов «Куб». Halcon представила свой рой барражирующих боеприпасов на выставке беспилотных систем в Абу-Даби. Он создан на основе Hunter 2-S – маленьких беспилотников самолетного типа со складным V-образным хвостом, складным крылом и толкающим винтом сзади. При размахе крыла в 1,44 м их длина – 1,25 м, а максимальная взлетная масса – 7,7 кг. Судя по изображениям, рой запускается из пусковой установки с 21 трубчатой направляющей. Разработчики говорят, что боеприпасы умеют делиться друг с другом информацией и летать устойчивым строем. Они определяют цель и потом между собой решают, сколько их понадобится, чтобы ее уничтожить. Рой может атаковать как статичные, так и движущиеся объекты.

Инженер Мазьяра Этехади из Дубайского института дизайна и инноваций разработал небольшого автономного робота A'seedbot для посадки семян. Он может автономно работать в радиусе 5 км. Он оснащен солнечными батареями и заряжается днем, а ночью сажает семена. Некоторые детали робота напечатаны на 3D-принтере, также он оснащен ультразвуковыми датчиками. С помощью них он ориентируется в пространстве. Бота разработали для работы в пустыне, его задача – озеленить ландшафт ОАЭ. Также A'seedbot оснащен специальными датчиками. С их помощью он определяет, какие земли можно считать плодородными и на них смогут взойти семена. Робот небольшого размера – его длина не превышает 20 см. Журналисты сравнили его с роботом Валли-И из одноименного мультфильма. По сюжету, он из года в год прилежно трудился на опустевшей Земле, очищая нашу планету от мусора, которые оставили после себя улетевшие в космос люди. Робота представили на виртуальной выставке Global Grad Show. Она собирает лучшие идеи дизайнеров, чтобы с помощью инновационных решений решить неотложные социальные и экологические проблемы.

Кувейт планирует создать футуристический город XZero City, который раскинется на площади в 1600 га и станет домом для примерно ста тысяч жителей. Амбициозный проект, разработанный компанией URB из Дубая, направлен на создание экологически чистого уровня жизни с низким воздействием на окружающую среду. Генеральный план умного города нацелен на оптимизацию плотности населения и создание пешеходного города. Транспортные системы и специальные велосипедные дорожки сделают этот город практически свободным от автомобилей, за исключением кольцевой дороги, которая все же обеспечивает ограниченный доступ для транспортных средств. В этом городе также планируется экономика замкнутого цикла (в целях обеспечения продовольственной и энергетической безопасности жителей).

Международная группа ученых из Иордании, России и Турции разработала материал, который в будущем может использоваться в качестве радиационной защиты от гамма-излучения, в частности, на его основе можно создавать радиационную защиту для работников АЭС. В основе нового материала – силикон в сочетании с нанопорошком оксида цинка. Гамма-излучение широко распространено в здравоохранении, пищевой и аэрокосмической промышленности. Его чрезмерное воздействие может навредить здоровью человека. Сейчас гамма-излучение ослабляют или поглощают с помощью свинца, бетона, материалов на основе оксида свинца, вольфрама или олова. Эти защитные материалы не всегда удобны для использования в качестве защиты от гамма-излучения. Кроме того, они дорогие, слишком тяжелые и высокотоксичные для человека и окружающей среды. Физики использовали силикон в качестве матрицы для защитного материала. Полидиметилсилоксан, т.е. силикон, легкий, прочный и гибкий полимер, обладает превосходными оптическими, физическими и механическими свойствами и высокой радиационной стойкостью. В связи с этим в будущем, при успешном прохождении испытаний он может стать перспективной альтернативой свинцу и бетону в области защиты от гамма-излучения. Параллельно ученые проводят исследования и других полимеров. Полимеры – это материалы с плотной структурой, позволяющей лучше противостоять радиации. Так, кроме силикона можно привести эпоксидную смолу, полиэтилен, поливинилхлорид. Ранее проводились аналогичные работы, где исследовали, например, ту же эпоксидную смолу. В качестве включений в полимер могут использоваться разные мельчайшие частицы – нанопорошки, которые, прежде всего, должны обладать

высоким атомным номером. Физики исследовали целую серию возможных вариантов нанопорошков и исключили из них образцы, которые получить слишком дорого или трудно. Затем проверили оставшиеся на соответствие определенным химическим параметрам. В итоге ученые остановились на оксиде цинка, так как его достаточно легко получить в лабораторных условиях. Немаловажно и то, что это вещество не наносит вреда окружающей среде.

На следующем этапе исследования физики установили оптимальное содержание частиц наполнителя, которое максимально эффективно увеличивает радиационно-защитные свойства силикона. Выяснилось, что можно заполнить его нанопорошком на 10–50%. Если добавить большее количество, то у материала будут хорошие защитные свойства, но он начнет быстро разрушаться. Однако пока рано говорить, что именно сочетание силикона с нанопорошком оксида цинка будет лучше других возможных сочетаний, предупреждают ученые. «Этот результат – один из этапов нашего масштабного исследования. В ближайшие год-два мы планируем исследовать более широкий набор материалов, которые могут ослаблять радиационное излучение. Сейчас готовим образцы для экспериментальных условий, уже в действующей атомной станции, конкретно на Белоярской АЭС. Мы планируем там провести измерения образцов защитных материалов, сравнить результаты моделирования, расчетные и экспериментальные», – говорит один из ученых-физиков. Отмечая, что только после исследования ряда других материалов можно будет делать какие-то конкретные выводы о том, насколько более подходящим является определенное сочетание веществ для радиационной защиты. В дальнейшем ученые хотят проверить все подходящие составы путем облучения в реакторе, чтобы исключить вероятность того, что какой-либо химический элемент в составе материала активируется, т.е. станет радиоактивным, и образуется дополнительное излучение. В будущем при успешном прохождении всех испытаний ученые смогут получить максимально дешевый и эффективный материал, который будет отличной защитой от гамма-излучения.

В Средние века исламский мир был центром научной мысли, находился в авангарде цивилизации, этот период ознаменовался колоссальными достижениями в научной, экономической и культурной жизни. Однако сегодня наука в мусульманском мире сильно отстает. Многие современные мусульманские ученые с большим энтузиазмом пишут о великих научных открытиях и достижениях мусульман,

живших в раннюю эпоху, которая в истории именуется как «Золотой век ислама». Их труды содержат подробное описание открытий, сделанных мусульманскими учеными того века, а также великого вклада, внесенного исламским миром того периода в науку. Однако многие из тех, кто пишет о нашем великом прошлом, не ищут причин взлета исламского мира и его упадка, который последовал вслед за головокружительным успехом. Коран поощряет знание. «Аллах возвышает степенью тех из вас... которым даровано знание». Знание поощряет и Мухаммад: «Поиск (требование) знания – обязанность каждого мусульманина». Конечно же, если целью жизни мусульманина является почитание Аллаха, то и знание религиозное стоит на первом месте. исламский восток не знал об образовании до колонизации его Францией и Англией. До Саудовской Аравии жажда к знаниям докатилась и того позже – в середине прошлого века, когда выяснилось, какие запасы нефти лежат в недрах страны. Королевство поняло перспективы, которые дает «черное золото», и за рекордно короткий срок реформировало все, в том числе и министерство образования. Вслед за социалистической Сирией и либеральным Ливаном суннитская страна ввела приказ об обязательном среднем образовании. Более того, страна поощряет выезд лучших учеников за границу для получения специальности. Но, увы, в обществе тенденция обратная. Ислам исконный сам логически исключает естественно-научное знание. Лишь очеловеченный, одухотворенный ислам дал возможность развитию культуры, науки, а, следовательно, и образования. Почему? Ответ прост. Вслед за христианской культурой он откликнулся на призыв исследования, а значит, и за призывом Господа к совершенству. Взгляд, обращенный вокруг, приближает человека не к исламскому творцу-деспоту, а к истинному Богу-Любви. Остается лишь надеяться, что призыв этот будет услышан, и страны ислама наконец-то вырвутся из тьмы седьмого века к свету познания природы и самих себя.

2.12. Новое в биотехнологии и медицине

В последние годы наблюдалось значительное сокращение объема венчурных инвестиций как в России, так и в мире в целом под воздействием различных факторов. Несмотря на общий отток инвестиций, корпорации и фонды начинают все более активно проявлять интерес к области биотехнологий наряду с IT, разработками в сфере искусственного интеллекта и «интернета вещей». Биотехнологиче-

ские компании самостоятельно выходят на IPO и привлекают инвесторов, наблюдается устойчивый интерес к начинающим медицинским компаниям. Важность развития направления поднимает вопрос импортозависимости от зарубежных стран, особенно в части генетики и селекции, разработки высокотехнологичных лекарственных препаратов. Биотехнологии – один из ключевых сегментов современной высокотехнологичной экономики, емкий и быстрорастущий глобальный рынок.

Ускоренное развитие рынка биотехнологий невозможно без существенных инвестиций в исследования и разработки, а также формирует емкие рынки для различных наукоемких услуг и ресурсов. Проведение исследований с использованием трансгенных организмов – один из важнейших инновационных сегментов, связанных с рынком биотехнологий. Трансгенный организм характеризуется тем, что его геном был изменен за счет переноса генов от другого биологического вида или другой породы животных. Главные направления использования трансгенных животных и растений – разработки в области создания новых продуктов питания, улучшения качества существующих, лечения генных болезней животных и человека. Кроме самих трансгенных организмов рынок также учитывает специфическое лабораторное оборудование: микроинъекторы, комплекты для проведения ПЦР-исследований, электропораторы (устройства для внесения веществ непосредственно в клетки) и многое другое.

Применение ядерных методов играет важнейшую роль в решении вопросов, связанных с профилактикой, диагностикой и лечением болезней, в частности, неинфекционных заболеваний, таких как рак и сердечно-сосудистые заболевания. Эти методы могут также помочь в осуществлении контроля и борьбы с неполноценным питанием во всех его формах, от недоедания до ожирения. Цель МАГАТЭ состоит в том, чтобы помочь государствам-членам создать потенциал, позволяющий им поддерживать здравоохранение на высоком уровне во всем мире. Поскольку МАГАТЭ начало деятельность в области здоровья человека более 50 лет назад, использование ядерных методов в медицине и нутрициологии стало одним из наиболее распространенных мирных решений. МАГАТЭ помогает государствамчленам в отношении координации научно-исследовательских работ, предоставлении экспертных рекомендаций, оборудования, разработки международно согласованных руководящих принципов, проведения обучения и обмена знаниями. Поддержка МАГАТЭ охватывает широкий диапазон вопросов от нутритивной терапии до

диагностики и лечения рака, гарантии качества при использовании радиации в медицине для обеспечения безопасного и точно локализованного лечения ряда заболеваний.

В настоящей время объём исследований и разработок в области биомедицины и биотехнологий постоянно растёт. Американские ученые установили, что под общей анестезией сигналы по-прежнему поступают в мозг, но блокируется их распространение, по сообщению Института обучения и памяти Picower. Полученные результаты, опубликованные в журнале когнитивной нейронауки Journal of Cognitive Neuroscience, свидетельствуют о том, что сознание требует согласованной работы всех областей коры головного мозга. Ясность сознания человека зависит от правильно синхронизированной коммуникации отделов коры головного мозга. В новом исследовании, проведенном под руководством ученых из Института обучения и памяти Пиковера при Массачусетском технологическом институте (The Picower Institute for Learning and Memory at MIT), с помощью животных получены доказательства того, что анестезирующий препарат пропофол отключает сенсорную обработку сигналов, поступающих в мозг. В журнале Journal of Cognitive Neuroscience исследователи приводят доказательства того, что у животных под наркозом звуки и тактильные ощущения по-прежнему вызывали нейронную активность в той области коры головного мозга, которая принимает поступающую сенсорную информацию. Столь же четко измерения нейронных пиков показали, что такие сигналы не распространяются в другие области коры головного мозга с более высоким уровнем обработки и когнитивных функций, как это происходит в обычном бодрствующем состоянии. «Данное исследование показывает, что кора головного мозга не работает в одном и том же режиме», – поясняет автор исследования Эрл К. Миллер (Earl K. Miller). Информация поступает в кору головного мозга. Она регистрируется в первичных сенсорных областях и просто не достигает остальной части коры, из-за анестезии она проходит лишь часть пути. Сознание требует координации деятельности между областями коры головного мозга, простого активирования одной или нескольких таких областей недостаточно. То есть бессознательное состояние возникает не в результате полного отключения коры головного мозга, а при подавлении коммуникации в ней. Ученые надеются, что данная статья обратит внимание на важность активного мониторинга того, что происходит в мозге во время анестезии. Будущие исследования в этом направлении помогут разработать четкие индикаторы того, продолжает ли

пациент обрабатывать сенсорную информацию, что позволит анестезиологам корректировать дозировку препаратов и предотвращать возникновение сознания во время операции.

Ученые обнаружили, что прием аспирина активирует защитные гены для подавления раковых клеток. Новый молекулярный механизм позволит использовать аспирин в терапевтических целях у пациентов на различных стадиях рака. Рак кишечника остается третьим по распространенности онкологическим заболеванием в мире и второй причиной смертности. Из предыдущих исследований ученые знали о пользе аспирина в отношении колоректального рака, однако до сих пор не понимали, как именно он действует в организме против опухоли. Новая работа команды из Мюнхенского университета Людвига и Максимилиана показала, что аспирин эффективен, поскольку активирует против рака защитные гены. Оказалось, что аспирин индуцирует выработку двух молекул – миР-34a и миР-34b/c, подавляющих рак. Изначально аспирин связывается с ферментом AMPK, который изменяет транскрипционный фактор NRF2: последний мигрирует в ядро клетки и активирует экспрессию генов miR-34. Одновременно с этим аспирин подавляет онкоген c-MYC, который может подавить NRF2. Важно отметить, что активация генов miR-34 аспирином происходит независимо от сигнального пути p53, который достаточно часто подавляется при колоректальном раке. Таким образом, аспирин можно использовать для лечения и в этих случаях. Теперь ученые намерены более подробно изучить мишени генов miR-34, чтобы получить возможность воздействовать на них новыми препаратами. Одновременно с этим продолжаются исследования пользы и безопасности аспирина в отношении профилактики, роста и метастазирования опухоли кишечника.

Благодаря более ранним исследованиям ученые догадывались о роли белка TIMP2 в функциях мозга. Новая работа показала, что он играет ключевую роль в запуске старения мозга. Кроме того, ученым удалось впервые проследить весь механизм этого процесса. Это важное фундаментальное изобретение, которое открывает дорогу к новым стратегиям лечения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера. Новое исследование ученых из США подробно описывает молекулярную связь белка TIMP2 с пластичностью мозга, пишет EurekAlert. Они установили его влияние на рост новых нейронов по мере старения, а также на внеклеточный матрикс – микроокружение гиппокампа – область мозга, которая участвует в обучении и памяти. Эксперименты на моделях мышей

показали, что отсутствие TIMP2 приводит к накоплению внеклеточного матрикса в гиппокампе и уменьшает пластичность мозга, включая образование новых нейронов, синаптическую целостность и функции памяти. Если ученые доставляли TIMP2 в гиппокамп, все нарушения восстанавливались. «Открытие имеет важное значение на фундаментальном уровне, поскольку показывает, как пластичность мозга регулируется в областях, участвующих в функции памяти. Кроме того, нацеливание на эту мишень может предложить новые стратегии лечения, улучшающие пластичность», – заявил автор работы Джозеф Кастеллано. Теперь ученые планируют исследовать другие молекулы помимо TIMP2, чтобы найти или исключить влияние вспомогательных участников процесса. Одновременно с этим они уже работают над созданием новых препаратов для лечения различных нейродегенертивных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона и Альцгеймера.

Гипертрофическая кардиомиопатия – серьезное заболевание, способное привести к мерцательной аритмии, сердечной недостаточности и инсульту. Это также основная причина внезапной смерти у людей моложе 35 лет. К возникновению заболеваний могут привести изменения в белковых нитях сердечных мышц. Ученые Max Planck Institute of Molecular Physiology с помощью электронной криотомографии визуализировали структуру этих основных строительных блоков, чтобы узнать, как компоненты внутри мышц взаимодействуют на молекулярном уровне и какие функции выполняют. В будущем это поможет разрабатывать эффективные лекарства от заболеваний сердца. Саркомер – это основная функциональная единица мышцы, в которой происходит сокращение скелетных и сердечных мышц. Он состоит из двух типов параллельных белковых нитей: тонких и толстых. Тонкая нить содержит F-актин, тропонин, тропомиозин и небулин, а толстая нить состоит из миозина, титина и миозинсвязывающего белка С. Эти нити располагаются в саркомере в разных областях, которые называются зонами и полосами. Тонкие нити связаны с миозином, который является «моторным белком», и создают силу, необходимую для мышечного сокращения. Взаимодействие между тонкими и толстыми нитями в саркомере позволяет мышце работать. Изменения в белках толстых нитей связаны с различными мышечными заболеваниями. Для полного понимания работы мышц на молекулярном уровне необходимо изучать их компоненты в естественной среде обитания. Однако это вызывает трудности в биологических исследованиях, которые сложно преодолеть

с помощью традиционных методов. Исследователи разработали процесс электронной криотомографии, специально адаптированный для изучения мышечных образцов. Образцы сердечной мышцы млекопитающих мгновенно замораживались при очень низкой температуре (-175°C). Это позволило сохранить гидратацию и тонкую структуру образцов, что соответствует их естественному состоянию. Затем с помощью фрезерования фокусированным ионным лучом образцы сделали более тонкими (около 100 нм) для проведения просвечивающей электронной микроскопии. Электронный микроскоп получил несколько изображений, когда образец наклонялся вдоль оси. Затем с использованием вычислительных методов было восстановлено трехмерное изображение с высоким разрешением.

Благодаря этому методу ученые получили первое детальное изображение толстой нити сердца, которое охватывало несколько областей саркомера. При длине 500 нм это самая длинная и самая большая структура, полученная с помощью электронной криотомографии. Изображение показало, что расположение молекул миозина влияет на их функцию. Миозин воспринимает и обрабатывает различные сигналы, которые регулируют работу мышц, и это позволяет контролировать силу и скорость сокращения мышц в разных областях. Также было обнаружено, что цепи титина переплетаются с миозином и являются своего рода каркасом для его работы. Они также влияют на то, как саркомер активируется и сокращается в зависимости от его длины. Пока изображение толстой нити представляет лишь расслабленное состояние мышцы. Для полного понимания функционирования саркомера и его регуляции необходимо изучать его в различных состояниях, в том числе во время сокращения мышц. Это поможет лучше понять заболевания, например, гипертрофическую кардиомиопатию, и разработать действенные методы лечения.

Японские ученые обнаружили, что экстракт васаби может улучшать память у пожилых людей. В исследовании, длившемся 12 недель, 72 участника в возрасте от 60 до 80 лет принимали добавки с васаби, содержащие 6-метилсульфинилгексил изотиоцианат (6-MSITC), который обладает антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Результаты показали улучшение кратковременной и долговременной памяти, а также ассоциативной памяти. Участники получали 100 мг экстракта васаби, содержащего 0,8 мг 6-метилсульфинилгексил изотиоцианата (6-MSITC) – вещества с антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, которое

содержится в корневище японского хрена. 6-MSITC обладает множеством свойств, включая противовоспалительные, противосвертывающие и антиапоптотические действия. Оно помогает бороться с воспалениями, предотвращает слишком сильное свертывание крови и защищает клетки от ранней гибели. Кроме того, 6-MSITC обладает антимикробной активностью, эффективной против таких бактерий, как E. coli и Staphylococcus aureus, которые вызывают пищевое отравление. Благодаря этому свойству экстракт васаби используется в Японии в качестве консерванта в ланч-пакетах. До и после 12 недель употребления васаби участники проходили когнитивные тесты, оценивающие скорость обработки информации, внимание, кратковременную и оперативную память, исполнительные функции и визуально-пространственные способности. Результаты показали улучшение как кратковременной, так и долговременной памяти, а также ассоциативной памяти у тех, кто принимал экстракт японского хрена. Ученые считают, что 6-MSITC влияет на гиппокамп – область мозга, ключевую для функций памяти. В дальнейших исследованиях планируется изучить молекулярные механизмы этого воздействия.

Международный консорциум молекулярных биологов впервые вырастил дрожжи наполовину с синтетическим геномом, который был собран учеными из коротких цепочек генетических «букв»-нуклеотидов. Создание этих грибков проложило дорогу к появлению первых синтетических многоклеточных живых существ, сообщила пресс-служба Манчестерского университета. «Это достижение стало большой вехой в развитии синтетической биологии и клеточной инженерии. В прошлом мы могли создавать отдельные синтетические гены и встраивать их в ДНК, однако нам раньше никогда не удавалось полностью “переписать” геном эукариотической клетки», – заявил профессор Манчестерского университета Патрик Цай, чьи слова приводит пресс-служба вуза. Исследователи совершили это открытие в рамках проекта Sc2.0, нацеленного на создание рукотворного подобия генома обычных хлебопекарных дрожжей (Saccharomyces cerevisiae). В прошлом ученые уже создавали синтетические аналоги некоторых бактерий, однако до настоящего времени биологам не удавалось скопировать значительную часть генома дрожжей и других эукариотических организмов. Так исследователи называют всех одноклеточных и многоклеточных живых существ, обладающих сложно устроенными клетками с обособленным ядром, внутри которого геном разделен на несколько обособленных блоков-хромосом. В отличие от просто устроенного генетического

материала бактерий, хромосомы эукариот представляют собой сложные структуры, состоящие из множества структурных белков-гистонов, на которые особым образом «намотаны» нити ДНК.

За 10 лет работы международному консорциуму биологов под руководством Цая удалось точно воспроизвести структуру всех 16 хромосом и примерно половины ДНК хлебопекарных дрожжей, а также перенести часть генов, отвечающих за синтез молекул – транспортировщиков «букв» ДНК и РНК, в новую синтетическую хромосому, аналогов которой не существует в природе. Несмотря на все эти манипуляции, созданный учеными штамм грибка оказался так же жизнеспособен, как и его природные аналоги. Этот результат, как отмечают ученые, позволяет надеяться на то, что полная «перезапись» генома дрожжей также не приведет к существенному ухудшению жизнеспособности этих эукариот. По словам исследователей, решение этой задачи в рамках проекта Sc2.0 откроет дорогу созданию первых синтетических многоклеточных живых существ, а также позволит ученым создавать новые штаммы дрожжей, идеально адаптированные для решения разных биохимических и биологических задач.

Американские ученые создали подход, позволяющий использовать подготовленные донорские лимфоциты (белые клетки крови) для уничтожения разных типов злокачественных опухолей у большого числа пациентов. Об этом сообщила пресс-служба Университета Калифорнии в Лос-Анджелесе (UCLA). «Проведенные нами опыты на культурах человеческих раковых клеток указали на высокую эффективность, практичность и безопасность модифицированных вариантов гамма-дельта Т-клеток, которые нам удалось разработать. Мы надеемся, что этот подход уже в ближайшем будущем станет применим при лечении рака», – заявила доцент UCLA Лили Янг, чьи слова приводит пресс-служба вуза. Как отмечают авторы, в последние годы медики начали активно использовать методы иммунотерапии для борьбы с раком. Как правило, в их рамках из организма пациентов извлекают определенный тип лимфцитов, Т-клетки, и «перепрограммируют» их, что заставляет эти тельца атаковать конкретные типы опухолевых клеток. Однако эти процедуры могут занимать много времени, до нескольких месяцев. Поэтому ученые рассматривают варианты создания аллогенной терапии, при которой иммунные клетки получают от доноров и готовят к терапии заранее.

При этом существующие особенности клеточной иммунотерапии рака не позволяют массово применять ее для борьбы опухолями

пациентов, иммунные системы которых несовместимы. Янг и ее коллеги обнаружили, что эту проблему можно решить при помощи созданной ими универсальной культуры так называемых гамма-дельта Т-лимфоцитов. Они представляют собой редкий подтип Т-клеток, которые сами по себе способны распознавать и уничтожать большое число раковых опухолей. Ученые усилили активность этих Т-клеток, модифицировав их таким образом, что они начали активнее атаковать опухоль и при этом вырабатывать молекулы рецептора CD16, который помогает им распознавать антитела на поверхности раковых клеток. Последующие тесты культур модифицированных гамма-дельта Т-клеток показали, что они способны без внесения дополнительных модификаций в структуру их генома и мембраны уничтожать клетки человеческих опухолей яичников в организме мышей. При этом чужеродные лимфоциты не атаковали окружающие здоровые клетки, что часто случается при подобной иммунотерапии. В перспективе эта работа поможет в создании культуры Т-лимфоцитов, пригодной для быстрого уничтожения разных форм новообразований у большого числа пациентов.

Исследователи и врачи из Швейцарии разработали нейропротез, который компенсировал нарушения походки у модельных макаков-резусов и у одного пациента с болезнью Паркинсона. Стимуляция спинного мозга помогла пациенту ходить почти так, как если бы он был здоров: он перестал падать, с легкостью может поворачивать и способен без посторонней помощи пройти несколько километров. На поздних стадиях болезни Паркинсона у пациентов помимо тремора возникают нарушения походки и равновесия. Лечат такие нарушения глубокой стимуляцией мозга или препаратами, восполняющими дефицит дофамина, который считается основной причиной двигательных нарушений. Также иногда используют электростимуляцию шейных или грудных отделов спинного мозга для модуляции активности головного мозга. Однако влияние этих стратегий ограничено, а иногда они неэффективны. Нейрохирург Грегуар Куртин (Grégoire Courtine) из Федеральной политехнической школы Лозанны с коллегами решили зайти с другой стороны: попробовать стимулировать пояснично-крестцовый отдел спинного мозга, т.е. воздействовать именно на те нейроны, которые обеспечивают ходьбу и не затронуты болезнью напрямую.

Испанские исследователи создали https://newatlas.com/medical/spanish-researchers-open-first-biobank-for-living-human-brain-samples/ первый в мире биобанк живой ткани мозга пациентов с мета-

статическим раком головного мозга. Этот биобанк предоставляет образцы для исследований и тестирования лекарств, а собранные данные доступны международному научному сообществу. Такие исследования играют решающую роль в разработке персонализированного лечения для пациентов с онкологией. Исследования рака головного мозга и тестирование лекарств для его лечения обычно проводятся с использованием экспериментальных моделей, включая модели на мышах. Затем, после получения значимых результатов, исследователи начинают поиск образцов ткани у пациентов и подтверждают свои открытия на людях. Поиск необходимого количества образцов может занять много времени. Исследователи должны быть на связи с другими учреждениями, а также соблюдать юридические и этические требования. Ученые из Испанского национального онкологического исследовательского центра разработали решение: создать хранилище живых образцов пациентов с метастазами в мозг. Живое хранилище, или биобанк, является частью RENACER – Национальной сети метастазирования в мозг. Когда пациент с метастазами в мозге поступает на операцию в одну из 18 больниц сети RENACER, он может пожертвовать крошечную часть своего мозга в биобанк.

Поскольку клетки сохраняются живыми, можно изучать их реакцию на конкретные лекарства. По сути, создаются индивидуальные «аватары» пациентов, с помощью которых можно определить наиболее подходящее и эффективное лечение. Помимо сбора образцов тканей в RENACER используется секвенирование РНК и экзосом для профилирования более 150 метастазов в головной мозг. Собранные данные помещаются в базу, открытую для международного научного сообщества. Система органотипической культуры позволяет выращивать сложные биологические ткани, воссоздавая их физиологию и функцию. Но для поддержания жизнеспособности ткани требуется сложная логистическая цепочка. После извлечения из организма пациента ткань помещается в специальный контейнер с питательной средой и хранится при температуре от 4 до 8 °C. Ткань должна достигнуть биобанка в течение 24 часов. В биобанке происходит обработка ткани и создание органотипических культур, которые затем разделяются на части и хранятся в качестве образцов для будущих исследований. RENACER связан с сетью больниц, тем самым обеспечивая быстрый переход результатов исследований в клинические испытания. Ученые планируют улучшить RENACER, например, включить в базу изображения головного мозга, чтобы

получить более полное представление о заболевании и реакции на лечение. У пациентов с метастазами в головной мозг поражаются и другие органы. Поэтому сотрудничество с другими сетями, специализирующимися на экстракраниальных (за пределами мозга) метастазах, может помочь в разработке индивидуального лечения для каждого пациента.

Немецким ученым удалось создать уникальный способ распознавания псевдовирусов, который не влияет на их активность, что открывает новые горизонты в исследовании вирусных инфекций в живых организмах, сообщает Вюрцбургский университет. Псевдовирусы похожи на самозванцев: они безвредны, но с трудом отличимы от своих опасных родственников, что делает их бесценным инструментом в вирусных исследованиях. С помощью псевдовирусов можно точно проанализировать пути заражения опасными вариантами вирусов. До сих пор главной задачей было сделать псевдовирусы видимыми под микроскопом. Это связано с тем, что обычные методы маркировки снижают активность «самозванцев» и таким образом искажают результаты. Группа специалистов из Центра интегративного и трансляционного биоимиджинга при Университете в Вюрцбурге (Rudolf Virchow Center – Center for Integrative and Translational Bioimaging at Julius-Maximilians-Universität Würzburg) под руководством профессора Маркуса Зауэра (Markus Sauer) и доктора Герти Белиу (Gerti Beliu) разработали решение этой проблемы. Ученым удалось создать уникальный способ распознавания псевдовирусов, который не влияет на их активность.

Доказано, что марганец разрушает бляшки в кровеносных сосудах мышей и предотвращает их появление. Исследователи, возможно, только что нашли способ очистить систему кровообращения, используя обычное вещество, которое содержится во многих продуктах питания. Это металлический элемент с атомным символом 25. Он важен для здоровья человека, помогая углеводному и жировому обмену. Также марганец играет роль в правильном функционировании нервов и мозга; помогает в формировании соединительной ткани, половых гормонов, костей и не только. Большинство людей получают достаточное количество марганца с пищей, поскольку он содержится в широком спектре продуктов, включая цельнозерновые, орехи, листовые овощи, некоторые моллюски, черный перец, кофе, чай и многое другое. Однако это также популярная пищевая добавка. Дефицит марганца может привести к мышечной слабости, бесплодию, порокам развития костей и даже судорогам. Работая с моделями на

мышах, исследователи из различных университетов Китая обнаружили, что марганец не только снижает уровень липидов в кровотоке, которые приводят к образованию бляшек, но и помогает удалить уже образовавшиеся со стенок кровеносных сосудов. «Мы обнаружили активную, сигнальную роль иона марганца в контроле доставки липидов в кровь», – заявил Сяо Ван, один из ведущих авторов исследования. Ван и его коллеги выяснили, что этот элемент может связываться с комплексом, необходимым для липопротеинов. Это химические «курьеры», которые перемещают липиды, включая холестерин и триглицериды, в кровоток. Также он известен как комплекс белков оболочки II (COPII), и должен поддерживать очень точный химический баланс. Но марганец его нарушает. В рамках нового исследования ученые обнаружили, что даже пероральный прием марганца у мышей резко снижал концентрацию липидов в крови и удалял бляшки, образовавшиеся в кровеносных сосудах грызунов.

Клинические испытания подтвердили эффективность нацеленной терапии с помощью антител при лечении рака мочевого пузыря. Томас Паулз, исследователь из больницы Святого Варфоломея в Лондоне, сообщил на конгрессе Европейского общества медицинской онкологии в Мадриде о результатах клинических испытаний комбинированной терапии, состоящей из нацеленных на клетки опухоли антител и препарата, «активирующего иммунитет». Лечение увеличивает продолжительность жизни у людей с запущенным раком мочевого пузыря почти в два раза. В исследовании приняли участие 880 пациентов с раком мочевого пузыря, которым случайным образом назначили один из двух методов лечения. Тестовая группа получала два препарата энфортумаб ведотин (Padcev) и пембролизумаб (Кейтруда), контрольная – классическую химиотерапию. Пембролизумаб – иммуноонкологический препарат. Он блокирует белок, который подавляет иммунную систему, позволяя организму эффективнее атаковать опухоли. Энфортумаб ведотин состоит из антитела, нацеленного на белок нектин-4, который в некоторых типах раковых клеток экспрессируется чаще, чем в здоровых. К этому антителу прикреплено химическое вещество, которое нарушает деление клеток. Этот класс препаратов называется конъюгат антитело-лекарственное средство (ADC). Они обеспечивают нацеленную доставку химиотерапевтических препаратов непосредственно к опухолям. Это ограничивает воздействие токсичных веществ на здоровые клетки и снижает количество побочных эффектов. В текущем клиническом испытании лекарственный коктейль увеличил среднюю продолжитель-

ность жизни людей с запущенным раком мочевого пузыря после лечения примерно с 16 до 31,5 месяцев. Авторы отмечают, что это огромный прорыв в лечении рака, при котором показатели выживаемости практически не изменялись с 1980-х гг.

Лучшие медицинские учебные заведения 2023 г.:

- Каролинский институт (Karolinska Institutet);
- Национальный университет Сингапура (National University of Singapore);
- Гейдельбергский университет имени Рупрехта и Карла (Heidelberg University);
- Мюнхенский университет Людвига-Максимилиана (Ludwig Maximilian University of Munich).

Лучшие медицинские учебные заведения 2025 г.:

- Гарвардский университет;
- Оксфордский университет;
- Стэнфордский университет;
- Кембриджский университет;
- Университет Джонса Хопкинса.

В числе первых ста лучших медицинских учебных заведений, увы, нет ни одного российского, и это весьма настораживает (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Рейтинг университетов мира

Рейтинг	Университет	Общий балл
1	Массачусетский технологический институт (MIT), США	100
2	Имперский колледж Лондона, Соединенное Королевство	98,5
3	Оксфордский университет, Соединенное Королевство	96.9
4	Гарвардский университет, Соединенные Штаты	96,8
5	Кембриджский университет, Соединенное Королевство	96,7
6	Стэнфордский университет, Соединенные Штаты	96,1
7	ETH Zurich – Швейцарский федеральный институт технологий (Швейцария)	93,9
8	Национальный университет Сингапура (NUS), Сингапур	93,7
9	UCL Соединенное Королевство	91,6
10	Калифорнийский технологический институт (Caltech), США	90,9

Источник: QS World University Rankings 2025. URL: https://www.albioncom.ru/programs/vysshee-obrazovanie/qs-world-university-rankings-2025

Медики весьма консервативны и очень не любят рисковать. Все изменения приживаются с большим скрипом и после миллиона тонн проверок. Ответственность за чужое здоровье, а порой и жизнь не даёт права нырять во что-то новое и незнакомое с обрыва. Когда технология или методика прошла испытания, это ещё не значит, что врач сразу же возьмётся её применять. Скорее, даже нет. Потому что если предыдущий метод работает – лучше не трогать. Иногда это полезно, а иногда, как показывает практика, – нет. У нас не оборачивают сломанную руку сеткой полимера, чтобы можно было чесаться, а закатывают в старый добрый гипс. Не ставят трубки в нос при операции по исправлению перегородки носа, а впихивают 4 м бинта (буквально), чтобы пациент дышал только ртом первые сутки, а потом это одним движением выдёргивают. Не ставят импланты зубов сразу после удаления кисты в кисту (медицински лучше, но пускай пациент пострадает два раза вместо одного, такова традиция).

Постепенно уходит в прошлое классическая хирургия с открытым доступом и широкими разрезами и всё больше операций проводится лапароскопически, т.е. через небольшие проколы под наблюдением специальных камер. При этом хирург всё видит ничуть не хуже, чем при классической хирургии, потому что работает с увеличением и подсветкой. А где-то, может, даже и лучше – потому что увеличить картинку на экране компьютера можно в 20–40 раз, а это уже сродни оперированию под микроскопом (рис. 2.21; 2.22).

В отличие от других подходов, тут профит очевидный – снижение смертности и осложнений прямо налицо. Поэтому лапароскопию будут предлагать почти всегда, когда есть обученный хирург и приборы. Эта часть внедряется быстро. Появилось много технологий, нацеленных не только на спасение от неминуемой мучительной и скорой смерти, но и просто на улучшение качества жизни. Например, от артрита не умирают, но жить без боли в суставах намного приятнее. И этот вопрос помогает решить протезирование суставов. Количество и качество таких операций с каждым годом растёт.

Научились воссоздавать различные ткани и даже целые органы. Например, искусственные голосовые связки. Кое-что сейчас вообще можно напечатать на специальном 3D-принтере и сразу пересадить пациенту, например, нос.

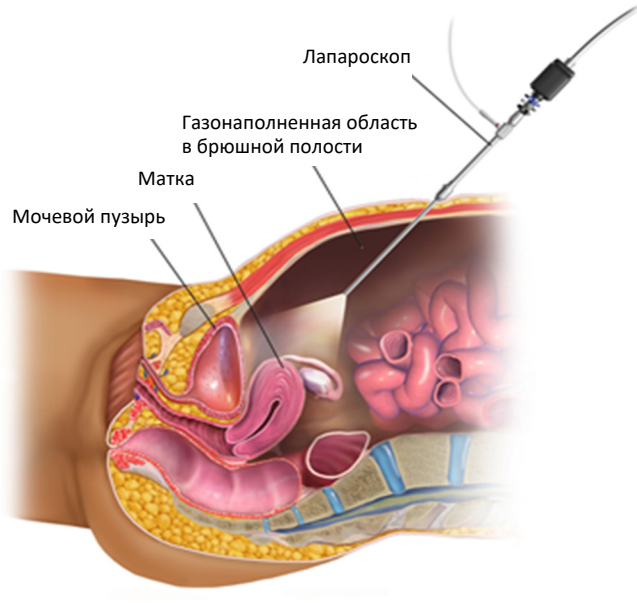


Рис. 2.21. Лапароскопия – лечебно-диагностический метод с помощью специального оптического инструмента

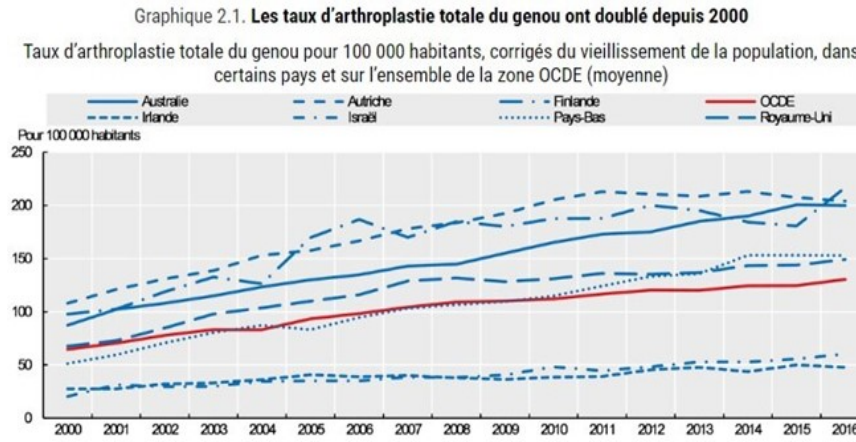


Рис. 2.22. Рост числа лапароскопических операций

Ещё один R-тренд – Robustness, Reporting, Registration (надёжность, отчётность и регистрация) декларирует необходимость обратной связи и тщательного документирования всех особенностей каждого эксперимента, независимо от того, закончился ли он удачей или поражением. Проблема в том, что многие эксперименты оказалось невозможно воспроизвести из-за того, что они были очень небрежно задокументированы. Такой R-подход наводит порядок в документации.

Сильно подешевели генетические анализы. Секвенирование первого человеческого генома стоило три миллиона долларов и заняло тринадцать лет. Сейчас можно просто плюнуть в пробирочку, заплатить вполне доступную большинству сумму и получить подробную информацию о том, кем были ваши предки, сколько генов вам досталось от неандертальца и нравится ли комарам ваша кровь (да, это тоже можно определить генетически).

Логичное продолжение тренда – возможность вмешаться в геном человека с помощью CRISPR. Система CRISPR/Cas9 – это такие ножницы, которыми можно вырезать из ДНК кусочки, отвечающие за всякие разные неприятности. В принципе ломать ДНК умели и раньше, но долго и муторно. А теперь научились делать это быстро и просто.

Пока мы, конечно, не можем, как в фильме «Гаттака», заказывать определённые умения у будущих детей, но, возможно, скоро сможем редактировать генетические заболевания. Скрининг беременных на серьёзные болезни и нехорошие мутации у будущих детей уже вошёл в норму. Просто проверяйте ребёнка до рождения. Впрочем, ДНК-печать, т.е. составление такой ДНК-цепочки, которая будет обладать исключительно заданными характеристиками, тоже уже существует. Теперь главное договориться: это хороший способ существенно продлить жизнь человека или подобные эксперименты нужно запретить, потому что они весьма неэтичны.

Очень широко развивается иммунотерапия. В том числе – иммунотерапия онкологических заболеваний. Новые методы называются CAR-T-клетки и checkpoint-ингибиторы. И это новый шаг в борьбе с раком. Плюс количество людей, до которых уже дошло, насколько важная вещь ранняя диагностика онкологии. Изменилось само отношение к раку. Он перестаёт быть приговором и потихоньку превращается в тяжёлую, но вполне излечимую болезнь. Общая смертность от рака стабильно снижается примерно на 1 % в год. Хирургия до сих пор считается основным методом борьбы с болезнью,

но процент химиотерапии и адресной иммунотерапии постепенно растёт (рис. 2.23).



Рис. 2.23. Новые методы лечения

Утихает «шумиха» вокруг стволовых клеток, но исследования продолжаются. Они перешли из области сенсаций в рабочие вопросы. Всё более реальным становится формирование конкретных тканей и органов для конкретного человека. Прямо внутри человека. А ещё, например, учёные научились превращать стволовые клетки в клетки мозга. Их пока нельзя трансплантировать, потому что думать, как настоящие мозги, они пока не умеют, но зато на них уже можно проводить научные и медицинские эксперименты, не заморачиваясь этическими проблемами и не мучая животных. Кроме того, на таких клетках можно тестировать препараты по лечению шизофрении, болезней Паркинсона, Альцгеймера и так далее.

Появились новые формы лекарственных препаратов, которые можно доставлять трансдермально, т.е. через кожу (и не делать постоянных инъекций). И это тоже очень крутое достижение. Например, с помощью специального пластыря сейчас можно в реальном времени измерять уровень сахара в крови. С его помощью гиперчувствительность к инсулину и риск сахарного диабета можно выявить лет за двадцать до начала болезни, а не тогда, когда он уже стартовал. И с помощью изменения привычек и образа жизни вообще его не допустить или оттянуть на максимально длительный срок.

Страшные-ужасные микрочипы, пугающие половину населения планеты, научились внедрять в клетки головного мозга. Но только не для того, чтобы управлять человеком извне, а для восстановления функций головного мозга, утраченных после инсульта или травм и мониторинга опухолей. И делает это не только Илон Маск.



Рис. 2.24. Микрочип в руке для восстановления связи руки и мозга

Чтобы человек мог пошевелить руками, например, нужно, чтобы у него сначала появилось намерение так поступить. Затем – определённая концентрация внимания и мышления и двигательная память. Нейроинтерфейс «мозг-компьютер» регистрирует активность мозга, контролирует воображаемые движения и передаёт информацию экзоскелету кисти руки. В результате после таких тренировок улучшаются не только движения, но и когнитивные способности, которые после инсульта, как правило, тоже хромают (рис. 2.24).

Что представляют собой современные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии? Почему их развитие сегодня особенно важно? Какие существуют разработки в нашей стране? Какие болезни они смогут лечить? Об этом рассказывает кандидат медицинских наук Елена Владимировна Петерсен, руководитель Центра биомедицинских технологий Института биофизики будущего МФТИ.

Современные биотехнологии интегральны – это их главная особенность. Геномные, нано-, био- и когнитивные технологии сейчас, с одной стороны, опираются на свои фундаментальные заделы, с другой – берут очень много из соседних областей. В первую очередь это, конечно же, технологии искусственного интеллекта, использование различных нейросетей, позволяющих обрабатывать большие массивы данных и за счет этого выходить на новый результат.

Проведение генетического типирования, например, микроорганизмов также нашло свое применение в различных областях. Это и агробиотехнологии, где изучают почвенные микробные сообщества, которые могут улучшить состав почвы и помочь росту и выживанию определенных сельскохозяйственных культур, и горнодобывающая промышленность, где по микробным маркерам определяют состав пород и перспективность разработок. Для биологических и медицинских технологий генетические исследования также становятся обязательным стандартом.

Дальнейшее развитие технологий должно привести к еще большему взаимопроникновению, что сможет вывести исследования на новые неочевидные находки. Е.В. Петерсен: «Наш Институт биофизики будущего ориентирован на решение задач биомедицинских технологий среднего и дальнего горизонта планирования, которые в настоящий момент не только не имеют решений, но и не сформированы понятийно в полной мере. Так, например, одна из задач, поставленная нашим научным руководителем академиком Вадимом Марковичем Говоруном, – разработка подходов к определению и поддержанию состояния нормальности человека с точки зрения физиологических процессов и когнитивных функций. Это очень интересная и сложная тематика, в процессе изучения которой будут появляться новые технологические разработки в области как диагностики, так и подходов к коррекции патологически протекающих процессов, нарушающих эти показатели нормальности».

Абсолютно новым и глобальным в этой области научных исследований стало расширение границ возможностей того, что можно исследовать на клеточном уровне, в условиях in vitro.

Любой физиологический процесс можно рассматривать как на уровне целого организма, так и на клеточном, молекулярном уровне. Для каждого из них описаны свои виды исследований. Однако в последнее время можно наблюдать значительный сдвиг от организменного уровня к клеточному, где исследования проводят на сложных клеточных или тканевых моделях.

Так, например, появились статьи, где в клеточных моделях из нейральных клеток определили молекулярные субстраты, влияющие на формирование памяти и процесс обучения. Ведутся работы по поиску молекулярного субстрата сознания. Активно развивается направление биологических искусственных нейронных сетей – конструкции из нейральных клеток, которые объединяются в сеть. Подобно тому как это устроено в нашей голове, они могут осуществлять

передачу сигналов в соответствии с клеточной иерархией или специальными условиями, задаваемыми им учеными. Это объединяет их, с одной стороны, с головным мозгом, с другой – с искусственными нейросетевыми алгоритмами, которые разрабатываются программистами.

По мере усложнения вычислительных алгоритмов искусственные нейросети начинают испытывать сложности из-за своего большого размера, поэтому использование объединенных биологических и искусственных нейросетей может стать альтернативой увеличения компьютерных мощностей. Сама по себе технология объединения электродов и клеток не нова, ей уже больше 40 лет, но в современном своем прочтении эта область электрофизиологии и клеточной биотехнологии позволяет говорить о новом способе получения и хранения информации, разработке нового типа нейросетей, создании нового вычислительного оборудования. Созданы усложненные микроэлектронные чипы, контактирующие непосредственно с нейральными клетками, объединенными в нейросети. Они называются органоидным интеллектом.

Е.В. Петерсен: «В нашем центре мы разработали синтетически активную клеточную трехмерную модель, используя стандартные линии нейральных клеток. Обычно они считались непригодными для проведения тестирования активности препаратов и использовались только для оценки токсичности. Мы пересобрали клетки в модель таким образом, что они смогли восстановить свой конституциональный (естественный) уровень экспрессии МАО (моноамииооксидазы) – фермента, утилизирующего излишки нейромедиаторов.

Известно, что повышение уровня моноаминоксидазы сопутствует многим патологическим процессам, начиная с болезни Паркинсона и заканчивая возрастной и посттравматической нейродегенерацией».

В объединенном коллективе с химиками, которые синтезировали несколько различных вариантов ингибиторов МАО (субстанций, способствующих уменьшению уровня МАО), ученые из МФТИ смогли протестировать их на модели в ускоренном режиме, а также определить терапевтически перспективные варианты.

Вторым большим направлением, которым занимаются в МФТИ, стало определение показателей температуры, процентного состава компонентов газовой смеси, питательных добавок и подложек для моделирования более физиологичных условий содержания клеток и клеточных моделей.

Правила работы с клетками были написаны и разработаны давно, и тогда было важно получить как можно большее их количество, а на клеточную физиологию обращали гораздо меньше внимания. Сейчас, используя технологии технического зрения и управляемого инкубирования, можно подобрать условия, которые будут более адекватно воспроизводить естественное клеточное окружение и обеспечивать физиологичный ответ клеток на лекарства.

Е.В. Петерсен: «Так, совместно с нашими коллаборатораторами, инжиниринговой компанией “Техвизио”, мы разработали приборный комплекс для высокопроизводительного скринингового культивирования, который позволяет управлять инкубированием и оценивать растущие клеточные культуры по их микроизображениям. Для этого была разработана программа на основе искусственного интеллекта, анализирующая изображения клеток и позволяющая по морфофункциональным характеристикам делать предположение по действию тех или иных препаратов. Наша разработка может помочь в исследованиях в области персонифицированной медицины и в обеспечении здорового долголетия». В рамках таких исследовательских платформ клетки можно ранжировать по их физиологическим функциям в различных условиях, по восприимчивости и ответу на лекарственные препараты, транскриптомному профилю и т.д. Применение подобных модельных систем возможно в самых различных направлениях. В первую очередь, это фундаментальные исследования патогенеза различных заболеваний и поиск новых мишеней и путей их лечения.

Работа ученых ведется параллельно со стандартными исследованиями на животных моделях, поскольку до сих пор не накоплен достаточный опыт перенесения всех протоколов тестирования на 3D-моделях. Однако уже сейчас можно сделать вывод о том, что время фармскрининга возможно сократить, так же как и сами расходы, связанные с работой на животных моделях. Е.В. Петерсен: «Если мы сможем проверять не только токсичность и эффективность лекарств на микротканях или трехмерных клеточных объектах, оставляя на стадию исследований изучение системных эффектов, то для доклинических испытаний потребуется меньшее количество животных, более короткие сроки проведения испытаний, что в конечном счете позволит сократить и расходы. Возможно, это также будет способствовать облегчению процесса разработки и внедрения новых оригинальных лекарственных препаратов, которые сейчас создаются в России».

По словам Е.В. Петерсен, существует разрыв между исследовательским уровнем, который задают химики и фармакологи в рамках различных грантовых научно-исследовательских программ, и реальным сектором, где российские фармкомпании очень сильно страхуются и не торопятся быстро брать разработки «с нуля». Причины – дороговизна доклинической стадии разработки и высокий риск получить низкую эффективность этой разработки.

До недавнего времени гораздо более безопасно было развивать направления, связанные с дженериками, о которых все известно, ведь для их производства в наших условиях требуется гораздо меньше ресурсов. Экономическую ситуацию нельзя сбрасывать со счетов, но ученые стараются искать общий язык с фармакологами, показывать свои разработки, общаться с реальными партнерами.

Как отмечает Е.В. Петерсен, новые программы, запущенные университетами в последнее время, будут способствовать повышению эффективности создания собственного производства, непрерывной линейки трансфера технологий от науки к бизнесу. Так можно достичь важной цели: не пропускать стадии создания новых препаратов, когда для фармакологов не будет сложным внедрение новых оригинальных разработок отечественного производства.

Швейцарские ученые разработали миниатюрный интерфейс мозг-компьютер, который преобразовывает нейронные сигналы в текст с высокой точностью и низким энергопотреблением. Чип размером всего 8 мм² использует новый подход, основанный на выявлении специфических нейронных маркеров для каждой буквы, что позволяет сократить объем обрабатываемых данных до ста байт на маркер. Это делает устройство более компактным и менее инвазивным по сравнению с аналогами, такими как Neuralink. Чип декодирует мозговую активность и преобразовывает ее в текст с точностью 91%.

Чип разработан исследователями из Швейцарского федерального политехнического университета Лозанны (EPFL). Устройство, получившее название «миниатюрный интерфейс мозг-компьютер» (MiBMI), чрезвычайно маленькое: оно состоит из двух тонких чипов размером всего 8 мм². Для сравнения, нейроимплант Neuralink Илона Маска значительно больше – примерно 23×8 мм. Чип EPFL потребляет мало энергии, считается минимально инвазивным и представляет собой полностью интегрированную систему, которая обрабатывает данные в реальном времени. Neuralink, в свою очередь, требует установки 64 электродов в мозг и обрабатывает данные через приложение на внешнем устройстве.

Как и другие интерфейсы мозга-компьютера, новый чип в основном отслеживает электрическую активность мозга и, опираясь на данные предыдущих нейробиологических исследований, преобразует эту активность в выходной сигнал. Конкретно MiBMI способен считывать сигналы мозга, возникающие, когда человек представляет себе написание буквы, и выводить эти сигналы в виде текста.

В отличие от устройства Neuralink, имплантированного человеку ранее в этом году, новый чип еще не проходил испытаний на живых организмах. Но при обработке реальных нейронных записей, полученных в ходе предыдущих исследований мозговых интерфейсов, он преобразовал нейронную активность в текст с точностью 91%.

Отчасти успех чипа заключается в новом подходе к считыванию сигналов обработки языка, которые мозг отправляет. Во время работы над чипом исследователи EPFL обнаружили ряд очень специфичных нейронных маркеров, которые активируются, когда человек представляет написание каждой буквы. Эти маркеры назвали «отличительными нейронными кодами» (DNC).

DNC стали своего рода сокращенным обозначением каждой буквы, что позволило чипсету MiBMI обрабатывать исключительно сами маркеры. Объем данных, связанных с каждым маркером, составляет около ста байт, в то время как типичный объем нейронных данных, соответствующих представлению буквы, измеряется тысячами байт. Такое сокращение объема обрабатываемых данных позволило уменьшить размер чипа и снизить энергопотребление. Подход также сократит время, необходимое для обучения пользователей, использующих чип. MiBMI уже способен распознавать 31 символ, что является рекордом для подобных интегрированных систем. Исследователи планируют увеличить этот показатель до 100 символов.

Как и другие подобные устройства, чип EPFL создан для того, чтобы помочь людям, которые не могут говорить или двигаться, общаться с окружающими. Сейчас исследователи изучают возможные применения системы за пределами обработки текста, включая декодирование речи и управление движениями. Их цель – создать универсальный нейрочип, который можно адаптировать для различных неврологических расстройств.

Нанороботы уже умеют доставлять лекарственные препараты прямиком в центр воспаления, что существенно ускоряет процесс лечения.

- Они помогают мониторить состояние здоровья и вовремя отслеживать, например, повышение уровня сахара в крови.
- Мы уже приближаемся к диагностике и лечению рака с помощью нанотехнологий.
- А также – к использованию их для микрохирургических операций (например, на сосудах).
- Лазерную терапию открыли, конечно, не в XXI в., но за последнее время она стала использоваться намного шире. Лазер стал рутинным инструментом, который часто применяют в хирургии, в том числе в стоматологии, как альтернативу хирургическому лезвию. Например, в 1990-е гг., когда все были напуганы ВИЧ и вирусами гепатита, это было особенно актуально, с этой точки зрения лазер безопасен, и это отдельный плюс в его применении.

Фитнес-браслеты сейчас носят очень многие. И это такая штука, которая может в реальном времени отслеживать не только сколько шагов человек прошёл, но и его сердечный ритм, и качество сна, и давление. До круглосуточного мониторинга состояния здоровья и передачи этой информации прямиком в медицинскую карту осталось уже совсем немного. К тому же это ещё один шаг к развитию телемедицины.

Бумажный документооборот постепенно остаётся всё в более отдалённом прошлом. Не только в медицине, конечно, но и вообще везде. Уже выросло поколение врачей, которые знакомы с компьютером с детства, и результаты всех исследований спокойно могут изучить на экране. Почти никто уже не просит, например, распечатать на плёнке данные с цифрового томографа. И это очень помогает сделать всю информацию более доступной и передаваемой и легко хранимой. Анализировать её тоже стало легче. На плёнку можно запихнуть только тридцать кадров и только в определённых проекциях. На диск же влезает всё исследование целиком, а это больше тысячи, а то и двух картинок во всех возможных проекциях. Изображение можно приблизить, отдалить, повернуть – и так далее. Важно, чтобы эти биомедицинские новации стали достоянием всего общества.

Биомедицина, также называемая теоретической медициной, – раздел медицины, изучающий с теоретических позиций организм человека, его строение и функцию в норме и патологии, патологические состояния, методы их диагностики, коррекции и лечения. Биомедицина (также называемая основной медициной или традиционной медициной) – это отрасль медицинской науки, которая

применяет биологические и физиологические принципы к клинической практике. Из наиболее развитых отраслей биомедицины следует отметить такие, как: биомедицинская технология и её приложения в виде терапевтического клонирования; биомеханика и её приложения в виде биомеханики человека, клинической биомеханики, биомеханики спорта.

Биомедицина включает в себя множество биомедицинских дисциплин и специальностей, которые обычно содержат приставку «био-», такие как молекулярная биология, биохимия, биотехнология, клеточная биология, эмбриология, нанобиотехнология, биологическая инженерия, лабораторная медицинская биология, цитогенетика, генетика, генная терапия, биоинформатика, биостатистика, системная биология, неврология, микробиология, вирусология, иммунология, паразитология, физиология, патология, анатомия, токсикология и многие другие, которые вообще касаются наук о жизни применительно к медицине. Биомедицина является краеугольным камнем современного здравоохранения и лабораторной диагностики. Она касается широкого круга научных и технологических подходов: от диагностики in vitro до экстракорпорального оплодотворения, от молекулярных механизмов муковисцидоза до популяционной динамики вируса ВИЧ, от понимания молекулярных взаимодействий к изучению канцерогенеза, от однонуклеотидного полиморфизма (SNP) к генной терапии.

Биомедицина базируется на молекулярной биологии и объединяет все вопросы развития в масштабные структурно-функциональные взаимосвязи генома, транскриптома, протеома, физиома и метаболома человека с особой точки зрения разработки новых технологий прогнозирования, диагностика и терапия.

Биомедицина включает изучение (пато) физиологических процессов методами биологии и физиологии. Подходы варьируются от понимания молекулярных взаимодействий до изучения последствий на уровне in vivo. Эти процессы изучаются с особой точки зрения разработки новых стратегий диагностики и терапии. В социальных науках биомедицина описывается несколько иначе. Через антропологическую линзу биомедицина выходит за рамки биологии и научных фактов; это социокультурная система, которая коллективно представляет реальность. В то время как традиционно считается, что биомедицина не имеет предвзятости благодаря практике, основанной на фактических данных, Гейнс и Дэвис-Флойд (2004) подчеркивают,

что сама биомедицина имеет культурную основу, потому что биомедицина отражает нормы и ценности ее создателей.

Биомедицина Израиля – это область науки и технологии, которая занимается изучением живых систем и применением биологических знаний для решения медицинских проблем. Израиль является одним из мировых лидеров в области биомедицины благодаря высокому уровню научных исследований, инновационной культуре и развитой стартап-экосистеме. В Израиле есть множество университетов, институтов и компаний, которые занимаются биомедицинскими исследованиями и разработками. Один из старейших и знаменитейших вузов Израиля – Технион – имеет 17 факультетов, в том числе факультеты биотехнологии, биологии, медицины, химии и другие. Технион также является домом для Израильского института нанотехнологий и науки (INNI), который является одним из крупнейших академических проектов в Израиле, а также одним из крупнейших нанотехнологических центров в Европе и США. Израиль также имеет сильную индустрию биотехнологий, которая производит продукты и услуги для диагностики, лечения и профилактики различных заболеваний. Среди наиболее известных израильских биотехнологических компаний можно назвать Тева – крупнейшего в мире производителя генерических лекарств, Мобилай – лидера в области систем помощи водителю и автономного вождения, Компьюген – разработчика новых терапий для онкологии и иммунных заболеваний, Ребиф – производителя препарата для лечения рассеянного склероза и многие другие.

Израиль также активно сотрудничает с другими странами в области биомедицины, особенно с США, Европой, Китаем и Индией. Израиль участвует в различных международных программах и проектах, «Биналь Альянс» – сеть университетов США и Израиля для сотрудничества в области науки, технологий и инноваций, «Китай-Израильский инновационный фонд» – совместный фонд для поддержки сотрудничества между китайскими и израильскими компаниями в области высоких технологий и другие. В общем биомедицина Израиля – это динамичная и прогрессивная область, которая способствует развитию науки, технологии и медицины, а также улучшению качества жизни людей во всем мире.

Израиль – это страна, которая имеет множество достижений мирового уровня по биомедицине в его научных учреждениях.

- Израиль стал одной из первых стран, которая начала массовую вакцинацию населения против COVID-19 с помощью вакцины

Pfizer/BioNTech. Кроме того, израильские ученые разрабатывают свои вакцины, такие как BriLife от Института биологических исследований и MigVax от Мигал Галилейского научно-технологического центра.

- Израильские ученые и компании занимаются разработкой новых методов лечения рака, таких как иммунотерапия, генная терапия, наномедицина и другие. Например, компания Compugen разрабатывает новые иммунные контрольные точки для активации иммунной системы против раковых клеток.
- Компания VBL Therapeutics разрабатывает генную терапию для лечения опухолей мозга.
- Компания Nanomedic Technologies разрабатывает нановолоконный материал для заживления ран после химиотерапии или облучения.
- Израильские ученые и компании занимаются разработкой новых технологий для диагностики различных заболеваний, таких как рак, инфекции, диабет и другие. Например, компания Sight Diagnostics разрабатывает устройство для анализа крови с помощью искусственного интеллекта. Компания MeMed Diagnostics разрабатывает тест для определения типа инфекции (бактериальной или вирусной) с помощью белкового биомаркера. Компания GlucoMe разрабатывает цифровую систему для мониторинга и управления диабетом.
- Израильские ученые и компании занимаются разработкой новых медицинских устройств и протезов, которые могут улучшить качество жизни пациентов с различными заболеваниями или повреждениями. Например, компания ReWalk Robotics разрабатывает экзоскелет для восстановления ходьбы у людей с параличом ног.
- Компания CorNeat Vision разрабатывает искусственную роговицу для восстановления зрения у людей с повреждением или заболеванием роговицы. Компания UPnRIDE Robotics разрабатывает коляску, которая позволяет людям с ограниченной подвижностью стоять и передвигаться вертикально.

Это лишь некоторые из многочисленных примеров достижений мирового уровня по биомедицине, которые были, есть и будут в Израиле и его научных учреждениях. Израиль продолжает быть одной из самых инновационных и передовых стран в области медицины и науки.

Израиль действительно называют «нацией стартапов», так как в этой стране есть большое количество инновационных компаний, которые привлекают внимание и инвестиции из разных стран. Большая часть этих средств поступила в сектор биомедицины, который включает области, такие как фармацевтика, биотехнология, медицинские устройства и цифровое здравоохранение.

Вот некоторые из израильских стартап-компаний по биомедицине, которые смогли привлечь значительные инвестиции за последние 10 лет:

K Health – компания, которая разрабатывает приложение для диагностики и лечения различных заболеваний с помощью искусственного интеллекта и больших данных. Компания привлекла 271 млн долл. в пяти раундах финансирования, в том числе 132 млн долл. в последнем раунде серии E в январе 2021 г.

OrCam Technologies – компания, которая разрабатывает устройство для помощи слепым и слабовидящим людям, которое крепится к очкам и распознает текст, лица, предметы и другую информацию с помощью компьютерного зрения и голосового сопровождения. Компания привлекла 286 млн долл. в трех раундах финансирования, в том числе 30 млн долл. в последнем раунде серии C в феврале 2020 г.

Insightec – компания, которая разрабатывает устройство для неинвазивной хирургии с помощью ультразвуковых лучей, которые фокусируются на определенной точке тела и уничтожают патологические ткани без повреждения здоровых. Компания привлекла 408 млн долл. в шести раундах финансирования, в том числе 150 млн долл. в последнем раунде серии F в декабре 2019 г.

MeMed Diagnostics – компания, которая разрабатывает тест для определения типа инфекции (бактериальной или вирусной) с помощью белкового биомаркера, который меняет свой уровень в зависимости от типа возбудителя. Компания привлекла 173 млн долл. в четырех раундах финансирования, в том числе 70 млн долл. в последнем раунде серии C в сентябре 2020 г.

ReWalk Robotics – компания, которая разрабатывает экзоскелет для восстановления ходьбы у людей с параличом ног. Компания привлекла 114 млн долл. в шести раундах финансирования, в том числе 40 млн долл. в последнем раунде серии D в июне 2014 г. Компания также провела IPO на NASDAQ в сентябре 2014 г. и собрала еще 36 млн долл.

2.13. Технологии для модернизации экономики Китая

В 1980-х и 1990-х гг., вскоре после реформ Дэна Сяопина, в КНР расцвел огромный пиратский рынок, на котором подделывалось все – от химикатов до джипов Crysler. Дешевые аналоги мировых брендов были очень востребованы внутри страны, а со временем начали и экспортироваться. Основу этого рынка составил фальсификат музыкальной и кинопродукции на компакт-дисках, а также софт-копии программ от американских разработчиков, которые продавались по лицензии за тысячи долларов, но на китайском рынке их можно было купить за 30–50 долл. – ими пользовались даже китайские госструктуры.

Некоторые ныне лидирующие компании из КНР начинали именно на пиратском рынке. TCL, один из ведущих китайских производителей телевизоров, дебютировал в 1980-х гг. под названием TTK и производил видеокассеты. Сменить название компанию заставил иск со стороны крупнейшего в мире производителя кассет TDK из Японии, который обвинил китайцев в копировании.

В 1988 г. американское правительство приняло новый закон о торговле и конкуренции, который обязал регуляторы расследовать деятельность стран, потворствующих недобросовестным рыночным практикам. Китай тут же оказался в приоритетном списке контроля. В 1992 г. США угрозами санкций заставили КНР принять новое законодательство об интеллектуальной собственности, аналогичное тому, что действует в развитых западных странах. Но на деле эти законы намеренно не применялись, и в 1992–1994 гг. ранее ориентированная в основном на внутренний рынок пиратская индустрия стала массово экспортироваться за рубеж.

После этого США не раз заключали с Китаем соглашения, которые должны были заставить правительство бороться с пиратством, но в целом воз и ныне там. В 2021 г. 75% фальсификата, изъятого американскими таможенниками, поступило именно из Поднебесной. По оценке ОЭСР за 2019 г., КНР экспортирует контрафактных товаров на сумму около 400 млрд долл. в год, что составляет около 16% общей стоимости его экспорта.

Американские исследователи считают, что сегодня китайское правительство пытается усидеть на двух стульях. С одной стороны, сильное законодательство и правоприменение в области интеллектуальной собственности полезно для экономического развития страны. От фальсификата страдают не только иностранные компании, но

и национальные производители и местные платформы e-commerce, а также репутация страны в целом. В то же время индустрия фальсификата играет огромную роль в экономике, и если с ней слишком эффективно бороться, то можно спровоцировать масштабный кризис и безработицу. Поэтому государство борется с фальсификатом спустя рукава. Несмотря на достаточно развитое законодательство, китайские правоохранительные органы довольно редко всерьез расследуют претензии в отношении прав на интеллектуальную собственность. Поэтому часто компании, как иностранные, так и китайские, инициируют собственные частные расследования, нанимая китайских партнеров для сбора доказательств. Собрав достаточно доказательств, они представляют их местным правоохранительным органам. Однако даже при таком алгоритме шансов на защиту немного.

Тем не менее в 2014 г. в Китае были созданы суды по интеллектуальной собственности, которые признаются очень эффективными. За 2022 г. в суды первой инстанции поступило более 438 000 дел. Во внутрикитайских спорах суды часто встают на сторону правообладателя и присуждают ему большие компенсации. Тем не менее американские эксперты считают, что в рассмотрении споров с иностранными компаниями эти суды, а также местные исполнительные органы нередко бывают предвзяты в пользу китайских компаний.

В первые годы своего существования коммунистический Китай опирался на технологическую поддержку Советского Союза. Но вскоре Пекин разругался с Москвой и оказался отрезан от передовых технологий. Чтобы развиваться дальше, правительство Мао инициировало создание системы сбора технологической информации со всего мира.

С каждым годом китайская система добычи технологий становилась все более разветвленной и разнонаправленной. Сегодня она включает в себя десятки ведомств и каналов: спецслужбы, дипломатические структуры, патентное ведомство, научные библиотеки, вузы, исследовательские центры, многочисленные диаспоры и НКО, и многое другое.

Во второй половине 1950-х гг. были созданы ведомства, которые занимались тем, что сегодня бы назвали технологическим OSINT (open source intelligence), – изучали иностранные научные публикации, доступные в открытых источниках, и искали в них ценные данные. Также они занимались бенчмаркингом – исследованиями бизнес-моделей или продуктов иностранных компаний на

предмет поиска преимуществ, которые можно скопировать, и реверс-инжинирингом – методом изучения чужих технологий путем анализа конечных продуктов. Эта система работала в первую очередь на ВПК, и сыграла ключевую роль в запуске китайской ядерной программы и многих военных разработок.

Ключевым ведомством стал Институт научной и технической информации при китайской академии наук. К середине 1960-х гг. на его основе была создана масштабная разведывательно-информационная система сбора технологической информации, отделения которой были в каждом китайском ведомстве и на каждом предприятии. В некоторых вузах открылись аспирантуры по направлению «информация о науке и технологиях» – фактически ученые степени по глубокому анализу иностранной научной литературы.

В 1980 г. правительство решило более тесно увязать разведывательную работу с экономическим строительством и научно-техническим развитием, и стало еще активнее инвестировать в синергию практик изучения научных документов и разведки. В систему вошло все больше ведомств, включая научные библиотеки и патентное ведомство Китая.

К 1985 г. по всей стране насчитывалось 412 крупных научно-технических разведывательных институтов, задействованных в этой сети, в которых работало более 25 000 человек, а также 300 базовых ячеек в первичных организациях – компаниях и лабораториях.

В 1991 г. в КНР была опубликована написанная китайскими военными толстая книга с инструкциями по сбору информации из открытых данных – «Источники и методы получения разведывательной информации о национальной обороне и технике». Она проливает свет на белые и серые методы, которые используют китайские сборщики информации.

Среди основных источников информации в ней перечислены:

1) научно-технические периодические издания;
2) отчеты конференций;
3) научно-технические отчеты;
4) правительственные публикации;
5) диссертации;
6) научно-технические книги;
7) стандарты;
8) образцы продукции;
9) патентные документы;
10) устная информация.

Авторы книги утверждают, что не бывает абсолютно секретной информации – нередко по крупицам из разных источников можно получить исчерпывающие сведения о самых засекреченных разработках. Книга подробно объясняет методы работы с такими источниками, как публикации Конгресса, отчеты Агентства технической информации ВС США, военные стандарты американской армии. В ней описаны американские протоколы засекречивания и рассекречивания данных, структуры ключевых органов.

Еще одно ключевое направление в китайской политике по сбору иностранных технологий – вербовка иностранных специалистов, которые либо перебираются в Китай работать, либо занимаются классическим экономическим шпионажем – передают ценные сведения местным оперативникам. Основное пространство для этой деятельности – США. По подсчетам американского Минюста, около 80% дел, связанных с экономическим шпионажем, имеет китайский след.

Помимо спецслужб КНР, которые отвечают в основном за нелегальные операции, ключевой гражданский орган здесь – Государственное управление по делам иностранных экспертов (SAFEA, State Administration of Foreign Experts Affairs). По мнению американских исследователей, оно координирует усилия десятков других более мелких структур, занимающихся как вполне законным наймом иностранных специалистов и налаживанием связей с зарубежным бизнесом и китайской диаспорой, так и вербовкой информаторов в иностранных ведомствах и компаниях.

К примеру, в 2005 г. ФБР арестовало американского инженера индийского происхождения Ношира Говадию по подозрению в продаже китайцам технологий военной компании Northrop. Во время следствия Говадия сам признался, что передал китайцам чертежи, связанные со стелс-технологиями стратегического бомбардировщика B-2. По данным суда, в 2003–2005 гг. Говадия совершил шесть поездок в Китай, где оказывал услуги по проектированию крылатых ракет со скрытым выхлопным соплом, за что получил от КНР не менее 110 000 долл. Эти визиты были организованы именно представителем SAFEA.

Китайские организации, ответственные за сбор информации у иностранцев, часто используют методы, направленные на то, чтобы ценные данные были раскрыты случайно, по неосторожности или из лучших побуждений. Яркий пример – история американского физика-ядерщика Вань Хо Ли. Начиная с конца 1980-х гг. он регулярно

получал приглашения от китайских научных организаций и университетов на симпозиумы и научные семинары, а также читал лекции студентам китайских вузов. В это время он разгласил некоторые секретные данные, связанные с американской ядерной программой и бомбардировщиками B-1 – по-видимому, это произошло в основном в частных разговорах в кулуарах научных мероприятий, и ученый даже не заметил этого. В 1999 г. Ваня обвинили в намеренном шпионаже в пользу Китая, но ему удалось доказать, что все данные он передал неосознанно и по невнимательности, а не из-за того, что был завербован. Эта история прежде всего про расовое профилирование в Америке – у Минюста не было никаких доказательств того, что Ван был завербован, а обвинение на деле строилось прежде всего на его происхождении. В ордере ФБР на обыск его дома было написано, что он проводится из-за того, что Вань является этническим китайцем. Но для нас важнее то, как изящно представители тамошних спецслужб вытащили из Ваня секреты, сыграв на его невнимательности.

Впрочем, по данным американских органов власти, китайцы активно используют и вполне классические методы кражи технологий, например, покупку сведений у продажных информаторов. Почти во всех громких делах об экономическом шпионаже в пользу Китая главным мотивом для передачи данных было стремление заработать. При этом нередко данные похищали этнические китайцы, которые (если верить американскому правосудию) вербовались через диаспору, связи в КНР или тамошние компании. К примеру, в 2010 г. инженер Boeing Дуньфан Чун был приговорен к 10 годам тюрьмы за передачу КНР информации о секретных разработках. По данным дела, он собирал сведения еще с 1970-х гг. и получил за свою деятельность около 3 млн долл. Еще один шпион – Мо Хайлун. Он попался в 2011 г., когда собирал образцы инновационных сортов кукурузы прямо на поле. Он занимался экономическим шпионажем в области АПК почти два десятка лет, официально работая в китайской сельхозфирме, где получал нереалистично большую для его должности зарплату.

Эти истории происходят и по сей день. К примеру, в ноябре 2022 г., американский суд приговорил к 20 годам тюрьмы Янцзюня Сюя, которого тамошние органы считают кадровым офицером Министерства госбезопасности Китая. Согласно обвинению, он приглашал ученых выступить в КНР, а когда те шли на обед, взламывал их компьютеры и похищал сведения, а также устанавливал на них шпионские программы. Помимо американского GE Aviation, от его

действий также пострадала неназванная французская компания. Вот такие интересные китайские партнеры.

По данным отчета SEMI, Китай в первом квартале 2024 г. потратил 12,52 млрд долл. на закупку оборудования для производства чипов, что составляет 47% от мировых затрат в этой сфере. Это увеличение на 113% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В то же время мировая выручка от реализации оборудования снизилась на 2% в годовом выражении, до 26,4 млрд долл., а в поквартальном сравнении – на 6%. Рост затрат Китая связан с необходимостью ускорить импортозамещение и угрозой новых санкций.

В четвертом квартале 2023 г. китайские расходы на оборудование для полупроводников достигли 12,13 млрд долл., однако страна и так много закупала его. Другие крупные покупатели, такие как Южная Корея, Тайвань, Европа, Северная Америка и Япония, по совокупным затратам едва опережают Китай. Южная Корея, например, потратила 5,2 млрд долл., что на 7% меньше по сравнению с прошлым годом. Тайвань сократил затраты на 66%, до 2,34 млрд долл., тогда как Европа увеличила свои расходы на 23%, до 1,89 млрд долл. Северная Америка и Япония уменьшили затраты на 33% и 4% соответственно. «Несмотря на небольшое снижение глобальных продаж, наша индустрия остается сильной и устойчивой», – заявил президент SEMI Аджит Маноча (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Доходы рынка полупроводникового оборудования по регионам (U.S. Dollars in Billions)

Регион	1Q 2024, $	4Q 2023, $	1Q 2023, $	1Q (QoQ), $	1Q (YoY), $
Китай	12.52	12.13	5.87	3%	113%
Корея	5.20	4.81	5.62	8%	-7%
Тайвань	2.34	3.26	6.93	-28%	-66%
Европа	1.89	1.60	1.53	18%	23%
Северная Америка	1.89	2.65	3.95	-29%	-33%
Япония	1.82	2.71	1.90	-33%	-4%
Остальной мир	0.76	0.88	1.06	-14%	-28%
Всего	**26.42**	**28.04**	**26.85**	**-6%**	**-2%**

Источники: SEMI (www.semi.org) and SEAJ (www.seaj.or.jp), June 2024.

Примечание: Суммарные промежуточные итоги могут не совпадать с итоговой суммой из-за округления.

В стремлении Китая к высококачественному развитию термин «производительные силы нового качества» привлекает к себе внимание, подчеркивая направление преобразований и модернизации второй по величине экономики мира. Каковы основные элементы «производительных сил нового качества»? Как их следует развивать и каковы последствия для остального мира? На шестом заседании круглого стола по экономике Китая, который является дискуссионной площадкой для всех средств массовой информации, запущенной информационным агентством Синьхуа, правительственные чиновники и отраслевые инсайдеры поделились своими соображениями по некоторым наиболее часто задаваемым вопросам, связанным с этим «модным» выражением.

Впервые представленные в 2023 г. производительные силы нового качества означают передовую производительность, которая освобождается от традиционного способа экономического роста и путей развития производительности, отличается высокими технологиями, высокой эффективностью и качеством, а также соответствует новой концепции развития. Лю Дунмэй, секретарь комитета КПК Китайской академии по изучению стратегии развития науки и технологий, сказала, что новая стратегия разрабатывается на фоне стремления Китая к высококачественному развитию и нарастающей волны новой научной революции и промышленных преобразований. «Научно-технические инновации – это основа производительных сил нового качества», – сказала она, отметив, что благодаря научно-техническим инновациям, особенно в области прорывных и революционных технологий, можно придать новый импульс экономическому развитию.

В последние годы Китай неуклонно укрепляет свои позиции в области научно-технических инноваций. По итогам 2023 г. Китай инвестировал более 3,3 трлн юаней (около 463,5 млрд долл. США) в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), что на 8,1% больше по сравнению с 2022 г. Хуан Ханьцюань, глава Академии макроэкономических исследований при Государственном комитете по делам развития и реформ КНР, сказал, что развитие производительных сил нового качества охватывает как развивающиеся, так и традиционные отрасли, и что инновации включают в себя технологии, а также институты и управление. «Научно-технические и институциональные инновации – это как два колеса, стимулирующие рост общей факторной производительности в Китае», – сказал Хуан Ханьцюань на заседании круглого стола.

Район Цяньхай в южно-китайском технологическом центре Шэньчжэнь (пров. Гуандун), демонстрационная зона современной индустрии услуг, является примером развития производительных сил нового качества с помощью технологических и институциональных инноваций. Ван Цзиньсь, заместитель главы администрации района Цяньхай, сказал, что местные власти сосредоточили свое внимание на развитии промышленного кластера в области искусственного интеллекта, защите интеллектуальной собственности, усилении финансовой поддержки и создании крупных платформ для промышленного развития. По его словам, сегодня в районе Цяньхай насчитывается около 55 тыс. технологических предприятий, из которых 2239 являются национальными высокотехнологичными предприятиями, а 14 – компаниями-единорогами или стартапами.

По мнению участников дискуссии, новая стратегия определила четкий путь к высококачественному развитию и соответствующим реформам, поскольку Китай стремится устранить ограничения, препятствующие развитию производительных сил нового качества. По словам Лю Дунмэй, институциональные реформы в области науки и техники предполагают формирование новых производственных отношений, соответствующих производительным силам нового качества. Она добавила, что одним из важнейших аспектов этих реформ является межведомственная координация с точки зрения разработки стратегии, распределения ресурсов и распределения основных объектов для обеспечения максимальной эффективности использования ресурсов. Разделяя ее точку зрения, Хуан Ханьцюань сказал, что институциональные реформы должны быть многогранными и всеобъемлющими, тем самым способствуя беспрепятственному притоку высококачественных факторов, таких как капитал, данные и таланты, в высококачественные производительные силы.

Он также подчеркнул необходимость реформирования научно-технической системы, чтобы стимулировать вклад в фундаментальные исследования для получения более оригинальных и прорывных достижений, а также реформирования служб для ускорения применения технологических достижений и превращения их в ощутимую производительность. В частности, и Хуан Ханьцюань, и Лю Дунмэй подчеркнули роль управления талантами в стимулировании технологических инноваций. Лю Дунмэй сказала, что необходимо приложить усилия для создания более благоприятных условий для инноваций, чтобы привлечь больше высококвалифицированных специа-

листов для работы и проживания в Китае, добавив, что необходимо реформировать систему образования, чтобы воспитать больше будущих ученых, специалистов и инженеров, и усовершенствовать системы оценки для поощрения долгосрочных фундаментальных исследований.

По мнению участников дискуссии и других представителей отрасли, присутствующих на заседании круглого стола, продолжающиеся усилия Китая по развитию производительных сил нового качества придадут новый импульс глобальному экономическому росту и предоставят огромные возможности инвесторам. «Наряду с китайскими компаниями глобальные инвесторы используют новые возможности, связанные с развитием производительных сил нового качества», – сказал Ван Цзинься. По его словам, развитие производительных сил нового качества в Китае создаст возможности для выхода на расширяющийся рынок страны. Глобальные инвесторы также смогут сотрудничать с Китаем в продвижении новой технологической революции и участвовать в последней волне глобализации, сказал он, добавив, что иностранные компании уже инвестировали в демонстрационную зону современной индустрии услуг Цяньхай более 40 млрд долл. США.

Развитие производительных сил нового качества в Китае может значительно повлиять на мировую экономику, оказывая влияние на инновации и конкурентоспособность в различных секторах и отраслях промышленности, сказал Ронни Линс, директор Китайско-бразильского центра исследований и бизнеса. Согласно официальным данным, благодаря неизменному вниманию Китая к инновациям прямые иностранные инвестиции в высокотехнологичные производственные секторы страны в первом квартале этого года достигли 37,76 млрд юаней (около 5,3 млрд долл. США). По мере того как Китай продолжает развивать производительные силы нового качества, страна также делится своими интеллектуальными, экологичными и инклюзивными технологиями с другими странами, сказала Лю Дунмэй. Мир сталкивается с рядом неотложных глобальных проблем, включая продовольственную безопасность, стихийные бедствия и изменение климата. Китай, обладающий богатым опытом, может многое предложить в решении этих проблем.

«Я очень оптимистичен в отношении того, что эти новые, высококачественные, высокотехнологичные производительные силы станут огромным шагом вперед для человечества и смогут

производить гораздо более качественную и доступную продукцию. И мы можем сделать это гораздо более экологичным способом», – сказал Эрик Солхейм, бывший заместитель генерального секретаря Организации Объединенных Наций (ООН). КНР вышла на первое место в мире по научному вкладу в большинстве передовых технологических направлений. Это показало недавнее исследование австралийского аналитического центра Australian Strategic Policy Institute (ASPI), работающего при государственной поддержке © Ma Xiping, Xinhua.

В отчете Critical Technology Tracker специалисты ASPI оценили научно-технологический потенциал разных стран, исходя из количества проведенных в них **прорывных исследований** с наиболее высокими показателями цитируемости. В анализ вошли данные за два десятка лет, с 2003 по 2023 г. Среди важнейших технологических областей аналитики рассмотрели 64 направления, включая оборону, космос, энергетику, экологию, искусственный интеллект, биотехнологии, робототехнику, информационную безопасность, вычислительные процессы, разработку передовых материалов, квантовые технологии и другие. Из доклада следует, что Китай занял первое место по числу самых цитируемых исследований, вышедших с 2019 по 2023 г., в 57 областях, т.е. почти по 90% направлений из списка. В остальных семи лидерство оказалось за Соединенными Штатами (рис. 2.25).



Рис. 2.26. Современная исследовательская лаборатория

Эксперты отметили, что ранее, с 2003 по 2007 г., ситуация с вкладом этих стран в передовые технологии была противоположной: США возглавляли рейтинги по 60 из 64 направлений, а КНР – только в трех. По словам авторов отчета, Китай добился крупных успехов за последние два десятилетия, особенно в период с 2010 г. По мнению аналитиков, усилению позиций Поднебесной способствовала государственная программа «Сделано в Китае – 2025». Представленная Пекином в 2015 г., она предусматривала масштабное прямое финансирование правительством ключевых направлений НИОКР. КНР лидировала и в прошлогоднем докладе ASPI, но в меньшем количестве категорий – в 52. Среди новых областей, где Китай вырвался вперед, специалисты перечислили квантовые датчики, высокопроизводительные вычисления, гравитационные датчики, запуск космических аппаратов, проектирование и изготовление передовых интегральных схем.

Что касается направлений, где на первом месте остаются Соединенные Штаты, то это квантовые вычисления, вакцины и медицинские контрмеры, ядерная медицина и радиотерапия, малые спутники, атомные часы, генная инженерия и обработка естественного языка.

Ряд технологических областей аналитики отнесли к «высокорискованным» из-за опасности их монополизации одним из государств. Если в прошлом отчете фигурировали 14 подобных направлений, то теперь их число увеличилось до 24. Специалисты обратили внимание на доминирующую роль Китая в пополнивших список технологиях и предупредили, что многие из них могут иметь военное назначение. Так, в перечне высокого риска – радары, современные авиационные двигатели, дроны, групповая и коллаборативная робототехника, спутниковое позиционирование и навигация.

У большинства других государств, идущих в рейтинге по научно-технологическому потенциалу после Китая и США, положение практически не изменилось. Среди них – Германия (в топ-5 по 27 направлениям), Южная Корея (24), Италия (15), Иран (8), Япония (8) и Австралия (7).

«Приведенные результаты призваны напомнить правительствам стран по всему миру, что достижение и сохранение лидерства в научно-исследовательской области – это не кран, который можно открыть или закрыть. <…> Создание технологического потенциала требует постоянных вложений в научные знания, талантливые кадры и высокорезультативные институты, а также накопления этих

ресурсов. Сформировать их с помощью краткосрочных или разовых инвестиций нельзя», – заключили авторы доклада.

Китайская лаборатория Tianmushan разработала беспилотник Tianmushan No. 1, который решает проблемы традиционных дронов – ограниченную дальность полета и уязвимость к неблагоприятным погодным условиям. Аппарат оснащен водородной топливной системой, в 5-6 раз превосходящей литий-ионные аккумуляторы по плотности энергии. Он может нести до 6 кг груза и летать более четырех часов, преодолевая до 100 км вне зоны видимости. Взлет и посадка управляются всего одной кнопкой. Первый в мире водородный беспилотник с интегрированной парашютной системой может работать в экстремальных условиях, например, при разведке месторождений, мониторинге энергосистем и спасательных операциях.

Водородный многороторный беспилотник Tianmushan No. 1 совершил свой первый полет. Летательный аппарат способен нести полезную нагрузку до 6 кг и непрерывно находиться в воздухе более четырех часов. Его легкий карбоновый корпус из углеводородного волокна весит всего 19 кг. Автономный взлет и посадка управляются одной кнопкой, что упрощает операции и снижает риск человеческой ошибки. Дальность полета до 100 км вне зоны прямой видимости позволяют дрону работать даже в экстремальных условиях низких температур и на большой высоте. Главная особенность беспилотника – водородная топливная ячейка. Благодаря энергетической плотности, в 5-6 раз превосходящей плотность литий-ионных аккумуляторов, продолжительность полета сильно увеличивается. Помимо водородной топливной системы, беспилотник использует встроенную интеллектуальную парашютную систему и четыре типа углеродных баллонов для хранения водорода. Батарея топливных элементов с воздушным охлаждением обеспечивает оптимальную производительность даже в сложных условиях. «Дрон был разработан для решения проблем отрасли, связанных с недостаточной выносливостью и устойчивостью промышленных дронов к низким температурам», – говорится в пресс-релизе лаборатории.

Разработчики заявили, что это первый в мире серийный беспилотник на водородном топливе с интегрированной конструкцией парашюта. Это пригодится в случае возникновения неисправности – парашют автоматически раскроется и защитит как дрон, так и окружающую среду. Беспилотник прошел тщательные испытания на соответствие требованиям отрасли и зарекомендовал себя в разных областях: разведка нефтегазовых месторождений, проверка энерго-

систем, аварийно-спасательные работы, охрана лесов и мониторинг водопользования.

Высокая пористость и отличные изолирующие свойства открыли аэрогелям дорогу в космонавтику. Однако производство этого материала было и остается дорогим: качественные аэрогели на основе карбида кремния стоят до нескольких тысяч долларов за литр. Китайским ученым удалось снизить расходы на производство всего до 0,7 долл. за литр. Даже для КНР, где стоимость производства аэрогелей ниже благодаря развитой промышленности, новая технология обещает существенные выгоды. Один слой аэрогеля способен защитить кожу человека от прямого пламени. Технологический прогресс привел к появлению различных форм выпуска аэрогелей, от пленок до спреев, и расширил спектр их применения до топливных элементов и полупроводников. Команда ученых из Института физики и химии Академии наук Китая разработала новый, более экономичный метод синтеза аэрогелей. Он позволит снизить расходы в 100 раз и увеличит производительность в десять раз, сообщает SCMP.

Технология основана на процессе быстрой реакции горения между кремниевым порошком и полтетрафторэтиленом, также известным под торговой маркой «тефлон». После возгорания смесь за секунды разогревается до 1800 градусов Цельсия и производит аэрогель со скоростью 16 л в минуту. Полученный аэрогель обладает высокой пористостью (99,6%), способностью к сжатию и реверсивностью. В лабораторных испытаниях лист бумаги из карбида кремния с легкостью восстанавливался после сгибания и скручивания. Вдобавок аэрогель сохраняет изолирующие свойства, выдерживая температуру до 1000 градусов на воздухе и до 1700 градусов в инертной атмосфере. Это существенно более высокие показатели, чем у легких изоляционных материалов, таких как силикатные аэрогели, теряющие эффективность при температуре выше 700 градусов. «Мы настроены весьма оптимистично по поводу массового производства аэрогелей из карбида кремния описанным методом, – заявили ученые. – Мы полагаем, что этот технологический прорыв обеспечит широкое применение керамических аэрогелей в повседневной жизни, промышленности и в научных исследованиях в экстремальных условиях».

Год назад ученые изготовили свитер из аэрогелевого волокна, имитирующего мех белого медведя. Каждый волосок их меха содержит десятки крошечных воздушных карманов, которые препятствуют отводу тепла и помогают белым медведям сохранять комфортную температуру тела в суровых арктических условиях.

Глава 3
ИЗБРАННЫЕ ОБЗОРЫ ПАТЕНТОВ

3.1. Rubber – Asphalts for Road Application

Rubber Modified Asphalt turns old tires mainly into new roads. The Rubber Modified Asphalt SMA is a direct alternative to 50 pen SMA and delivers the same performance and surface characteristics in terms of regularity and texture. Tarmac is the first in the UK to develop a new asphalt technology capable of recycling end-of-life tires (ELTs) into roads. Rubber Modified Asphalt was also elaborated in USSR by prof. Oleg Figovsky: He has a lot of inventions on this area – see: Яна Любарская. 500 inventions of Oleg Figovsky.". Novel patents, mainly from China, on Rubber Modified Asphalt are described below:

Crumb rubber obtained from recycled tires is subjected to an interlinked substitution process. The process utilizes a reactive component that interferes with sulfur bonds **NZ763644 (A).** The resulting treated rubber exhibits properties similar to those of the virgin composite rubber structure prior to being granulated, and is suitable for use in fabricating new tires, engineered rubber articles, and asphalt rubber for use in waterproofing and paving applications.

An asphalt composition by patent **US2024166880 (A1)** has a modified asphalt binder. The modified asphalt binder includes an initial binder, an elemental sulfur, a recycled plastic, and a crumb rubber, the crumb rubber including a recycled material. The recycled plastic and the crumb rubber together define a binder modifier. The binder modifier and the initial binder together define an intermediate binder. The elemental sulfur is in an amount of 30 to 50 weight percent, by weight of the modified asphalt binder. The crumb rubber is in an amount of 10 to 20 weight percent, by weight of the intermediate binder.

The utility model **CN220685656 (U)** provides an urban road pavement structure based on rubber asphalt stress absorbing layers, which is characterized in that the rubber asphalt stress absorbing layers are arranged in a base layer, a cement stabilized macadam layer, a lower

surface layer, a middle surface layer and an upper surface layer; the rubber asphalt stress absorbing layer composed of the rubber asphalt cementing material and the single-particle-size aggregate has an obvious effect of relieving generation and expansion of reflection cracks, stress generated by relative displacement at the cracks can be greatly reduced when being transmitted to a surface layer, singularity of stress at the tip ends of the cracks can be obviously weakened, stress intensity factors are reduced, and the service life of the cracks is prolonged. Therefore, the purpose of delaying generation of reflection cracks is achieved. The method is especially suitable for solving the problem of reflection cracks of semi-rigid base asphalt pavements and cement concrete pavement overlay layers.

The utility model **CN220685667 (U)** discloses an anti-ponding highway pavement structure, which relates to the technical field of highways and comprises a soil base layer and a water guide component, waste rubber tires are laid on the surface of the soil base layer, an asphalt layer is laid on the surface of a gravel base layer, hole sites are formed in the surfaces of the waste rubber tires, and the water guide component is arranged in the hole sites in a penetrating manner. The water guide assembly comprises a rubber sleeve, water guide cotton and water passing holes, concrete drainage channels are formed in the two sides of the asphalt layer, and the asphalt layer is of a pore structure. According to the highway pavement structure capable of preventing water accumulation, rainwater is absorbed and transmitted by the water guide cotton, so that the rainwater can be rapidly conducted into the concrete drainage channel along the water guide cotton after infiltrating so as to realize drainage, water accumulation on the pavement is further prevented, and the waste rubber tires can also protect the water guide cotton from excessive load bearing; and the reinforcing core net is arranged in the water guide cotton to reinforce the overall tightness of the water guide cotton, so that the situation that the water guide cotton is broken and cannot transmit rainwater is prevented.

The invention **CN117777746 (A)** discloses a preparation process and equipment of waste rubber composite modified asphalt, and the process comprises the following steps: crushing a waste rubber raw material to obtain a plurality of rubber blocks; paving the plurality of crushed rubber blocks in a container; acquiring a detection image; acquiring area parameter values corresponding to the plurality of rubber

blocks in the detection image, comparing the area parameter values with a preset area threshold value, and if the area parameter values are greater than the area threshold value, returning to the step of crushing the waste rubber raw material to obtain the plurality of rubber blocks; if the area parameter value is smaller than or equal to the area threshold value, the multiple rubber blocks are ground into powder, and rubber powder is prepared; the rubber powder, the matrix asphalt and the activating agent are mixed and stirred, then the high polymer is added for swelling, the composite modifier and the stabilizer are added after shearing treatment, and finally the rubber modified asphalt is prepared through development, and the rubber modified asphalt has the advantages that the particle size observation precision of crushed rubber particles can be improved, and the product quality is guaranteed.

The invention **CN117777498 (A)** discloses a rubber powder modified calcium alginate asphalt self-healing capsule preparation method, which comprises: S1, placing activated rubber powder, a surfactant, a repairing agent and a sodium alginate solution in a colloid mill, and uniformly stirring; s2, dropwise adding the sodium alginate-rubber powder mixed emulsion obtained in the step 1) into a calcium chloride solution to prepare a spherical capsule; and S3, drying the spherical capsule to obtain the asphalt self-healing capsule. According to the preparation method provided by the invention, sodium alginate and calcium chloride are subjected to a replacement reaction to form a calcium alginate multi-cavity gel net structure, the repairing agent is wrapped in an internal cavity, rubber powder particles are attached to the inner wall of the cavity, and the self-healing capsule with the calcium alginate-rubber powder-asphalt repairing agent as a main body is formed; the self-healing capsule has higher deformation when the asphalt mixture bears a load, and the repairing agent is not quickly released, so that the repairing effect of the capsule is enhanced, and the repairing period of the capsule is prolonged.

Spillages of hydrocarbons behaving as liquids at ambient temperatures by patent **HUP9802113 (A1)** are rendered harmless by the application of paraffin wax, paraffin wax mixtures, other waxes or wax mixtures, provided, that their congealing point is at least at 40degreesC. Suitable waxes or their mixtures are heated at least to their melting point and the following compounds are added (pts. wt.): 0.5-5 natural asphalt, preferably gilsonite, and optionally: 0.1-10.0 fly-ash and/or 0.1-10 ground

rubber, and/or 0.1-5 talc, and/or 0.5-1 chloride of lime. The composition is homogenized and brought into contact with the spillage. The minimum composition addition level is at 50 vol.% of the liquid hydrocarbons. Solidified homogeneous spillages are removed mechanically. Added waxes may optionally be reclaimed for reuse.

The invention **CN117551356 (A)** discloses an environment-friendly direct vat set waste rubber powder based asphalt mixture modifier and a preparation method thereof. The modifier comprises matrix asphalt, coumarone-indene resin, waste rubber powder, grafted gutta-percha, a modifier 1, a modifier 2, a composite cross-linking agent, dibenzoyl peroxide, N-(2-ethoxyl) dodecyl amide, cocamidopropyl betaine and a composite separant. Compared with a traditional rubber asphalt preparation technology, the environment-friendly direct-vat waste rubber powder-based asphalt mixture modifier avoids pollution emission in the mixing construction process of waste rubber powder modified asphalt, saves heat preservation and heating energy consumption in the transportation process of the modified asphalt, thoroughly solves the problem of heavy pollution of the rubber asphalt, and has a wide application prospect. And the blending construction equipment does not need to be transformed, so that the cost of a construction unit is greatly saved.

The invention **CN117534371 (A)** discloses a high-proportion regenerated rubber asphalt mixture and a preparation method thereof, relates to the technical field of asphalt materials, and at least solves the technical problems that an existing asphalt mixture is high in production cost and relatively low in overall performance. The high-proportion regenerated rubber asphalt mixture comprises rubber asphalt and aggregate, the rubber asphalt comprises 50-70 parts of matrix asphalt, 5-10 parts of waste rubber particles, 1-4 parts of aromatic oil, 1-4 parts of a stabilizer, 2-4 parts of an SBS modifier and 1-4 parts of a rubber powder mixture. Compared with an existing asphalt mixture, the high-proportion regenerated rubber asphalt mixture is lower in production cost and more excellent in performance.

A concrete product having redundant tires and concrete mix is disclosed by patent **CA3227100 (A1)**. The concrete product comprises a dry mix concrete, and redundant tires. The redundant tires include fine particles or small pieces of waste rubber or tires. The redundant tires are

shredded to pass 2 millimetre sieve. The weight of the redundant tires is selected to be about two percent of the weight of the dry mix concrete. The redundant tire particles (passing 2mm sieve) and the dry mix concrete are mixed, casted and cured for a predefined time period for obtaining a concrete block of a predefined compressive strength. The concrete product is used for making building, roadways, or constructional elements such as concrete masonry unit blocks, autoclaved aerated concrete blocks, cast-in-situ, precast concrete, Oregon barriers, Sandcrete, concrete tetrapods, composite asphalt, curb stones, interlocking tiles. The construction material helps in significant environmental benefits resulting from removing waste rubber while utilizing the waste rubber beneficially.

The invention **CN117486569 (A)** relates to the field of asphalt concrete, and particularly discloses fiber asphalt concrete and a preparation process thereof, and the fiber asphalt concrete comprises the following raw materials by weight: 38-76 parts of modified asphalt; 18 to 45 parts of cement; 146 to 168 parts of modified aggregate; 3-9 parts of a snow melting agent; 1-4 parts of modified fiber; 0.5 to 1.5 parts of an antifreeze agent; 2.5 to 3.5 parts of a dispersant; the modified asphalt comprises matrix asphalt and rubber asphalt, and the weight ratio of the matrix asphalt to the rubber asphalt is (9-28): 10. The preparation method comprises the following steps: S1, preparing the modified asphalt; s2, preparing modified aggregate; s3, preparing modified fibers; s4, uniformly mixing the modified green, the cement, the modified aggregate, the snow-melting agent, the modified fiber and the dispersing agent according to the proportion, and stirring at 175-185 DEG C for 1-3 minutes. The snow melting agent has the effects of improving the snow melting capacity of the asphalt concrete pavement in the cold region and prolonging the service life of the asphalt concrete pavement.

Patent **US2024018352 (A1)** is provided a high-strength medium-low temperature asphalt modifier including: i) a styrenic thermoplastic elastomer powder which is frozen ground to 0.1 to 1 mm at a low temperature, wherein the styrenic thermoplastic elastomer is selected from a polystyrene-polybutadiene-polystyrene block copolymer (SBS), a styrene-butadiene rubber (SBR), a styrene-isoprene-styrene block copolymer (SIS), a styrene-ethylene-butylene-styrene block copolymer (SEBS), and a styrenic thermoplastic elastomer (STE), ii) a high-boiling point process oil, iii) a rosin resin tackifier modified by an aliphatic hydrocarbon, iv) a polymer-silica nanocomposite, and v) an asphalt

deodorant, an asphalt mixture prepared using the same, and a construction method thereof.

The utility model **CN220345530 (U)** discloses an experimental rubber asphalt preparation device, which belongs to the technical field of asphalt production experimental equipment and comprises a box body, an electric push rod, a partition plate, a motor and a stirring rod, the electric push rod, the partition plate, the motor and the stirring rod are arranged in the box body and sequentially connected, the stirring rod is provided with stirring blades, and the electric push rod is arranged on the inner top surface of the box body. A heating groove is formed in the inner bottom face of the box body, a heating tank used for containing rubber asphalt is placed in the heating groove, electric heating wires are arranged on the side wall and the bottom face of the heating groove respectively, a flange is arranged on an opening in the top of the heating tank, the stirring rod is provided with a cover body used for covering the heating tank, and a ventilating fan is arranged at the top of the box body. And the ventilating fan is connected with an exhaust pipe. The experimental rubber asphalt preparation device is high in heating efficiency, rubber asphalt can be prevented from splashing into the box body in the stirring and heating process, and meanwhile harmful gas can be blocked in the box body and exhausted through the ventilating fan along the exhaust pipe.

The present invention **US2024001711 (A1)** relates to a homopolymer, copolymer, block copolymer, and statistical copolymer comprising plural polyol monomeric units. The polyol monomeric units being acrylated and acylated or acetalized. The acrylated and acylated or acetalized polyol monomeric units have an average degree of acrylation which is 1 or more, but less than the number of the hydroxyl groups of the polyol and have an average degree of acylation or acetalization which is 1 or more, but less than the number of the hydroxyl groups of the polyol. The present invention also relates to a method of making the homopolymers, copolymers, block copolymers, and statistical copolymers, and using them in various applications, such as asphalt rubber modifiers, adhesives, or an additive in a fracking fluid for oil fracking.

The invention **CN117263572 (A)** relates to the field of asphalt mixture production, and particularly discloses a high-ductility and high-elasticity modified asphalt mixture and a preparation method thereof. The modified asphalt mixture comprises the following components in parts by

weight: 100-130 parts of matrix asphalt, 10-20 parts of rubber powder, 15-20 parts of fly ash, 8-13 parts of modified carbon black and 500-600 parts of mineral aggregate. According to the present invention, the modified carbon black is adopted, such that the modified carbon black can absorb the ultraviolet light so as to reduce the damage of the ultraviolet irradiation to the asphalt so as to achieve the purpose of reducing the cracking damage condition of the pavement; on the other hand, the low-temperature stability is not easily influenced by adding the carbon black. The method has the advantage of being easy to operate.

Some embodiments by patent **US2024010562 (A1)** relate to a method for producing a rubber-containing asphalt composition. The method for producing the rubber-containing asphalt composition comprises obtaining a rubber component; obtaining an unoxidized asphalt; mixing the rubber component and the unoxidized asphalt to obtain an unoxidized asphalt composition; oxidizing the unoxidized asphalt composition to obtain an oxidized asphalt composition; and forming a roofing shingle from the oxidized asphalt composition.

Cold applicable bituminous mixture **ES1303656 (U)** characterized in that the mixture is made hot and is composed of: – 92-94% of natural and/or artificial aggregates with a size of 0.2 mm silica and between 0.22-0. 4 mm the rest. – 4-6% asphalt bitumen with 35/50 or 50/70 penetration. – 2-4% additive composed of: 25-50% water; 10-30% of an aromatic hydrocarbon compound; 5-10% of a phenolic compound; 15-25% semi-synthetic oil; 10-20% butyl rubber; and 15-20% ethyl ethanoate.

A modified asphalt binder **US2023348723 (A1)** with improved elastic properties and methods of making such modified asphalt binder. The modified asphalt binders may include one or more of an asphalt binder, a solvent deasphalted (SDA) pitch, a polymeric material, and optionally, a ground tire rubber. The disclosed modified asphalt binders exhibit properties consistent with decreased susceptibility to rutting and thus may be used in asphalt concrete applications.

Disclosed is a room temperature emulsified asphalt mixture (**WO2023191208 (A1)** which comprises: an emulsified asphalt composition comprising asphalt particles, rubber particles, petroleum resin, an activation accelerator, a recycling additive, an anti-stripping agent, water, and a surfactant; and a recycled aggregate comprising a first

aggregate, a second aggregate, a filler, mixed water, and an emulsion, wherein the rubber particles have been functionalized as a functional agent.

The present invention (**MX2022001397 (A)** provides a solution to the two major problems that exist today, on the one hand, by recovering the textile fibres extracted from the recycling and processing of ELTs and, on the other hand, by providing the asphalt paving industry with an alternative mixture with superior performance to that of existing conventional mixtures. More specifically, the invention discloses a granulated additive based on textile fibres and rubber powder from end-of-life tyres, which comprises: (a) 20% to 30% of textile fibre composed mainly of polyamide or polyester fibres, which together are of the order of 10% by weight of an ELT, (b) 20% to 50% of asphalt binder, (c) 25% to 45% of rubber powder from end-of-life tyres in a fraction smaller than 0.5 mm, and (d) 3% to 10% of rubber powder from end-of-life tyres in a fraction smaller than 0.18 mm. In addition, the method for obtaining same and its use in asphalt mixtures are disclosed.

The patent **JP2023119451 (A)** provide an asphalt composition which is excellent in a softening point, elongation and workability, and has sufficient high-temperature storage stability, rutting resistance and low-temperature cracking resistance. SOLUTION: An asphalt composition contains asphalt, a block copolymer and a resin and/or rubber, and satisfies (i) to (iii). (i) The asphalt is 85-99 pts.mass. (ii) The block copolymer contains a polymer block (A) mainly including a vinyl aromatic monomer unit, and a polymer block (B) including a conjugated diene monomer unit and a vinyl aromatic monomer unit, and the block copolymer is 0.1-15 pts.mass. (iii) The resin is a resin other than the block copolymer, and is an amorphous resin having Tg of 170°C or lower or a crystalline rein having a melting point of 170°C or lower, a content thereof is 0.1 or more and less than 15 pts.mass, and a content of the rubber is 0.1 or more and less than 15 pts.mass. (iv) A total content of the block copolymer, and the resin and/or the rubber is 0.1 or more and 15 pts.mass or less.

Asphalt binders (**US2023272220 (A1)** are modified using fractional products from waste tire pyrolysis, using an initial step of i) at least partially pyrolyzing, separately from such asphaltic binder, whole rubber articles or size-reduced rubber particles to provide one or more pyrolyzed

rubber fractions including a pyrolyzed oil fraction having a selected minimum initial boiling point or flash point, and ii) removing some or all polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) compounds from such pyrolyzed oil fraction to provide a reduced-PAH and preferably translucent pyrolyzed oil fraction that may be combined with an asphaltic binder to provide a modified asphalt composition.

Invention **RU2476397 (C2)** relates to production of crushed stone-mastic asphalt-concrete mixes, used for laying upper layers of automobile road and aerodrome surfaces. Stone-mastic asphalt-concrete mix includes crushed stone, sand from breakage riddling, mineral powder, bitumen and composite material UNIREM-001. Mix additionally contains fibrous additive and adhesive nitrogen-containing additive with the following component content, wt %: crushed stone 65.0-75.0, sand from breakage riddling 5.0-17.0, mineral powder 10.0-20.0, bitumen 5.5-7.5, composite material UNIREM-001 0.3-0.7, fibrous additive 0.2-0.6, adhesive nitrogen-containing additive 0.05-0.15, volume ratio of composite material UNIREM-001 and fibrous additive constitutes respectively 30-70% and 70-30%. Also described is method of obtaining asphalt-concrete mix. EFFECT: increased homogeneity of crushed stone-mastic asphalt-concrete mix and crushed stone-mastic asphalt concrete, its long-term waterproofness and durability. Change trade mark UNIREM to ELADORM such modifier is produced by company НТС – Роснано It looks so strange, because the real inventor of UNIREM is the named N.N. Vemenov institute of chemical physics RAN.

Rubberized asphalt signifies a major leap in constructing durable, eco-friendly roads. By integrating recycled tire rubber into asphalt mixtures, it offers a resilient infrastructure solution that stands up to the rigors of heavy traffic while reducing environmental waste. The role of rubberized asphalt in urban development is transformative, addressing the pressing need for sustainable construction materials. At its core, rubberized asphalt consists of a combination of asphalt concrete and fine crumb rubber, derived from recycled tires. This unique blend not only helps in reducing the environmental footprint by repurposing waste materials but also enhances the performance of the asphalt. The rubber content in the asphalt contributes to increased flexibility, reduced cracking, and improved resistance to weather variations.

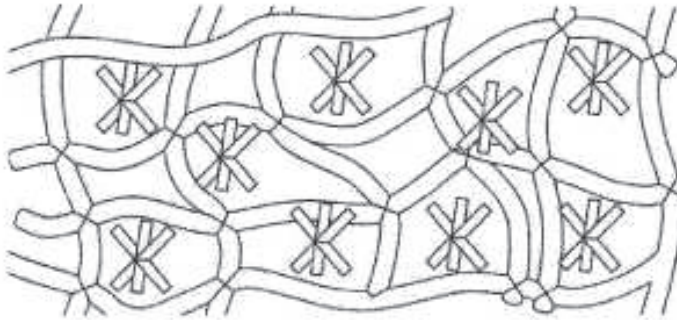
Builders are working to pave a 2.5-km stretch of road with rubber asphalt made from used tires in a development area in southern Beijing, which boasts the largest application of the recycled material in Asia. "Rubber asphalt roads are more durable than traditional asphalt roads that need to be repaired after three to five years of service," said Wei Jianhuan, director of the infrastructure office of Beijing Economic-Technological Development Area. In 2013, the area introduced the recycled asphalt for paving a 600-meter-long road, which is still in service. "Over the past six years, more than 70 main roads in the area, or more than 2 million square meters of floor space, were paved with rubber asphalt, which consumed 2.73 million used car tires, replacing 123,000 tones of standard coal and avoiding 307,000 tonnes of carbon dioxide emissions, compared to the use of ordinary asphalt," said Wei. The application has not only helped tackle the waste treatment of used tires but also improved the service life of roads.

3.2. Flexible Polymer Roofing

Elastomers are unique to polymers and exhibit extraordinary reversible extension with low hysteresis and minimal permanent set. They are the ideal polymers relieved of molecular interactions, crystallinity and chain rigidity constraints. The common elastomers have characteristic low modulus, though with poor abrasion and chemical resistance. Theoretical concepts have been established for their thermodynamics and kinetics and this knowledge has been applied to extending their properties by design of chemical and molecular structures, or by modification by control of crosslinking, blending or additions of fillers. This chapter reviews elastomer theory and the demanding range of properties expected. Natural rubber is the starting material for introduction of chemistries that introduce damping, abrasion resistance and higher modulus through copolymerization and interacting functional groups. Heteroatoms such as fluorine, silicon, oxygen and nitrogen are shown to extend properties and give chemical resistance. Thermoplastic elastomers move beyond typical cured systems due to formation of two-phase block copolymers. Finally, modification by filler and blended systems is considered, followed by introduction to shape memory materials and a brief comment on future trends. The unique and diverse properties and performance of elastomers continues to be a fascinating field for science and application [1,2,3].

First in Flexible Polymer Roofing – FPR patents in USSR were elaborated O. Figovsky more than 50 years ago; for last years the novel patents on FPR are given below:

BOESKER DENNIS, WILLEN KEVIN & others: REACTIVE LIQUID APPLIED ROOF WATERPROOFING PRODUCT, **WO2022248070 (A1)**



The invention relates to a reactive liquid applied waterproofing product based on one or more mineral binders and on one or more aqueous polymer dispersions. According to the invention, the reactive roof waterproofing product, in a cured state at temperatures of up to at least TL3, preferably TL4, according to ETAG 005, Part 1, is flexible with W3 categorisation after a method specified in EOTA TR-008 has been carried out and has crack-bridging capability for cracks of up to at least 1.5 mm after a method specified in EOTA TR-013 has been carried out. Further aspects of the invention relate to the use of the reactive liquid applied roof waterproofing product for producing a roofing membrane and to a method for producing a reactive roofing membrane.

ZORN MATTHIAS, BURGHART ARMIN and others: AQUEOUS ACRYLIC POLYMER LATEXES AND THEIR USE AS BINDERS. **US2020291220 (A1)**

The present invention relates to aqueous acrylic polymer latexes, which are suitable as binders in coating compositions for providing flexible roofing. The present invention also relates to coating compositions containing such binders, which are suitable for providing flexible roofing. The aqueous acrylic polymer latexes have a glass

transition temperature Tg of at most from −10° C., in particular at most −20° C., or, in case of a multi-stage polymer latex a weight average glass transition temperature Tg of at most from −10° C., where the polymer of the acrylic polymer latex has a carbon polymer backbone formed by polymerized ethylenically unsaturated e monomers M comprising acrylic monomers, and where the carbon polymer backbone bears functional groups of the formula (I) attached to carbon atoms of the polymer backbone *–C(═O)–O–[A-NH]nH (I) where the asterisk indicates the atom attached to a carbon atom of the polymer backbone, n is an integer, the number average of n in all functional groups of the formula (I) being >1, in particular at least 1.1 or at least 1.2 or at least 1.3, and A is selected from the group consisting of 1,2-ethandiyl or 1,2-propandiyl, where the functional groups of the formula (I) contribute to the total weight of the polymer in the acrylic polymer latex by 0.1 to 10% by weight.

WU YANGZHONG: Technology for waterproof construction on rolled strip roofing during building construction. **CN109424189 (A)**

The invention discloses a technology for waterproof construction on rolled strip roofing during building construction. Flexible waterproof materials such as asphalt felt, modified asphalt felt and EPDM waterproofing membrane are adopted to be pasted and form a whole waterproof roof covering layer, wherein the EPDM and other polymer coils should be pasted by using a compatible adhesion agent, 1:3 cement mortar with the thickness of 10-13 mm is adopted for the construction of a leveling layer, the leveling layer should be flat and compact after construction, protruding joints of roof structuresand corners should be made into obtuse or arc shapes, partition seams with the width of 20 mm should be reserved in the leveling layer, the biggest longitudinal and horizontal spacing between the seams is not more than 6m, asphalt felt strips with the width of 250 mm are welded to the seams, cold primer oil is applied 1-2 days before the asphalt felt strips are laid, scattered materials on the surface of the asphalt felt should be removed before the asphalt felt is laid, 1-1.5-mm asphalt mastic is applied through pouring, the coils are spiked and fixed in the leveling layer at a ridge, and laying perpendicular to the ridge direction is from the ridge to a cornice. The technology for the waterproof construction on the rolled strip roofing during the building construction is simple, can guarantee the construction quality, and no leakage occurs after a long time of use.

BIONDINI GISELLA, GRAZZI MICHELE and others: HIGHLY FILLED SOFT POLYOLEFIN COMPOSITION FOR ROOFING MEMBRANE. **US2016257809 (A1)**

The present disclosure relates to highly filled polyolefin compositions with improved balance of properties particularly for applications where puncture and tear resistance is requested comprising a flexible heterophasic polyolefin composition (I), consisting of a crystalline polymer fraction (A) consisting of a copolymer of propylene with ethylene having a fraction insoluble in xylene at 25° C. of at least 90% by weight, and an elastomeric fraction (B) consisting of a copolymer or blend of copolymers of ethylene with propylene; the copolymer or blend containing units derived from ethylene in a quantity lower than 40% by weight. The fraction soluble in xylene at 25° C. of the polyolefin composition having an IVgpc lower than 2.5 dl/g, a broad molecular weight distribution Mw/Mn (GPC) equal to or higher than 4, and a Mz/Mw (GPC) equal to or higher than 2.5. The filled polyolefin composition further comprises inorganic filler (II) and a butene-1 copolymer having: a flexural modulus (ISO 178) lower than 60 MPa, a Shore A (ISO 868) lower than 90 and a Tg (DMTA) lower than −20° C.

THERMOPLASTIC ELASTOMER COMPOSITION BASED ON BLOCK-COPOLYMER OF STYRENE AND CRYSTALLINE POLYMERS AND METHOD OF ITS PREPARATION. **RU2013128131 (A)**

SUBSTANCE: claimed invention relates to thermoplastic elastomer composition and method of its obtaining. Described thermoplastic elastomer composition is based on mixture of styrene block-copolymer with diene copolymers for insulation of flexible cables, for manufacturing sealants for windows and doors, gaskets, roofing materials, automobile components, for manufacturing consumer goods, which includes elastic rubber phase, thermoplastic polyolefin phase, plasticiser, filling agent and stabilising agent; as rubber phase taken is block-copolymer of styrene with diene copolymers, which has tree-block structure, namely two rigid crystalline polysterene blocks, connected to each other by means of flexible blocks of copolymers of diene monomers, with application of copolymers with content of polystyrene units not less than 25 wt %, namely as described block-copolymers selected are styrene/butylenes-styrene block-copolymers, or styrene-ethylene/propylene-styrene block-copolymer, or styrene-(ethylene-ethylene/propylene)-styrene block-copolymer, or their combinations with molecular weight from 300000 to

600000 g/mol; as thermoplastic polyolefin phase taken is combination of crystalline polymer, selected from the group: polyolefins, namely low-pressure or high-pressure polyethylene (LPPE or HPPE), polypropylene (PP), homopolymer, statistic or random copolymers, with addition of ethylene-vinylacetate copolymer of (EVAC) with content of vinylacetate groups not less than 10%; as plasticiser selected is mineral paraffin oil,; filling agent is selected from calcium carbonate, talc, kaolin, carbon soot, as well as their combinations; as stabilising agents selected are amine or phenol antioxidants, with said components being taken in the following ratio: elastic phase of styrene block-copolymer from 15 to 80 wt %, thermoplastic polyolefin phase from 0.1 to 60 wt %, mineral paraffin oil from 0.1 to 90 wt %, filling agent from 0.1 to 80 wt %, thermal stabiliser from 0.1 to 5 wt %. Method of preparing said thermoplastic elastomer composition is also described, which includes mixing components at higher temperature in Brabender mixer, characterised by the fact that first plasticiser is divided into two portions, first of which constitutes from 20 to 50% of total amount of plasticiser, after that, mixture of polymers and stabilising agent are loaded into chamber of twin-screw mixer with co-rotation of screws of Brabender type and mixing is started at temperature from 180 to 200°C and rate of rotor rotation from 90 to 110 rev/min for 5-7 minutes, after melting and homogenisation of mixture first portion of plasticiser is added and mixing is carried out for another 5-7 minutes under the same conditions, after which, filling agent is introduced, and with introduction of second portion of plasticiser after its distribution in melt, with total time of mixing constituting from 20 to 25 minutes.EFFECT: increase of deformation and strength properties of composition.

HAMBLETON CHRISTOPHER: Flexible, retractable, roof unit. **GB2509726 (A)**

A flexible, retractable, roof unit 50 for use in a data centre which comprises at least a first and second row of storage units (12, 22) arranged to define an aisle (29) therebetween. The roof unit 50 comprises a first end section 52, which is attachable to the first row of storage units and a second end attachable to the second row of storage units to create a tunnel underneath. The cover comprises a flexible roofing material 66 which is moveable between a retracted position substantially within the first end section 52 and an extended position where the roofing material 66 is extended across the aisle. The first and second ends may be secured to the storage units via a magnet. The roofing material may be transparent, fluid impermeable or a synthetic polymer. Preferably the roof unit has a roller

mechanism at one end in the form of a rotatable drum. When a fire alarm sounds the mechanism may be activated to retract the roof. Guide members may be located down either side of the roof unit. Also claimed is the same roof unit used in a cold aisle location.

SUSTIC ANDRES: Low- and high-molecular weight amorphous polyalphaolefin polymer blends having high melt viscosity, and products thereof. **US5723546 (A)**

A polymer blend having an open time including a high molecular weight average, predominantly atactic flexible polyolefin polymer having a heat of fusion of about 15 to 60 J/g, and a low molecular weight average, atactic polyolefin polymer having a heat of fusion of about 0.1 to 20 J/g, wherein the high molecular weight polymer and low molecular weight polymer are sufficiently miscible to impart a single glass transition temperature to the polymer blend, and the low molecular weight polymer is present in an amount sufficient to impart a melt viscosity of greater than about 8,000 cPs at room temperature and a crystallinity below about 25 J/g to the polymer blend. The invention further includes methods for preparing such polymer blends, and the products produced from the polymer blends, which are useful for hot melt adhesives, asphalt and bitumen applications such as roofing membranes, polymeric modifiers and the like.

STAMPER RICHARD, HULTZ ROBERT and others: Vinyl hloride polymer laminate **US4565732 (A).**

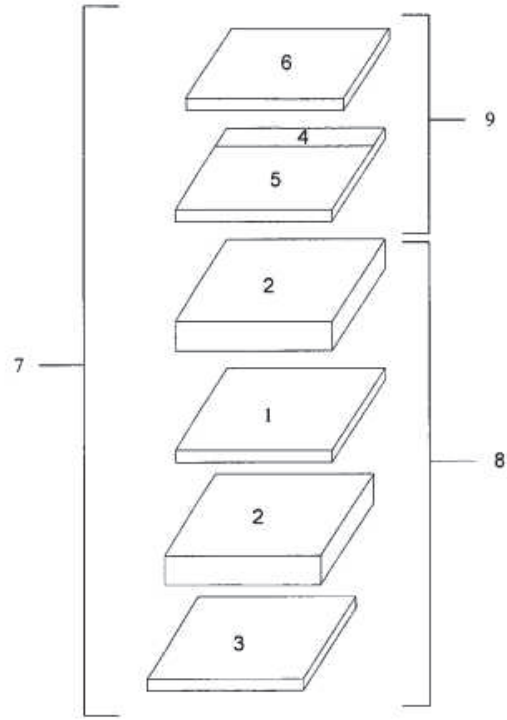
A laminate comprises fused adherent layers of plastisol vinyl chloride polymer resins in which a first layer contains Sb2O3 and a second layer contains TiO2. The flexible laminate is useful as a roofing membrane for the roof of a building wherein the layer containing the Sb2O3 is adjacent a structural or insulation member of the roof of the building while the TiO2 layer can be exposed to the elements and can protect the Sb2O3 layer from sunlight.

CONINX FREDDY, BERGE BERT DRIES and others. FLEXIBLE TOP LAYER AND ROOFING MEMBRANE INCORPORATING THE SAME. **US2010130080 (A1)**

A flexible roofing membrane or shingle comprising:

– a reinforcement carrier,

– a paint layer comprising between 10 and 70% wt of a binder having a polyurethane component and optionally an acrylic polymer component, wherein said binder has a Tg<−10° C.



JENKINS ROBERT, JACOBS GREGORY and others: Synthetic Shingle or Tile With Stress Relief Spacing Feature. **US2010043331 (A1)**

Synthetic polymer based roofing elements of the shingle or tile type are provided whereby adjacent roofing elements have projecting tabs or nibs that are adapted to engage against side edges of adjacent shingles or tiles when laid up in courses on a roof, and wherein there are relatively flexible stress relief zones in the shingle or tile adjacent the tab or nib projections, adapted to be deformed within their elastic limit when the shingles or tiles are subjected to stresses due to thermal expansion and contraction, with the stress relief zones also being adapted to return to their original non-deformed condition when such thermal expansion and contraction forces are relieved.

DUFFIE CHARLIE PATRICK, VIANI ARTHUR JOHN and others: Speed roofing system. **US2004206034 (A1)**

A speed roofing system consisting of a thin continuous sheet of flexible material with rigid material tabs integral to the continuous sheet. This method of using a rigid polymer based material is lighter and stronger than the existing tabs. The shear strength of these tabs is 60% greater than the existing tab anchoring method. They are less prone to deform or flex under the stresses roofs are subjected too. The tabs are labeled in both English language and Spanish with the phrase "Anchor All Tabs" on both sides of the tabs. The user arranges the speed roofing system in the appropriate pattern governed by governmental building codes. The continuous strip may be easily cut at any point to form to the application of the existing space. The user then anchors one end and then proceeds to anchor all the tabs. Because the speed roofing system places the integral tabs at the specified predetermined distance the user only considers the most efficient way to pattern the sheets. The speed roofing system is transported by the user in its own carrier allowing the user greater mobility and providing them with enough speed roofing material to complete an average roof. Whereby, one can install roofing material in a rapid consistent manner. Here to fore not possible with conventional methods.

HART ERIC, HEPLER ERNEST and others: Weatherproof Roofing membrane and method for constructing the same. **US4870796 (A)**

A weatherproof roofing membrane, and method for constructing the same, comprises a plurality of layers of extensible reinforcing fabric bonded together with an elastomeric polymer, at least the bottom layer, but not the top layer, of the layers of fabric being spot anchored to the roof to form a continuous weatherproof membrane that is durable, light weight, flexible and fire retardant, and has a high degree of solar reflectivity.

HOLDEN DURRELL: Durable flexible membrane and method of making same. **US4390585 (A)**

A flexible membrane having a valuable combination of desirable properties is composed of a generally heavy, dense supporting and reinforcing reticulated base fabric constituted of thick, generally loose bundles of multiple continuous filaments arranged in a mechanically interengated reticular array having an overall weight within the range of about 3-12 oz/yd2 the continuous filaments being of a synthetic polymer having good dimensional stability and high resistance to heat and light; and a solidified base coating composition completely impregnating the

interstices of the base fabric and as forming a continuous coating along the opposite sides thereof, the composition having as essential ingredients a PVC resin and a plasticizer therefor in the amount of 35-75% of the resin of a trimellitate ester which exhibits high resistance to separation from the resin and imparts to the coating high flexibility at temperatures at least as low as about -35 DEG F., the amount of the coating composition being preferrably at least about equal in weight to the weight of the base fabric. Preferably, the coating composition exceeds the weight of the base fabric by a factor of two or more, at least one additional layer of such coating composition being applied to each of the opposite surfaces of the coated base fabric and fused into integral relation therewith so as to improve the abrasion resistance, waterproofness, UV resistance, heat resistance and like mechanical properties of the ultimate membrane. The coating composition can contain additional adjuvants of the several types known in the PVC coating field, including supplemental plasticizers, a fire retardant, UV resistance enhancing, opacifying pigment, fungicidal and like agents. In its optimum form, the present membrane exhibits special utility as a roofing fabric of exceptional durability.

References:

1. Figovsky Oleg, Pushkarev Yury, Shteinbok. Protective Coating Based on Liquid Ebonite and Water Dispersion CSPE. China Coating Journal, November 2023, pp 26–37.

2. O. Figovsky, New technologies and Science in Modern Word, part 2, VOIR, 2023, 346 pages.

3. O. Figovsky & O. Pensky, The Future is Beginning Today – Etudes about New Tendency in Science. PSNRU, 2021, 345 pages.

3.3. Novel patents on photonic equipment

Photonics is the physical science of light waves. It deals with the science behind the generation, detection and manipulation of light. Light has a dual nature known as the wave-particle duality. That is to say that light has characteristics of both a continuous electromagnetic wave and a particle (photon). Which nature of light is operative depends on the kind of interaction being observed. For example, light bending through a lens or diffracting at the edge of an aperture is exhibiting its wave nature. Light being created or absorbed by a solid-state device such as a laser diode or charge-coupled device (CCD) detector is exhibiting light’s particle nature.

The term “photonics” came into wider use in the 1960’s with the invention of the laser and later the laser diode. It was originally intended to describe a field where the goal was to use light to perform functions traditionally accomplished using electronics, thus the name. The term came into more popular use with the advent of fiber optic communications in the 80s. Today, photonics refers to the creation, manipulation and detection of light in the service of practical applications where the particle nature of light is important.

Do you know who invented the laser? It was a subject of much controversy. After a 30-year battle, the US legal system determined decades ago that Gordon Gould, who is often credited with coining the term “laser,” was the inventor on a key patent for optical pumping to produce amplification that enables lasing. Today Approximately 347 results found in the Worldwide database for **Photonic equipment** in the title or abstract; last of them are described below.

Apparatuses according to US patent **US2024168221 (A1)** having a plurality of optical duplex and parallel connector adapters, such as MPO connectors and LC adapters, where some adapters connect to network equipment in a network and others to servers or processing units such as GPUs, incorporate internal photonic circuit with a mesh. The light path of each transmitter and receivers is matched in order to provide proper optical connections from transmitting to receiving fibers, wherein complex arbitrary network topologies can be implemented.

The utility model (patent **CN220595640 (U)** relates to the technical field of filter accommodating equipment, in particular to an adjustable filter accommodating device for photonic equipment, which comprises a plate group, the plate group comprises an arc plate, an accommodating component is arranged at the bottom end of the arc plate and comprises a fastening box, an accommodating box is embedded in the fastening box, and the accommodating box is arranged in the accommodating box. A filter body is installed on the surface of the storage box, and the buckling box is installed at the bottom end of the arc plate. According to the utility model, the filter body is inserted into the sleeve plate, the sleeve plate is placed at the position of the lower concave surface of the storage box, the tail end of the filter body is inserted into the placing groove of the storage box, the filter body can be placed in an inclined manner, and when the cover plate rotates the buckle cover, the silica gel pressing strip can be attached to the outer side of the filter body, so that the filter body is prevented from being damaged. Meanwhile, the elastic force of the silica

gel pressing strip enables the filter plate body to have adjustability, the filter plate body can be pressed downwards, and the device can be suitable for stable placement of filter plate bodies of various models.

The invention **CN117574729 (A)** provides an optical modulator design optimization method and device, electronic equipment and a storage medium, and the method comprises the steps: generating a basic design structure of a photonic crystal nano-beam cavity in an optical modulator according to an optimization target of the optical modulator; determining a value range of a target optimization parameter of the basic design structure based on a finite difference time domain method; performing iterative optimization processing on the target optimization parameter according to the value range by using an iterative optimization algorithm; and updating structural parameters of the basic design structure of the optical modulator by using an optimization processing result to obtain a target design structure. Compared with the prior art, according to the embodiment of the invention, the structure of the optical modulator is designed in advance, and then parameter optimization is carried out on the basic design structure obtained through design by combining the finite difference time domain method and the iterative optimization algorithm, so that the optimal structural parameters of the optical modulator can be quickly and accurately found; therefore, the efficiency of design optimization can be improved; the design process can be simplified, and the design time is saved.

A manufacturing device (**CN220121033 (U)** of a photonic crystal fiber connector comprises a countershaft device, the countershaft device comprises a rotatable clamp, a microscope and a fixing clamp, a photonic crystal fiber is placed on the rotatable clamp to be clamped, the microscope is arranged in front of one end face of the photonic crystal fiber, and the fixing clamp is arranged in front of the other end face of the photonic crystal fiber; a fixing clamp is arranged on the photonic crystal fiber for positioning; the optical fiber fusion splicer is positioned on one side outside the countershaft equipment; and the optical fiber grinding machine is positioned on one side outside the optical fiber fusion splicer. The manufacturing equipment for the photonic crystal fiber connector is used for manufacturing the photonic crystal fiber connector, the alignment equipment is arranged, alignment is carried out on a photonic crystal fiber firstly, then welding and end face grinding and polishing are carried out,

and the success rate and the production efficiency of the photonic crystal fiber connector are improved.

Systems and methods by patent **CA3220011 (A1)** include a computer-implemented method for providing a photonic sensing system to perform an automated method to characterize displacement of equipment surfaces and monitor changes in real-time. A three-dimensional (3D) point cloud of one or more objects is generated by an analysis and presentation system using light information collected through structured light illumination by an array of structured-light sensors (SLSes) directed toward the one or more objects. Generating the point cloud includes defining points of the 3D point cloud that are relative to reference points on the one or more objects. Real-time contactless 3D surface measurements of the one or more objects are performed using the 3D point cloud. Changes in one or more parts of the one or more objects are determined by the an analysis and presentation system by analyzing the real-time contactless 3D surface measurements.

The invention **CN117075258 (A)** belongs to the field of topological photonics and optical communication systems, and discloses a visible light band hexagonal boron nitride topological one-way slow light transmission structure, which comprises a two-dimensional hexagonal boron nitride substrate, and a plurality of air holes are etched in the two-dimensional hexagonal boron nitride substrate; with a boundary line parallel to the light incident direction as a boundary, the air holes located in the two sides of the boundary line are periodically arranged in a triangular lattice mode to form a first energy valley photonic crystal structure and a second energy valley photonic crystal structure, and the air holes in the two energy valley photonic crystal structures are arranged in a mirror image mode relative to the boundary line. The two rows of air holes located on the two sides of the boundary line form a topological optical waveguide. One-way slow light transmission of circularly polarized light in the visible light band can be achieved, liquid crystal materials are added into the air holes of the topological optical waveguide, the tuning function of the slow light wavelength can be achieved by adjusting the intensity of an external electric field, and a new possibility is developed for designing visible light wave one-way transmission equipment. The method can be widely applied to optical communication and quantum optics.

The invention **CN116840964 (A)** provides filtering equipment, and relates to the field of communication. The main body is a photonic crystal fiber. A first air hole layer, a second air hole layer and an elliptical air hole layer are arranged in the cladding; the first air hole layer is distributed in the circumferential direction of the fiber core, multiple groups of first air holes in the first air hole layer are oppositely arranged, and a metal film is arranged on the inner wall of at least one group of first air holes; the elliptical air hole layer is located in a first space defined by the first air hole layer, the elliptical air hole layer comprises two rows of elliptical air holes arranged at intervals in the second direction, the elliptical air hole layer and two first air holes opposite to each other in the first direction form a second space, the fiber core is located in the second space, and the cladding is located outside the second space; the second air hole layer comprises a plurality of second air holes, a plurality of second air holes are correspondingly formed in the circumferential direction of each first air hole, and the first air holes and the second air holes are different in size. The filtering device can solve the problem of low data transmission efficiency in the data transmission process.

The embodiment of the invention **CN116702592 (A)** is suitable for the technical field of photonic crystal design, and provides a photonic crystal design method and device, computer equipment and a storage medium, and the photonic crystal design method comprises the steps: determining the structure of a to-be-generated photonic crystal; generating a data set according to the structure; training a deep neural network model by adopting the data set; constructing a reinforcement learning model, wherein the reinforcement learning model comprises an intelligent agent; the intelligent agent and the deep neural network model are adopted, a plurality of prediction structures are output, and any prediction structure comprises a corresponding band gap structure. By applying the photonic crystal design method, the efficiency of generating the photonic crystal meeting the design requirement can be improved, the photonic crystal structure needing to be adopted can be searched in the storage space in which a large number of effective photonic crystal structures are stored, and the high efficiency and accuracy of photonic crystal design are guaranteed.

The invention **CN116487996 (A)** relates to the technical field of semi-conductor lasers, in particular to a high side mode rejection ratio narrow linewidth external cavity laser and optical equipment, a quantum

dot gain chip adopts a ridge-shaped bending waveguide structure, the front end face of the quantum dot gain chip has a bending angle, a slab waveguide photon filter is formed by combining a half-wave plate HWP and a polarization beam splitter PBS, and the front end face of the slab waveguide photon filter is provided with a waveguide waveguide. The aspherical lens focuses light output by the front end face into the slab waveguide photon filter, the quantum dot gain chip and the slab waveguide photon filter are coupled and integrated to form an equivalent resonant cavity, and slab waveguide photon filters with different apodization function distributions can be flexibly prepared through pulse energy adjustment and waveguide displacement control. Line width narrowing and noise suppression of the laser are realized through a negative feedback mechanism, and main mode selection and high-mode gain difference are realized by adopting an external optical feedback injection locking technology and a femtosecond apodization slab waveguide photonic filter.

The embodiment of the invention **CN115956216 (A)** provides a silicon photonic waveguide polarizer, a transceiver optical module and optical communication equipment, and relates to the technical field of optical communication, the silicon photonic waveguide polarizer comprises a flat plate part, a ridge part and an absorption part; the ridge-shaped part is formed on the surface of the flat plate part, and the ridge-shaped part extends in the direction of the optical waveguide; the flat plate part and the ridge-shaped part are made of a silicon material; wherein an absorption part is formed on at least one side, located on the ridge-shaped part, of the flat plate part, and the absorption part is made of metal silicide, germanium or germanium-silicon solid solution. The silicon photonic waveguide polarizer can reduce optical coupling between a TE0 mode and other modes, further reduces light leakage and loss of the TE0 mode, and can restrain stray light.

On-wafer die level testing of photonic integrated circuits (PICs) – **WO2022266760 (A1)** is difficult due to the requirement to couple optical signals into and from optical waveguides within the PICs such that testing is typically performed at the discrete die level or upon a bar of PICs separated from the wafer. Accordingly it would be beneficial to provide circuit designers and production teams with an optical technique that enables on-wafer die level testing / screening through the use of printed photonic components which allow optical coupling to / from the PIC on-

wafer to the external optical testing equipment. Further, the mechanical footprint of many PICs is driven by the optical waveguide structures these are large compared to, for example, the area of a CMOS compatible waveguide photodetector etc. Accordingly, the post-wafer formation of printed photonic components enables on-die re-routing to bypass defective elements of the PIC as well as on-wafer die testing.

Disclosed are a photonic crystal microscope and a method of measuring cellular forces (patent **EP4212857 (A1)**. The photonic crystal substrate includes a photonic crystal substrate, a stage, a probe light source, and an imaging assembly, the photonic crystal substrate being disposed above the stage, the probe light source and the imaging assembly being sequentially disposed at a side of the stage opposite the photonic crystal substrate, the photonic crystal substrate being configured to culture a to-be-measured cell, the photonic crystal substrate being deformable when the to-be-measured cell grows on the photonic crystal substrate; the probe light source is configured to emit probe light to the photonic crystal substrate; the photonic crystal substrate is configured to reflect the probe light to the imaging assembly; the imaging assembly is configured to receive the light reflected from the photonic crystal substrate to perform imaging, whereby force information between the to-be-measured cell and the photonic crystal substrate is obtained via a resultant image. The disclosure realizes significant increase of flux while ensuring subcellular measurement precision, simplifies algorithm complexity, enhances temporal resolution, and reduces equipment cost and experiment complexity.

The systems, apparatuses and methods of the present invention **US2021075513(A1)** set forth improvements to the problems of the current pairing or duplex paradigm, resulting in a dramatic increase in fiber transmission efficiency, accomplished explicitly by restructuring presently-aligned C-B and wavelengths into innovative DWDM transmit and receive formats, and through implementing photonic-wave changes, which directs Ethernet data flow onto new path adaptations. These improvements could reduce line haul expenses significantly, believed to reach a projected 50% less requirement/deployment of fiber strands. This saving would offer owner-operators substantial fiber strand cost reductions, affecting transportation rates of high-bandwidth digital payloads traversing over DWDM networks, and lower usage rates of

cross-connections amid multiple equipment inter-exchanging throughout large data centers.

The invention **TW202044613 (A)** discloses a surface roughening method for a light emitting device and the light emitting device, belonging to the field of semiconductors. The surface roughening method according to the invention includes the following steps: preparing a first epitaxial layer that grows in a three-dimensional island shape on a light emitting structure; and preparing a discontinuous second epitaxial layer on the first epitaxial layer. The surface roughening method provided by the invention is simple and convenient, and improves the efficiency; and in addition to an epitaxial growth process, the method does not need to adopt additional processes such as wet etching, photonic crystals and the like to further process the surface of the epitaxial layer, and can be implemented by one process in the same reaction equipment.

Patent: **RU2726745 (C1)** FIELD: military science. SUBSTANCE: method relates to the field of military science, namely, to masking military objects and counteracting multi-and hyperspectral reconnaissance by eliminating a single spectral image or a set of spectral features used for its detection by spacecraft of multi- and hyperspectral reconnaissance in a reconnaissance object and can be used to mask volumetric and area military facilities, weapons and military equipment. To counteract multi- and hyperspectral reconnaissance, camouflage covering is used, including polymer-coated polymer tapes with metal coating. Color set, dimensions, arrangement of the halftone screen formed from the polymer tapes are determined, the polymer tapes are colored by forming a one-dimensional photonic crystal with a photonic band-gap in the visible band by anodizing and bonding into a camouflage coating.EFFECT: higher quality of camouflage, reduced probability of detection and recognition of reconnaissance object except for presence of only single spectral image in visible range, formation of mutual location of elements of masking coating and deforming spots corresponding to underlying surface.

Optoelectronic module by patent **GB2579936 (A)** includes: a housing, a substantially planar subcarrier, a photonic integrated circuit, and an analog electronic integrated circuit. The subcarrier has a thermal conductivity greater than 10 W/m/K. The photonic integrated circuit and the analog electronic integrated circuit are secured to a first side of the subcarrier, and the subcarrier is secured to a first wall of the housing. A second side of the subcarrier, opposite the first side of the subcarrier, is

parallel to, secured to, and in thermal contact with, an interior side of the first wall of the housing. Transceiver assembly includes an optical subassembly having inter alia a plurality of contact pads for establishing electrical connections to test equipment probes. The optical subassembly is separately testable by supplying power through the contact pads and sending data to and and/or receiving data from the optical subassembly through the contact pads.

Patent: **RU2716600 (C1)**. FIELD: monitoring and measuring equipment. SUBSTANCE: invention relates to control and measurement equipment and is intended for simultaneous determination of relative dielectric permeability and tangent of dielectric loss angle of dielectric structures in super-high frequency range, and can be used for nondestructive inspection of electrophysical parameters of produced dielectric substrates and structures for devices of microwave electronics. Invention is a method of determining relative dielectric permeability and tangent of dielectric loss angle of dielectric structures, involving arrangement of dielectric structure in the region of violation of periodicity of microwave photonic crystal, irradiation of a photonic crystal containing a measured dielectric structure, electromagnetic radiation of the microwave range, measurement of frequency dependences of transmission and reflection coefficients in the forbidden zone in the vicinity of the defect mode, calculation by means of computer of unknown values, at which theoretical frequency dependences of reflection and passage coefficients of electromagnetic radiation are closest to measured values, wherein, as the photonic crystal, a coaxial super-high-frequency photonic crystal is used, which is serially connected sections of the coaxial transmission line, space between outer and inner conductor of each section is completely filled with dielectric, wherein relative permittivity of dielectric filling varies periodically along direction of propagation of electromagnetic wave, selecting values of lengths and relative dielectric permittivities of dielectric fillings of alternating sections of the coaxial transmission line so as to provide a multiplicity of their electrical lengths, leading to formation of photonic forbidden zones of equal depth on frequency dependences of transmission coefficients of electromagnetic radiation, violation of the periodicity of the microwave photonic crystal is created in the central segment of the coaxial photonic crystal, which leads to formation of defect modes in several photonic forbidden zones, calculating distribution of electromagnetic wave field inside coaxial photonic crystal along direction of propagation of electromagnetic wave

at frequencies corresponding to defective modes in photonic forbidden zones, fixing nodes and antinodes of standing electromagnetic wave inside coaxial photonic crystal, defective mode is selected, at frequency of which in the area of dielectric structure location in central section of coaxial photonic crystal there is antinode of standing wave.EFFECT: technical result consists in expansion of functional capabilities of simultaneous determination of relative dielectric permeability and tangent of dielectric losses dielectric structures used as dielectric filling of super-high-frequency coaxial cables.

A method, system and device by patent **US2019050608 (A1)** are provided that collect and provide information related to worker productivity. The goods may be or include consumer products, commodities, equipment, food, food products, agricultural supplies and agricultural products. A label may be employed that includes a display screen, a bar code, a quick response code, an RFID chip and/or a radio frequency or photonic communications device to aid tracking of accomplished piecework and worker behavior. The worker may confirm documentation of piecework credit by both displays of piecework counts by the badge and by accessing a database server.

The photon-powered bi-directional multiplexed sensor-communication network by patent **BG112340 (A)** on one optical fiber can find applicationin gas and oil pipelines, drilling and explosive mining equipment for data communication, monitoring and control of specific physical and chemical parameters. The sensor-communication network is particularly suitable for environments where no external power supply can be provided at each measuring terminal. On the basis of the proposed sensor-communication network, simultaneous bidirectional communication and transfer of photon energy through a single fiber (5) is achieved. By the same fiber, it is possible to connect more than one terminal measuring device, which builds a sensor-communication network on a single optical fiber. When using the network, it is possible to measure different physical and chemical parameters, as well as to monitor the amount of energy consumed and accumulated by each terminal. The simultaneous use of one fibe for communication and transfer of photonic energy allows for reduction of their number and for the already existing optical communication network to expand the network capacity and the number of terminals.

A probe including reflector (**US2018024230 (A1)** is disclosed to measure the velocity distribution of a moving surface along many lines of sight. Laser light, directed to the surface by the probe and then reflected back from the surface, is Doppler shifted by the moving surface, collected into probe, and then directed to detection equipment through optic fibers. The received light is mixed with reference laser light and using photonic Doppler velocimetry, a continuous time record of the surface movement is obtained. An array of single-mode optical fibers provides an optic signal to one or more lens groups and a reflector, such as a parabolic reflector having a mirrored interior surface.

A control circuit (**US2017222399 (A1)** in this laser equipment drives a drive circuit of a photonic crystal laser element under a predetermined condition. It was found that a wavelength width of a laser beam to be output from the photonic crystal laser element is dependent on a standardized drive current k and a pulse width T, and had a predetermined relationship with these. By meeting this condition, a laser beam with a plurality of wavelengths can be controlled and output/

An automated process (**US2015217338 (A1)** for monitoring and controlling cleaning in a production area comprises tracking or identifying an object the production area, monitoring the movement of fluid in the production area, analyzing the interaction between the object and the fluid to determine a level of cleanliness achieved, and triggering an event based on at least one member selected from the group consisting of: (i) the interaction between the object or body part and the fluid or fluid-like medium and (ii) the level of cleanliness achieved. The event comprises at least one member selected from generating a report, activating an alarm, report, activating an alarm, inactivating equipment in the production area, and blocking access to at least a portion of the production area. The system employing a combination of computer(s), computer vision system(s), RFID tag(s), mechanical and electromechanical, chemical, electrical, or photonic devices(s) to conduct the tracking, identifying, monitoring, and triggering.

Patent: **RU2617913 (C2)** FIELD: physics, easurement equipment.SUBSTANCE: invention relates to fibre optic probes. System based on a strain gauge and method for its producing and use include: optical fibre, optical signal generator transmitting optical signal through said optical fibre. Photonic crystal plate elements in said optical fibre,

separated by an optical fibre portion. Photosensor which detects the optical signal reflected from said photonic crystal plate elements. Processing device which calculates the mechanical deformation based on reflected optical signal detected by photosensor.EFFECT: invention allows to create a fibre-optic strain gauge to select the wavelength of light emitted, ensuring operation with laser source or without it and interaction with several strain gauges on the same.

The present invention (**KR20140043567 (A)** relates to an optical fiber for nanowire alignment, and a nanowire alignment system and a nanowire alignment method using the same. The optical fiber for nanowire alignment according to the present invention is an optical fiber that comprises: a core elongated at a central portion in a length direction; and a cladding elongated in the length direction to surround the core. One end of the optical fiber has a tapered pointed tip shape, and the end of the optical fiber having the pointed tip shape is coated with a thermoplastic resin. Since the optical fiber for nanowire alignment according to the present invention can freely manipulate and move nanowires on a substrate, the nanowire alignment system including the optical fiber can align nanowires in various composite nanowire structures, such as a single row structure, a parallel structure, and a vertical structure. Therefore, the nanowire alignment system can be usefully applied to the technical fields of nanowire devices and nanowire sensors. Furthermore, the nanowire alignment system has an advantage that can easily align nanowires without using conventional expensive equipment or complicated processes.

The invention **TW201222913 (A)** is to expose a preparation process for the high efficient solar cell panel, in the process must at the least one set spin cotter, one set electro-spinning, one annealing heater and one seals equipment. The preparation process is a manufacture process, in this invent, we propose the high specifics urface areaof the nanofiber to promote the photovoltaic transfer efficient for the solar cell panel. On the other hand, the high crystallinity and high continuity of the nanofiber promote the mobility of the electron carrier in nanofiber and increase the photonic mobility of the solar cell panel.

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a minute leakage from a plant pipe, peripheral equipment, and so on, without fail, and enhance the accuracy of leakage detection, even when it is difficult to detect a minute leakage from a pipe unaccompanied by a temperature rise on the occasion

of the leakage, without fail, or even when a there is a temperature rise due to change in the operating condition of the peripheral equipment or room temperature and when it becomes difficult to detect only a leakage from a pipe. ;SOLUTION: The leakage monitor device includes a light intensity detection means for performing detection concerning a photonic crystal fiber 4, covered with a swelling substance which swells by coming in contact with a liquid having leaked, to detect a decrease in intensity of back scattered light due to swelling of the substance; a leakage detection means for detecting leakage of the liquid, on the basis of the decrease in the intensity of the back scattered light detected by the light intensity detection means; and an arithmetic operation means for performing identification of the position of the leakage – see patent **JP2011179916 (A)**.

Devices, systems software, hardware, apparatus, networks, methods and combinations (**WO2010008646 (A1)** thereof for providing high speed, high capacity digital transmission over fiber-optic communications networks and systems are provided The invention is particularly effective and useful in Ethernet systems and other communications networks The photonic systems of the invention are adapted and arranged to be providable as standalone all-optical platfonns that are independent of the terminal or services equipment, and that intelface directly with the WDM interfaces of service platfomls Utilizing one or a plurality of tunable lasers, the systems, devices, software, hardware and networks of the invention can be adapted and arranged for monitoring, managing and reconfiguring many aspects of communications networks Photonic systems of the invention can integrate into a single product, such as a router or other switching device, multiple functions These functions can be integrated to cost-effectively connect sites within extant or new converged multi-service optical networks.

The carrier (**EP2390818 (A1)** has a holographic memory (5) carried by the carrier, and a photonic crystal (1) arranged to filter light received from a large spectrum light source (11) to select a frequency band of large spectrum and guide the light corresponding to the selected frequency band so as to illuminate the holographic memory in a predetermined direction. The photonic crystal comprises an optical resonator for illuminating the holographic memory consistently with the spectrum corresponding to the selected frequency band. Independent claims are also included for the following: (1) a data carrier reading equipment comprising an optical

sensor for detecting an image created by illumination of a holographic memory (2) a method for reading a holographic memory.

Optical conductors or waveguides (**GB2191603 (A)** for making interconnections in electronic or photonic equipment may need to follow complex routes. Rigid, rod-like waveguides and individual point-to-point optical fibers are not entirely satisfactory. It is proposed to form optical conductors in the middle layer of a laminar body, for example a three-layer sandwich board 10, by irradiating the board by means of a collimated beam of light 20, for example ultra-violet light. The middle layer 12 of the board is made of a material, for example polycarbonate, which has a refractive index that increases when it is exposed to the light beam. The light beam may be moved relative to the board to trace the required path of the optical conductor which is formed as a higher refractive index channel 22 in the middle layer 12. Mono-mode or multimode conductors can be produced merely by varying the width of the light beam and the thickness of the middle layer. Alternatively, the laminar body may be exposed through a photomask.

The present invention **WO2005074498 (A2)** relates to a method and system for design and routing in telecommunications networks having transparent elements such as photonic switches. Transparent optical networks transmit signals optically, performing both switching and amplification photonically. As a result, transparent networks may be more economical than conventional "opaque" optical networks that convert signals to electronic form at each network node because they do not require as much equipment for performing optical-electrical conversion. However, transparent networks pose new operational challenges. Physical-layer impairments that are repaired by optical-electrical-optical (OEO) regeneration can accumulate along (transparent) connection paths. To effectively deploy and utilize transparency, mechanisms to assure that impairment-feasible paths exist and can be identified in the network are required. The present invention provides: 1) a method for locating OEO--regeneration capability to assure the existence of impairment-feasible paths in a network and 2) a method for identifying impairment-feasible connection paths in a network of transparent and OEO-capable nodes. The first is a method related to network design, which models the design problem as a variation of a connected dominating set problem. The second is a method related to network routing, which transforms the impairment-aware routing problem into a shortest-path problem in an expanded

network. The design methodology of the present invention employs both domination and connectability concepts to enable sparser placement of OEO regeneration capability within networks. Further, the routing methodology of the present invention provides a mechanism for finding feasible routes with respect to impairment constraints while minimizing the use of OEO interfaces to assure such feasibility.

Photonics IP Update offers a monthly brief of IP-related legal activities in the U.S. photonics community. Designed to inform scientists, engineers, entrepreneurs, and business leaders, the new series highlights the competitive technologies of interest not only in the marketplace but also in the courtroom, providing insight into the strategies of major and emerging players in various technology arenas and offering tips about the IP considered vital to protect. Written by a U.S.-based IP attorney, the series will cover the primary areas of IP, including trademarks, copyrights, and trade secrets.

3.4. Chinese patents on powder' separation

The rapid development of the photovoltaic industry has led to a dramatic increase in the production of silicon scrap waste, the recovery of high-purity silicon from silicon wafer-cutting scrap is crucial. Therefore, developing a fast and efficient separation method of for diamond wire saw silica powder slurry (DWSSPS) is necessary to achieve high recovery, high purity, and low oxidation rates. In this study, the separation of silicon from the slurry was facilitated by adjusting the pH, and temperature of the slurry and by adding additives to the slurry during the precipitation process. The experimental results showed that the surface potential of DWSSPS decreased from 30 to 3 mV at pH = 1 and with the addition of acetone. The result also showed that an increase in the temperature reduced the viscosity of the slurry, accelerating the separation rate of the particles from silicon waste. The optimal separation effect was achieved when the fluid activation energy was 15.97 kJ/mol. Therefore, particle in DWSSPS is more easily separated under acidic conditions, high temperatures, and acetone additive. Effective separation under these conditions can improve the recycling of silicon waste in the photovoltaic industry [1].

The powder' separation technologies quickly development in China, where was issued more 500 patents for last years: see below.

The utility model discloses by patent CN220678596 multi-stage separation composite powder selecting equipment which comprises a machine shell, a primary screening structure and a composite screening plate, an inclined panel is connected with the composite screening plate, and filtering holes are formed in the composite screening plate. A material guide cylinder is arranged in the machine shell, a first material outlet is formed in the machine shell, a material receiving table is arranged on the first material outlet, and a support is arranged on the material receiving table; the primary screening structure comprises a first motor and a screening barrel, and the barrel wall of the screening barrel is of a hollow structure. The material screening barrel is communicated with the material guiding barrel and the material receiving table, the inclined panel is arranged below the material screening barrel, the compound screening plate is connected with the machine shell, and a second discharging port is formed in one side of the compound screening plate. And a discharging plate is arranged below the re-screening plate, the discharging plate is obliquely arranged in the machine shell, and a third discharging opening is formed in one side of the discharging plate. According to the primary screening structure, the first motor drives the screening barrel to rotate to achieve powder selection, in the rotating process of the screening barrel, materials continuously collide with the barrel wall of the screening barrel, the materials gathered together can be dispersed, and the powder selection efficiency is improved.

The utility model by patent CN220657460 (U) provides gelatin fine powder precipitation separation equipment, which belongs to the field of gelatin fine powder production, and comprises a mixing box, a multi-layer bidirectional stirring and mixing assembly; the multi-layer bidirectional stirring and mixing assembly comprises a sleeve vertically penetrating through the side wall of the upper end of the mixing box, a vertical pipe is rotationally connected in the sleeve, a plurality of stirring pipes are fixedly connected to the vertical pipe, the vertical pipe is sleeved with a rotationally connected short pipe, every two adjacent short pipes are connected through a C-shaped rod, and the short pipe and the sleeve are connected through a C-shaped rod. According to the utility model, a chemical solution is contacted and reacted with gelatin fine powder raw materials with different depths in a spiral manner, meanwhile, the rotating directions of the stirring rod and the C-shaped rod are opposite to the stirring direction of the stirring pipe, and the gelatin fine powder raw materials and the chemical solution in the mixing box can be effectively

stirred and mixed through multi-layer stirring; therefore, the reaction precipitation efficiency between the gelatin fine powder raw material and the chemical reagent solution is improved, and the precipitation efficiency of the gelatin fine powder is further improved.

The invention CN117753658 (A) discloses mineral powder impurity separation equipment, and belongs to the field of solid and solid separation devices, the mineral powder impurity separation equipment is used for mineral powder screening, a primary screening device comprises a vibrating screening motor and a vibrating screening cylinder, and a vibrating screening bottom plate and a vibrating screening outlet are arranged in the vibrating screening cylinder; the second-stage screening device comprises a screening assembly, the screening assembly comprises a screening barrel, a second-stage screening bottom plate and a screening first-stage outlet, and a vibrating screening barrel is provided with a dispersing and distributing device connected with a sub-feeding end; the dispersing distributor is connected with a screening speed reducer with a dispersing driving motor through a dispersing fixing frame, and the dispersing fixing frame is connected with the rack through a frame body; an output shaft of the screening speed reducer penetrates through the vibrating screening bottom plate and then is connected with the dispersing arc-shaped plate; a shaft sleeve rotationally connected with the screening driving shaft is arranged at the connecting position of the second-stage screening bottom plate and the screening driving shaft. According to the multi-stage mineral powder screening device, multi-stage screening of mineral powder can be achieved, impurities are removed in the screening process, and the sorting efficiency and the working stability of the whole machine structure are improved.

The utility model by patent CN220678163 (U) discloses a fine iron powder processing device with magnetic separation function, which comprises a support base, a driving motor, a water pump, a motor, a water tank, a guide plate and a crushing roller, the inner wall of the upper end of the support base is connected with a magnetic separation box, the driving motor is connected with the front end face of the support base, and the water pump is connected with the motor. The output end of the driving motor is fixedly connected with a stirring rod, the water pump is mounted and connected to the right side wall of the magnetic separation box, a water outlet of the water pump communicates with the interior of the magnetic separation box through a water pipe, the motor is mounted and

connected to the front end face of the mounting plate, and the output end of the motor is fixedly connected with a middle shaft of a crushing roller; the water tank is installed and connected to the lower right side of the magnetic separation box, and the upper left end of the water tank communicates with the magnetic separation box through a connecting valve. According to the fine iron powder processing device with the magnetic separation function, the precision of iron powder can be conveniently improved, meanwhile, dust can be conveniently removed, and use is convenient.

The utility model by patent CN220657882 (U) discloses a dry separation device for extracting fine iron powder, which relates to the technical field of ore processing and comprises a dry separation box and a fine iron powder dry separation mechanism, and the fine iron powder dry separation mechanism is mounted on the inner side of the dry separation box. By arranging the electronic product installation mechanism, after installation, the electromagnetic control assembly and the electric reciprocating machine start to work, mineral aggregate is poured into the screen frame firstly, the electric reciprocating machine drives the screen frame to shake back and forth, and the mineral aggregate meeting the specification requirement falls down and falls onto the electromagnetic plate along with screening of the screen frame; due to the fact that the electromagnetic control assembly enables the electromagnetic plate to have magnetic force, fine iron powder in mineral aggregate can be attracted, and waste materials can be influenced by gravity due to the fact that the waste materials do not have attraction force, slide into the waste material discharging bin along a slope formed by the electromagnetic plate and finally fall into the waste material drawer in the waste material storage bin all the time. And the stable supporting frame can provide a certain damping effect when the screen frame shakes, noise is lowered, and interference to workers is reduced.

The utility model by patent CN220656687 (U) discloses an arrowroot starch slurry-residue separating device in the technical field of arrowroot staff processing, which comprises a base and a motor, the motor is fixedly connected to the middle of the bottom of the base, the top of the base is fixedly connected with a separating box, and the tail end of a power output shaft of the motor is fixedly connected with a connecting shaft. The tail end of the connecting shaft penetrates through the base, extends to an inner cavity of the separation box and is fixedly connected with a rotating

cylinder, through holes are uniformly formed in the outer side wall of the rotating cylinder, clamping grooves are formed in the left side and the right side of the top of the rotating cylinder, clamping blocks are clamped in inner cavities of the clamping grooves, and gauze sleeves are fixedly connected to the tops of the clamping blocks; a sealing plate is inserted into the upper side of the right side wall of the separation box, and a handle is fixedly connected to the right side wall of the sealing plate, the arrowroot powder slurry and residue separation device is reasonable in structural design, the device can rapidly and stably separate slurry and residues, the separation efficiency is improved, the arrowroot powder residues are convenient to clean, and the cleaning efficiency is improved.

The invention CN117585921 (A) provides a method for preparing Portland cement clinker by using coal-based hydrogen metallurgy dry separation tail powder as an iron source. 66-74% by weight of limestone, 0-3% by weight of silica fume, 13-18% by weight of clay, 2% by weight of Fe2O3 powder and 6-23% by weight of coal-based hydrometallurgy dry separation tail powder are weighed and mixed, the mixture is put into a vertical mill to be ground into a raw material, and the raw material is ground to 0.08 mm. The raw material is dried and pre-decomposed by a decomposition furnace outside the kiln, the decomposition rate reaches 95% or above, and the raw material is sent into a rotary kiln to be calcined and then cooled by a cooling machine to form the Portland cement clinker. According to the method, iron and calcium mineral resources can be saved, the cement calcination temperature is reduced, the silicate clinker production cost is reduced, and energy conservation and carbon reduction are achieved; and large-scale comprehensive utilization of coal-based hydrogen metallurgy dry separation tail powder can be achieved, and ecological environment protection is promoted.

The utility model by patent CN220590757 (U) provides a sandy material wind power selecting device which comprises a box body, the bottom end of the box body is connected with a discharging pipe, the top end of the box body is connected with a dust collecting pipe, a material conveying barrel which is arranged in an inclined mode is arranged in the box body, the material conveying barrel penetrates out of the side wall of the box body, and the cross section of the material conveying barrel is of a rectangular structure. A material inlet is formed in the outer end of the material conveying barrel, a material outlet is formed in the inner end of the material conveying barrel, the material outlet is located in the middle

of the box body, an air inlet pipe which is obliquely arranged is arranged in the box body, the cross section of the air inlet pipe is of a rectangular structure, the air inlet pipe penetrates out of the side wall of the box body, an air outlet is formed in the inner end of the air inlet pipe, and the air outlet is located in the corresponding position below the material outlet. The conveying barrel with the rectangular cross section is arranged, and the guide plate is arranged at the feeding port, so that the conveying area can be effectively increased, materials are evenly dispersed in the conveying barrel and prevented from being stacked, the contact area between the materials and air input into the box body through the air inlet pipe is increased, and the powder selecting effect and efficiency are effectively improved.

The ball-powder separating device (CN220547044 (U) comprises a separating box, a feeding pipe, a discharging pipe and a screen, a vibrating motor is fixed to the right end of the bottom of the screen, a ball discharging hopper is arranged on the separating box at the left end of the screen, the screen is obliquely arranged in the mode that the right is higher than the left, and a plurality of air blowing pipes are arranged above the screen in the left-right direction of the screen. The bottom of each air blowing pipe is evenly provided with air blowing holes facing the screen in the axial direction, an air guide pipe is fixed to the middle of the top of each air blowing pipe, the upper end of each air guide pipe penetrates through the separation box and is sleeved with an adjusting sleeve, a locking bolt is arranged on each adjusting sleeve, the bottom of each adjusting sleeve is fixed to the separation box, and the top of each air guide pipe is connected with an air inlet pipe. According to the utility model, the plurality of air blowing pipes capable of blowing air to the grinding balls on the screen are arranged above the screen in the separation box, so that when the grinding balls and powder are vibrated and separated, the air blowing of the grinding balls is assisted, the ball-powder separation is accelerated, the separation effect is better, and the residual powder on the grinding balls is reduced.

The utility model (CN220514332 (U) relates to the technical field of vertical roller mills, and provides a large vertical roller mill for fine powder separation, which comprises a vertical roller mill main body, a roller milling assembly and a millstone, the millstone is arranged at the bottom end in the vertical roller mill main body, a driving assembly is arranged at the bottom end of the millstone, and a powder concentrator is arranged at the top end in the vertical roller mill main body. An outlet is

formed in one side of the top end of the vertical roller mill main body, a material pouring pipe is arranged on one side of the vertical roller mill main body, and an anti-blocking structure is arranged at the top end of the material pouring pipe. According to the vertical roller mill disclosed by the utility model, the auxiliary structure is arranged, so that the roller milling assembly can be conveniently taken out from the interior of the vertical roller mill main body for maintenance in order to damage the roller milling assembly, and therefore, the roller milling assembly can be conveniently taken out when the roller milling assembly is damaged through the matched use of the servo motor, the screw sleeve and the screw rod; and a worker can maintain the roller mill assembly more conveniently, so that the convenience is improved.

The invention CN117563942 (A) relates to the technical field of screening, in particular to a gypsum powder impurity separation device which comprises two side plates arranged left and right, fixed supporting columns, a screen plate and a rear bottom plate, the screen plate is located at the bottoms of the side plates, the rear end of the screen plate is connected with the rear bottom plate, and a reciprocating walking assembly capable of moving left and right is installed between the middles of the two side plates. Gypsum powder accumulated on the surface of a sieve plate is flattened by arranging a reciprocating walking assembly, under driving of a rotating motor, a square sliding block on a reciprocating lead screw moves left and right, a telescopic rod slides along a track sliding groove in a guide plate on a guide rod to stretch out and draw back up and down, and a scraping plate below the telescopic rod is driven to move; further, the gypsum powder is evenly spread, a larger screening surface is formed, the phenomenon that the gypsum powder is stacked at a certain position of the screening plate, and consequently the gypsum powder is not comprehensively screened is prevented, meanwhile, when the scraping plate moves up and down, the front side of the screening plate can be driven to rotate in a reciprocating mode, and the discharging speed and the screening speed of the gypsum powder are increased.

The utility model by patents CN220444079 (U) discloses a diamond micro-powder magnetic separation device, and relates to the technical field of diamond micro-powder magnetic separation. The diamond micro-powder magnetic separation device comprises a device body, a magnetic roller body is rotationally connected into the device body, a first collecting bin is fixedly connected to the side face of the device body, a second collecting bin is fixedly connected to the side face of the device body, and

a collecting assembly is arranged in the first collecting bin; the collecting assembly comprises a first power rod and a hydraulic bin, and the front end of the first power rod is fixedly connected with a gear. According to the diamond micro-powder magnetic separation device, a device body is started, a magnetic roller body rotates and is matched with a first power rod, a gear, a toothed bar, a hydraulic bin, a push rod, a sliding block, a fixed rod, a second spring and a first spring, a collecting plate can move in a reciprocating mode in a first collecting bin, the first collecting bin is paved with granular materials, and the utilization rate of the first collecting bin is increased; and the replacement frequency is reduced, so that the working effect is improved.

The invention CN117414952 (A) provides a powder impurity separation device, and belongs to the technical field of separation equipment. The powder impurity separation device comprises a shell, a first electric field mechanism and a second electric field mechanism, the shell is provided with a first cavity and a second cavity which are sequentially distributed from top to bottom in the vertical direction, the first electric field mechanism is located in the first cavity, the first cavity is provided with a feeding port, the feeding port is located above the first electric field mechanism, and the second electric field mechanism is located in the second cavity; the first electric field mechanism and the second electric field mechanism are both electrified, the first electric field mechanism and the second electric field mechanism are identical in electrical property, and the first electric field mechanism is used for enabling metal impurities

passing through the first cavity to be electrified. Most metal impurities in the powdery product can be separated out, and the purity of the powdery product is improved.

The invention CN117483103 (A) relates to a solid-liquid separation method and device for magnetic metal powder slurry. Main equipment of the solid-liquid separation device comprises a stirring kettle, a milk-driven pump, a settling kettle, a powder collector, a reducer pipe, a ball valve and the like. The powder collector is composed of a stainless steel inner pipe, a magnetic sleeve, an arc-shaped magnet, a handle, a hinge and the like. When the magnetic sleeve is closed, the inner pipe of the powder collector has magnetic force, powder slurry enters from the bottom of the powder collector through the emulsion pump and slowly passes through the powder collector from bottom to top at a constant speed, powder is

adsorbed on the wall of the inner pipe of the powder collector, and clear liquid is discharged from the top of the pipe of the powder collector. After the outer arc-shaped magnetic sleeve of the powder collector is opened, the inner pipe of the powder collector loses magnetic force, and the powder falls into the settling kettle to be collected, so that rapid solid-liquid separation and collection of powder slurry are realized.

The utility model CN219850835 (U) discloses a potassium-sodium feldspar powder magnetic separation device, and relates to the technical field of potassium-sodium feldspar. Comprising a processing box, a discharging port and a discharging port, a screening device is arranged in the processing box and comprises sliding rails, sliding blocks, a screening net, a fourth mounting plate and a vibration machine, the sliding rails are symmetrically arranged on the inner wall of the processing box, the sliding blocks are slidably mounted in the sliding rails, and the screening net is welded to the inner walls of the sliding blocks; and a fourth mounting plate is welded to the outer wall of the processing box, a vibration machine is arranged at the top of the fourth mounting plate and mounted on the outer wall of the screening net in an embedded mode, and a cleaning device is mounted on one side of the processing box in a sliding mode. And meanwhile, the feldspar powder is effectively cleaned, and after long-time screening, the phenomenon that the screened impurities block the screening net is avoided, so that the purified feldspar powder can be better filtered conveniently, and the filtering effect of the feldspar powder is ensured.

The invention CN116637714 (A) provides a metal powder continuous separation device and method, the metal powder continuous separation device comprises a separation tank body, a filtering device, a solution conveying device and a hollow mounting rod device, and metal powder solutions with different particle sizes are placed in the separation tank body to be layered; small-size particle metal powder (micro-nano-scale) directly floats on the surface of the mixed solution, the solution is conveyed into the filtering device through the solution conveying device to be filtered, the purified solution is conveyed into the separation tank again after the filtering device completes filtering, and it is guaranteed that the liquid level height is maintained at the rated level. The metal powder separation device is simple in structure and capable of continuously separating metal powder from a mixed solution under the condition that a water source is not externally connected, the metal powder separation

efficiency is improved, the separation cost is saved, and the economic benefits of enterprises are improved. According to the device, large and small metal powder can be continuously separated at a constant position, the separation efficiency is improved, and the separation cost is reduced.

The invention CN115350516 (A) provides a solid-liquid separation device for watermelon juice powder, which is convenient for cleaning wastes. The watermelon juice powder solid-liquid separation device convenient for waste cleaning comprises a treatment barrel, and an impurity removal opening is formed in the bottom of the treatment barrel; the feeding pipe is mounted on the treatment barrel; and the limiting pipe is fixedly installed in the treatment barrel, and a buffer groove is formed in the limiting pipe. According to the watermelon juice powder solid-liquid separation device convenient for waste cleaning provided by the invention, the liftable plugging frame is mounted below the limiting pipe, a cleaning ring is conveniently driven to synchronously ascend and descend when the plugging frame is lifted and adjusted, and the surface of a filter screen cover can be movably cleaned and maintained when the cleaning ring moves downwards; and when the plugging frame moves to the position below the drainage disc, scraped waste is conveniently conveyed to the position below the drainage disc, and cleaning and maintenance of the filter screen cover are completed while lifting regulation and control of the plugging frame are conducted.

The invention CN115069432 (A) discloses a combined type three-separation powder concentrator which comprises a three-separation powder selecting chamber, a feeding pipe, a feeding opening, a cyclone barrel, a ventilation pipe, an air inlet assembly, a motor, a rotating shaft, a rectifying rotor, a three-way material distributing cone, a material scattering assembly, a fine powder discharging pipe, a medium-coarse powder discharging pipe and a coarse powder discharging pipe. A cyclone is arranged on the side edge of the three-separation powder selecting chamber, and the top of the cyclone is connected with an air inlet assembly through a ventilation pipe. The end, away from the motor, of the rotating shaft extends into the three-separation powder selecting chamber to be connected with the rectifying rotor. The material scattering assembly is arranged in the three-separation powder selecting chamber of the three-separation powder selecting machine, the dispersing disc, the first material scattering disc and the second material scattering disc in the material scattering assembly are matched with one another, the material scattering

disc is arranged in the three-separation powder selecting chamber, the material scattering disc is arranged in the three-separation powder selecting chamber, the material scattering disc is arranged in the three-separation powder selecting chamber, and the material scattering disc is arranged in the three-separation powder selecting chamber. And the powder can be reasonably classified, so that the powder can be conveniently dispersed, and the powder can be selected.

The high Chinese inventors' activity come to increase production of separation Machinery [2]

References:

1. Study of the Separation and Sedimentation … *Silicon,* volume 16, pp.867-875, 2024.

2. Powder Air Separator. China Mining Machinery. https://www.made-in-china.com/

3.5. ChatGPT patents

ChatGPT, the recently launched Artificial Intelligence (AI) chatbot, has taken the Internet by storm. Based on OpenAI's generative pre-trained transformer (GPT) technology, it uses both supervised learning and reinforcement learning to handle simple questions and complex tasks. ChatGPT has even passed some of the world's toughest exams, such as the US Medical Licensing Exam and Wharton MBA Exam. Although revolutionary, the technology opens questions for intellectual property (IP) professionals around how useful it can be for patent research and analysis. Searching for prior arts is a critical aspect of a patent application, used to ascertain the novelty of an invention during the prosecution stage and validating/invalidating a patent during the litigation stage. Up today we could see more than 300 patents on the ChatGPT, below only last fresh examples of them.

The present invention **US11960500 (B1)** may be embodied in a natural language processing system that conducts user interaction to identify and refine requests for data analyses, and automatically conducts data mining and prepares data visualizations in response to natural language queries. Similarly natural language processing system can be utilized for updating business system data in response to natural language

requests. The system greatly improves the ease of use, intuitiveness, variety, and responsiveness of the data analytics system by converting natural language requests into requests for data analyses. This allows a much wider range of users to conduct commercially relevant data analytics without relying on specialists in the field data analytics specialists and at much lower cost than the conventional approach.

A method of generating content, according the patent **US11960514 (B1)** in association with an information search and retrieval system. It begins by receiving a query from a user. The query is semantically-searched to identify a context. A conversation history between the user and the system is identified. An enriched query is then generated by associating to the query both the context and at least a portion of the conversation history. The enriched query is then evaluated/processed by a generativeAI. In response, information associated with the enriched query is received from the generative-AI. A response to the query is then generated using the information, e.g., by passing the information back to the user, by modifying (e.g., editing or supplementing) the information to generate modified information and passing the modified information back to the user, or by dismissing the information. If sensitive information is identified in the utterance, it is masked prior to generating the enriched query.

Provided herein are exemplary embodiments including a computer-implemented method of using artificial intelligence for automatically collecting and enriching network data for a smart campaign with autopilot features. The method according the patent **US2024127292 (A1)** includes, collecting a set of network data relevant to a smart campaign with autopilot features, applying one or more transformations to the collected set of data to create a modified set of data, generating from the modified set of data, enriched network data for a smart campaign with autopilot features, the enriched network data having content, context and event data, and using the enriched data to deploy a personalized campaign by identifying an audience, time, channel, content and goal of the communication.

Certain aspects of the present disclosure the patent **US11954102 (B1)** provide techniques for executing structured query language queries having a schema associated therewith against an application programming interface using natural language. The schema can be chunked such that embeddings of the resulting chunks are stored in a vector store. Schemas

(or subschemas) generated using on or more chunks of the vector store may be provided to a large language model along with a NL query to generate a structured query language query which may be executed against the application programming interface. This allows large language models to producestructured query language queries, such as GraphQL queries even if a GraphQL schema is too large to be provided to the model as context. Aspects disclosed herein also provide techniques for client code generation and client software development kit generation.

Techniques are disclosed by the patent **US2024121107 (A1)** for analyzing data related to computer applications and identifying suspect instances of such applications based on rolling baseline. The analysis is performed by a baseline engine that first establishes a rolling baseline with a centroid of a conceptual hypercube. The centroid represents the normal population of data packets for a given type of computer application. Data packets far enough away from the centroid indicate an anomaly or a suspect event for that computer application. An early detection of such suspect events and suspect application instances can prevent catastrophic downstream consequences for the concerned party/parties. Related embodiments also record suspect events and the identity of the suspect applications in a private and/or public distributed ledger, including a blockchain.

An apparatus, system, and method are disclosed by the patent **WO2024072811 (A1)** for remediating a condition present in a patient. In some implementations, the apparatus may include a body and a trajectory port that extends through the body. The trajectory port guides a tool to form a bone tunnel in a bone of a patient. The trajectory port is defined at least partially on a bone model of at least a portion of bone of the patient. The apparatus may include a bone engagement feature that extends from the body, the bone engagement feature configured to engage at least a portion of the bone such that the bone engagement feature positions the bone tunnel guide in a position that corresponds to a modeled position of a bone tunnel guide model engaging a bone model.

An electronic device for controlling a photographic system according to patent **WO2024072140 (A1)** may obtain a video stream and a user query for a target event, obtain a set of photos from the video stream, obtain at least one photoshoot suggestion based on the user query via a language model, obtain a snapped photo for the target event based on the

at least one photoshoot suggestion, in response to a given video frame included in the video stream satisfying a target content criterion, and output one or more photos selected from the set of photos and the snapped photo as event photos.

The present disclosure **(US11949638 (B1)** describes systems and methods for enabling real-time conversational dialog among a large population of networked human users while facilitating convergence on groupwise decisions, insights, and solutions, and amplifying collective intelligence. A collaboration server running a collaboration application is provided, wherein the collaboration server is in communication with the plurality of the networked computing devices and each computing device is associated with one user of the population of human participants. In some cases, the collaboration server defines a plurality of sub-groups of the population of human participants. A local chat application configured for displaying a conversational prompt received from the collaboration server is provided on each networked computing device. The local chat application enables real-time chat communication with other users of a sub-group assigned by the collaboration server. According to some embodiments, the computer mediated collaboration enables through communication between the collaboration application and the local chat applications.

An apparatus, system, and method are disclosed (**US2024108414 (A1)** for remediating a condition present in a patient. In some implementations, the device may include one or more temporary fasteners configured to engage one or more bones of a patient's foot. In addition, the device may include a pivoting resection guide having: a first bone attachment feature configured to receive at least one of one or more temporary fasteners; a second bone attachment feature configured to receive at least one of one or more temporary fasteners; a cutter guide coupled between the first bone attachment feature and the second bone attachment feature, the cutter guide configured to guide a cutting tool as the cutter guide rotates about a pivot axis coupled to the first bone attachment feature and the second bone attachment feature.

The present patent **US2024112288 (A1)** discloses a system that includes a transceiver and a processor. The transceiver may be configured to receive information associated with a facility. The processor may be communicatively coupled to the transceiver. The processor may be

configured to obtain information from the transceiver, provide an interactive platform to train users and serve as a subject matter expert; determine a probability of a hazard based on the information, provide remediation recommendations, and generate a hazard report based on the determination of the probability of the hazard in the facility. Included is an Interactive Medical Reference System ("system") that includes an app for patients/doctors that operates on the same principle. The system aims to also take the place of trainers by being interactive thereby serving as a training tool and identify hazards or potentially detrimental healthcare treatment plans.

The present invention **US2024112212 (A1)** is a blockchain-driven ecosystem that aims to make nurses' lives easier by providing them with the best employment opportunities, benefits, and services. This helps nurses by reducing stress and burnout while providing benefits such as insurance, retirement advice, and education. The ecosystem is comprised of participants which include clinicians, facilities, vendors, recruiters, service providers, contributors, and franchisees. A rewards system is triggered by the actions of the different participants. Rewards can be used to purchase services from service providers in a rewards redemption application. Each participant can earn and spend rewards in the ecosystem. Rewards can be converted into stablecoins to withdraw them to a bank account. The platform is built on the Ethereum Virtual Machine with blockchain bridging capacity. It uses smart contracts to execute payouts, take and record votes, record rewards earned, and store medical credentials.

Examples by patent **US2024111498 (A1)** relate to an apparatus, device, method and computer program for generating code. The apparatus is to obtain information on an existing application architecture of a modular application, the information on the existing application architecture comprising, for components of the existing architecture, a formal description of the functionality and usage of the component of the existing architecture, obtain a prompt of a user for generating code for implementing an additional component for the modular application, the prompt comprising a textual description of a desired functionality of the additional component, provide the information on the existing application architecture and the prompt as input for a Large Language Model (LLM), obtain an output of the LLM, the output comprising a portion of the code

for implementing the additional component, and provide the code for implementing the additional component based on the output of the LLM.

An apparatus, system, and method are disclosed (patent **WO2024064219 (A2**) for perfusing an organ. In some implementations, the system may include an organ chamber and a fluid circuit having tubing that couples to the organ within the organ chamber and carries a perfusate to and from the organ. A pump drives the perfusate through the fluid circuit. A replaceable reservoir supplies perfusate to the tubing for use in the fluid circuit. An oxygenator exchanges oxygen gas with waste gas in the perfusate. A hemofilter removes an ultrafiltrate having metabolic waste from the perfusate. A filtrate replacement fluid supplies filtrate replacement fluid to the perfusate. The system may include a controller configured to manage a plurality of perfusion parameters of the fluid circuit to perfuse the organ.

A computerized method by patent **US2024104542 (A1)** of a platform comprising: providing the platform, wherein the platform comprises a multimedia media content tool/platform that provides a set of functionalities of a user interface; providing a set of platform-based media content; organizing the platform-based media content in a plurality of blocks, wherein each block comprises a set of digital assets on a block level with a set of specified integrations and engagements; with the plurality of blocks: provide a set of block-level interactions, nest one block into another, put a block behind a paywall (e.g. as a fiat/crypto currency or as an NFT, etc.), visually represent the blocks in different parts of the block, create relations between a set of different blocks, add one or more tags to each block, and enable one or more micro-interactions/transactions for the platformbased media content among a plurality of users.

A computerized method by patent **US2024104543 (A1)** of a platform comprising: providing the platform, wherein the platform comprises a multimedia media content tool/platform that provides a set of functionalities of a user interface; providing a set of platform-based media content; organizing the platform-based media content in a plurality of blocks, wherein each block comprises a set of digital assets on a block level with a set of specified integrations and engagements; with the plurality of blocks: provide a set of block-level interactions, nest one block into another, put a block behind a paywall (e.g. as a fiat/crypto currency or as an NFT, etc.), visually represent the blocks in different parts of the

block, create relations between a set of different blocks, add one or more tags to each block, and enable one or more micro-interactions/transactions for the platformbased media content among a plurality of users.

A system (patent **WO2024059869 (A1)** for creating a recording of a consultation between a user and a subject, and for transmitting the recording to the subject or to a secure database. The system may be implemented on an application, such as an application for mobile devices or a web application. In a primary context, the consultation is a medical consultation between a medical practitioner and a patient. In this context, the details of a medical visit can be recorded for the patient to better retain and understand complex medical information, and for the physician to have a record to avoid later disputes. The system may be implemented as part of an electronic medical records database.

The chat-driven BPMN process (**WO2024057101 (A1)** modeling system presented herein revolutionizes the process of creating and modifying process models. By leveraging chatbots or conversational interfaces, the system gathers information from users in natural language, providing a more user-friendly and accessible approach. Through the integration of NLP and ML techniques, the system offers intelligent suggestions, automates tasks, and enhances collaboration among stakeholders involved in the process.

Robot control systems, methods, control modules and computer program products (**US11931894 (B1)** that leverage one or more large language model(s) (LLMs) in order to achieve at least some degree of autonomy are described. Robot control parameters and/or instructions may advantageously be specified in natural language (NL) and communicated with the LLM via an NL prompt or query. An NL response from the LLM may then be converted into robot control parameters and/or instructions. In this way, an LLM may be leveraged by the robot control system to enhance the autonomy of various operations and/or functions, including without limitation task planning, motion planning, human interaction, and/or reasoning about the environment.

Embodiments (**US2024096312 (A1)** herein provide a method for adaptively traversing conversation states using conversational AI to extract contextual information. The method includes (i) loading states that define a logical flow of the automated conversation and comprises a

content boundary, (ii) dynamically generating a first question associated with the first conversation state by obtaining a prompt, (iii) determine whether a first response is inside or outside of the content boundary, (iv) generating in real-time a first follow-up question by (a) determining a missing content, or (b) analyzing the resume of the user, job description, (v) monitoring a second response to extract a skill level of the user, (vi) automatically computing possible paths of the conversation to obtain an updated N subsequent conversation states of the conversation, (vii) generating a second follow-up question; and (viii) repeating generating follow-up questions for adaptively traversing the N updated conversation states.

Patent **US2024096503 (A1)** provided herein are systems and methods for collaboratively assessing adherence to pharmaceutical regulations and performing inspections of a pharmaceutical facility, operable on a system including a computing device having a database server, a processor, a display, and a camera, wherein the systems and methods include performing data pulls by pulling information from a plurality of sources, pulling regulatory guidelines from a plurality of official regulatory bodies, and checking for updates to the information and the regulatory guidelines at predetermined intervals; such that the data received from the data pulls is used to assess the adherence to pharmaceutical regulations, perform the inspections, and answer input queries from a user related to the information and the regulatory guidelines.

This disclosure (**US11928438 (B1)** enables various computing technologies for smart contracts to be audited in ways that improve on conventional auditing approaches mentioned above. These technologies improve functioning of computers by enabling large language models to review bytecodes executable on distributed ledgers to determine whether those bytecodes enable smart contracts on those distributed ledgers and then acting accordingly.

The present invention **US2024083456 (A1)** relates to a learning-oriented transferable automatic driving method and system driven by a world model. The method includes the following steps: constructing a simulation environment; collecting a large batch of data in the simulation environment, and collecting a small batch of data in the real environment; constructing a world model, and performing model training in the

simulation environment by using the large batch of data, wherein the world model takes a camera image as an input to model an environment by using a generative world model; storing and transmitting historical moment information by hidden variables, and outputting an aerial view and a control instruction; and performing domain adaptive transferring training in the real environment on the basis of the small batch of data, and deploying the model in an autonomous vehicle in the real world to achieve virtuality-to-reality transferring general integrated automatic driving.

Systems, apparatus, and methods (**US2024086384 (A1)** of managing the lifecycle of a digital token are described. In an example, while the digital token is being generated, the digital token or the underlying digital asset can be compared to other digital tokens and/or digital assets to determine similarity thereto. Based on the similarity, a program code interface (e.g., smart contract, an application programming interface–API, RPC, etc.) can be determined and an API call can be made to execute a program code. The execution can indicate whether the digital token creation process can be completed. If so, the digital token is recorded. Thereafter, its use or the use of the underlying digital asset can be monitored, whereby this monitoring can apply similarity processing. If a use thereof is determined or if a use of a similar digital token or similar digital asset is determined, notifications can be generated and sent.

Outside academic considerations, uses for technology such as ChatGPT-3 are becoming apparent in many fields. Copy writing and advertising, medical writing, journalism, law, and many other “white collar” jobs will all need to take account of such technologies, and inevitably some professions will fall away while new roles emerge. ChatGPT-3 can certainly produce a sensible, if unimaginative, claims set for a simple “invention” (a request for it to produce a claims set for “an invention which is the use of aspirin to treat migraine” led to a technically sensible claims set with method of treatment claims, pharmaceutical composition claims and kit claims). For now, tools such as ChatGPT-3 and its successors will provide ways to increasingly efficiently analyse text and generate boiler plate. But when it comes to defining a patentable invention, such tools are inherently limited by their reliance on the art.

3.6. Carbon based composites

Carbon-based composites, including carbon reinforced composites and carbon-matrix composites, in defense technologies have raised a lot of attention due to its significant physical capabilities, superior thermal and mechanical stability, and its eco-friendly nature. Carbon-based composite which incorporating with various carbonaceous materials such as coke, char, black carbon, activated carbon, carbon fiber and other carbon nanomaterials (carbon nanotubes, carbon nanofibres, graphene and graphite) are the greatest viable option for the development of advanced defence technologies. In this review article the characteristics of carbon-based materials and its composites are discussed for their distinct application in defense sectors; aeronautics, maritime, automotive, electronics, energy storage, electromagnetic interference (EMI) shielding and structures [***Harussani M.M., S. M. Sapuan, Gohar Nadeem.*** Recent Applications of Carbon-based Composites in Defense Industry: A Review. ***Defense Technology,*** March 2022]. Carbon-based composites have a promising future in defense technology, particularly in chemical sensors, drug delivery agents, radar technologies, and nanocomposites due to their low cost, easy availability, flexibility in design and processing. The Worldwide patent database consist about 500 patent documents – see below.

A method of forming a composite by patent **WO2024077272 (A2)** includes forming a composite preform through additive manufacturing. The method further includes pyrolyzing the composite preform to form a porous composite preform. The method also includes infiltrating the porous composite preform with a carbon precursor to form an infiltrated composite preform. The method further includes carbonizing the infiltrated composite preform to form a carbonized composite preform. The method also includes exposing the carbonized composite preform to electric field assisted sintering (EFAS).

The invention **CN110372387 (A)** belongs to the field of ceramic composites and specifically relates to a preparation method of a silicon carbide-graphene composite. The preparation method of the silicon carbide-graphene composite is characterized by comprising the steps: pressing a mixed powder of SiC, Al2O3 and Mg to form a block, carrying out two-step sintering at the atmosphere of carbon dioxide, and carrying out cooling to obtain the silicon carbide-graphene composite. The

preparation method of the silicon carbide-graphene composite has the advantages such as simple process, short preparation period and low cost.

The utility model by patent **CN207377167 (U)** discloses a prestressed carbon fiber plate can dismantle ground tackle, form including dismantling ground tackle, slide, stretch -draw support, anchor slab and carbon fiber plate, the slide is installed at the bottommost, can dismantle the ground tackle and install the upper portion at the slide, another part from the top down is stretch -draw support, anchor slab, carbon fiber plate in proper order, can dismantle the ground tackle and be divided into top, gland, voussoir, base, five parts of cancellation, the one end of top links to each other with the side of gland, and the side at the stretch -draw support is connected to the other end, the voussoir is installed on the base. Is the agent of epoxy gluing thickness 1mm in the interfacial for epoxy gluing agent bonding of carbon fiber plate and concrete -based 3mm's soft metal material. Is the inclination of wedge ground tackle 2o 5o, this ground tackle compare in fixed ground tackle has lower cost advantage, and the universality is stronger. Bonding carbon fiber plate's soft sheet metal can be aluminum plate, and copper and aluminium alloy plate like this can be at prestress application in -process stress relieving.

A method for manufacturing a natural fiber-reinforced biodegradable composite material according to the present invention **KR20210154388 (A)** includes: a first step of preparing a composite mat in which natural fibers, biodegradable resin fibers, and carbon fibers are mixed; a second step of impregnating a compatibilizer into the composite mat; a third step of placing a biodegradable resin film on the upper and lower surfaces of the composite mat impregnated with the compatibilizer; a fourth step of impregnating the composite mat with a biodegradable resin formed while the biodegradable resin fibers and the biodegradable resin film are melted by pressing and heating the composite mat; and a fifth step of cooling the mixed mat impregnated with the biodegradable resin. According to the present invention, problems such as bending or twisting caused by the characteristics of wood used in the floor of a conventional truck deck, photo discoloration, crumbling and cracking caused by exposure to sunlight and oxygen, and water absorption are solved, thereby improving the durability of the floor of the truck deck.

The invention **CN113354890 (A)** relates to the technical field of oil tanks, and discloses an intelligent oil tank material composed of the

following raw materials in percentage by weight: 45% to 60% of high-density polyethylene, 1% to 5% of a permanent antistatic agent, 6% to 20% of an adhesive and 18% to 30% of carbon fibers. According to the intelligent oil tank material, the advantages of high-density polyethylene are kept, meanwhile, the permanent antistatic agent is introduced, the antistatic performance of an oil tank is improved, static electricity in the oil tank can be conducted out and cannot be gathered in the oil tank, and potential safety hazards of a product are avoided; and the strength of the oil tank is increased by introducing the carbon fibers and the adhesive, the oil tank falls from the height of 5 m in a full state, and the oil tank is not damaged or seriously deformed.

A filter media structure by patent **US6402951 (B1)**, which is capable of operating in the micro- and nanofiltration regime, offers: low cost, durability, high temperature and chemical resistance, high permeability, high flow rate, low pressure drop across the filter media, high mechanical strength, separation efficiency, and biocompatibility. The filter media structure is comprised of mixture of carbon or ceramic fibers and inorganic fiber whiskers generally having a diameter of from about 0.03 to about 5 microns. The present invention further provides a method of preparing a filter media structure comprising mixing together a) inorganic fibers; b) inorganic fiber whiskers; c) a water soluble binder, and optionally depositing a thin layer of pyrolytic carbon on the surface of the inorganic fibers and inorganic fiber whiskers comprising the filter media structure. The filter media structure is selected from the group consisting of a paper, felt and fabric. The present invention provides a further method for preparing a filter media structure comprising a) mixing together inorganic fiber whiskers and a resin selected from the group consisting of thermosetting and thermoplastic resins; b) impregnating inorganic fibers with said inorganic fiber whisker/resin mixture to form a paper.

Novel composites by patent **US2024116811 (A1)** having improved performance such as compressive and/or tensile strengths are formed from carbon-based nanomaterials and a binder. Sheared carbon-based nanomaterial in solution is typically mixed with a binder and then cured. The composites may have several improved properties such as higher compressive strength, tensile strength, lower shrinkage, and modified viscosity which are greater than the binder alone.

The invention **US2023387395 (A1)** relates generally to a method for making a silicon-carbon composite comprising nanoscale silicon and carbon, the method comprising the steps of preparing a dispersion of silicon nanoparticles and the selected form/s of carbon; spray drying the dispersion to form essentially spherical silicon nanoparticles; heat treating the silicon nanoparticles to pyrolyse and/or burn off any polymers, and to strengthen the silicon nanoparticles; coating the silicon nanoparticles with carbon to form the Si:C composite; and optionally, adding additional elements such as lithium, magnesium, nitrogen and halogen gases to the composite, either during the heating step (c) or coating step (d) or during a subsequent heat treatment step. The invention relates further to composites made by such method, an anode made of such composite and a batter comprising such anode.

The invention **US11814322 (B1)** discloses a method of producing metal-organic framework (MOF) incorporated concrete to capture CO2 and reduce carbon footprint, the method comprising mixing cement, a plurality of fine aggregates and a plurality of coarse aggregates for a predefined time under ambient conditions in a concrete mixer to form a dry concrete mix, mixing water in the dry concrete mix to form a wet concrete mix, incorporating MOF homogeneously into the wet concrete mix to form the MOF incorporated concrete, mixing the MOF incorporated concrete for two minutes and casting the MOF incorporated concrete by placing the MOF incorporated concrete into a mold, and curing the MOF incorporated concrete via a three-stage curing process. A quantity of the MOF in concrete is 3, 6 and/or 9% by cement mass.

High-temperature-resistant composites by patent **US2007259185 (A1)** are formed of at least two layers of high-temperature-resistant carbon-based materials or graphite-based materials. The layers are joined to one another by a carbonized binder which contains planar anisotropic graphite particles. The planar anistropic graphite particles have a high anisotropy in respect of their crystal structure and their thermal conductivity are added to the carbonizable binder.

The invention **CN116716508 (A)** discloses a TiB2/TiC ceramic reinforced aluminum alloy matrix composite piston and a preparation method thereof, and belongs to the technical field of metal matrix composites. The preparation method comprises the following steps: mixing, ball-milling and pressing boron carbide powder, titanium powder,

boron powder, carbon powder and aluminum powder into a preform; smelting the intermediate alloy A, adding the preform, adding a covering agent under electromagnetic stirring, cooling to 850 DEG C, adding the intermediate alloy B, and sequentially performing mechanical stirring and ultrasonic stirring to obtain a mixed melt; and refining, slagging and casting the mixed melt to obtain the TiB2/TiC ceramic reinforced aluminum alloy matrix composite material piston. According to the method, the ceramic raw material is pressed into the prefabricated body, the prefabricated body directly reacts with the aluminum alloy liquid in situ to generate micron TiC particles and nano TiB2 particles, and the ceramic particles are uniformly dispersed in the aluminum alloy matrix in a mode of combining electromagnetic stirring, mechanical stirring and ultrasonic stirring, so that the problem of ceramic particle aggregation is effectively solved. The TiB2/TiC ceramic reinforced aluminum alloy matrix composite piston has the advantages of high strength, wear resistance and low thermal expansion coefficient.

The invention **CN106085326 (A)** discloses an underwater steel sticking glue. The underwater steel sticking glue is prepared from the A component and the B component in the weight ratio of 1:1. The A component is prepared from, by weight, 100 parts of bisphenol-A epoxy resin, 10-25 parts of thinning agent and 1-2 parts of coupling reagent; the B component is prepared from, by weight, 40-60 parts of modified-polyamine curing agent. When the steel pouring glue is used, the viscosity is low, the mobility is high, the wettability is good, the adhesive performance of the steel pouring glue, concrete and a steel plate is excellent, and the good toughness, the good peeling strength and the good impact performance are achieved. Based on the particular characteristic of the steel pouring glue, the steel pouring glue is mainly used for the aims that concrete members and masonry members are wrapped with steel plates for reinforcing, and can also be used for glue-pouring repairing of internal defects of concrete, the effect is remarkable, and construction is convenient.

A coating method by patent **KR20110124006 (A)** using ceramic-based carbon nano powder is provided to reduce manufacturing costs by simplifying a coating process and to improve the electrical conductivity of a coated product. CONSTITUTION: A coating method using ceramic-based carbon nano powder is as follows. Ceramic-based carbon nano powder is prepared by mixing ceramic particles and carbon nano materials. The carbon nano powder is spread on the surface of a base

material. The ceramic particles form grooves(105) in the base material. Carbon nano materials are pressed using the kinetic energy of the ceramic particles.

The utility model by patent **CN205558029 (U)** relates to a thermal - insulated nature wallboard based on carbon borer dimension net material belongs to construction timber technical field, including the wallboard body, wallboard body both ends all are equipped with a plurality of fixing bolt, wallboard body top -down connects gradually anti wearing layer, sound absorption noise reduction layer, carbon fiber waffle slab, heat absorption heat preservation, waterproof layer and the acid proof coating scraped, just the anti wearing layer, sound absorption noise reduction layer, carbon fiber waffle slab, heat absorption heat preservation, waterproof layer scraped all is connected through the silica gel agent with the acid proof coating, the utility model discloses a be equipped with fixing bolt, easy to assemble and dismantlement has reduced manufacturing cost, through the carbon fiber waffle slab, and be convenient for the water and electricity piping erection and the construction of sunkening cord, and the quality is light, and the structure is simplified, avoids extravagant, through endothermic heat preservation, can reach the effect of cooling down and insulating against heat, simple structure, the cost is with low costs, elegant appearance

This invention **TW200916305 (A)** relates to a resin infusion integral forming method assisted by vacuum for composites without coating, comprising the steps of: preparing several fibrous materials in a mold for lamination; installing a vacuum sealing bag at the top of the mold capable of covering the fibrous material, the vacuum sealing bag being provided at two sides of the bottom faces of with a first tube and a second tube respectively; afterwards, utilizing the first tube to vacuum the mold and utilizing a vacuum assisted manner to infuse the resin from the second tube to the mold and impregnate; then, heating and curing the resin and fiber material in the mold; and finally, taking off the vacuum sealing bag on the top of the mold and taking out the finished product from the mold, so as to achieve a smooth and bright surface quality of a composite material product without follow-up coating operation, and to greatly save the production cost.

Pyrolysis system according patent **EP2783764 (A1)** comprises: an elongated, continuously working pyrolysis furnace for continuous pyrolysis of carbon-fiber-reinforced plastic materials (CFRP) material,

with an inlet station for introducing CFRP material to be processed into the pyrolysis furnace at one end; a discharge station for discharging recycled carbon fiber material in the pyrolysis furnace at the other end; a gas exhaust device for a pyrolysis gas produced in the pyrolysis furnace; and a control device for controlling at least the constituents of the gas in the pyrolysis furnace. Pyrolysis system comprises: an elongated, continuously working pyrolysis furnace for continuous pyrolysis of carbon-fiber-reinforced plastic materials (CFRP) material, with an inlet station for introducing CFRP material to be processed into the pyrolysis furnace at one end; a discharge station for discharging recycled carbon fiber material in the pyrolysis furnace at the other end; a gas exhaust device for a pyrolysis gas produced in the pyrolysis furnace; and a control device for controlling at least the constituents of the gas in the pyrolysis furnace, and for regulating the oxygen content of the gas in the pyrolysis furnace. The pyrolysis furnace is an indirectly heated rotary kiln, comprising at least one elongated rotary tube forming the receptacle for CFRP material to be processed, which is in communication with the inlet station and the discharge station. The rotary tube is provided with outlet openings at least on a part of its length on its mantle for the discharge of pyrolysis gas and an externally insulated housing at least partially surrounds the rotary tube, with passages for the inlet station and optionally also for the discharge station and discharge lines for the pyrolysis gas. Independent claims are also included for: recovering carbon fibers from carbon-fiber-containing plastics, preferably carbon-fiber-reinforced plastic materials (CFRP materials), preferably from carbon-fiber-containing and/or carbon-fiber-reinforced composites, comprising subjecting the object based on a plastic material containing carbon fibers, which comprise a plastic matrix to a multi-stage pyrolysis in the presence of oxygen, decomposing the plastic matrix during pyrolysis of plastic; recycled carbon fibers, obtainable by the above mentioned process; and plastics materials or cementitious systems, comprising recycled carbon fibers.

The invention **CN103753830 (A)** provides a forming process for an annular carbon fiber composite material pull rod and belongs to the field of a forming process of a composite material. In the forming process provided by the invention, band winding, mould pressing and curing are carried out by adopting a carbon fiber prepreg tape, so that the annular carbon fiber composite material pull rod can be manufactured. The forming process provided by the invention can be used for strictly

controlling the content of resin in a product and reducing the porosity; the forming process has the advantages of good size stability of workpieces, strong bearing capacity and good low-temperature resistance, and can be used for a long term at a temperature of -55 DEG C. In the forming process provided by the invention, T700-level carbon fiber epoxy resin-based prepreg is adopted; the thermal expansion coefficient is 0.046-0.10 time as much as that of a glass fiber composite material; the annular pull rod made of the material has the advantages of relatively high bearing capacity and size stability.

The present invention by patent **KR101859862 (B1)** provides a method for manufacturing pyrolysis fuel oil (PFO)-based mesophase binder pitches, which comprises: a primary heat treatment step performed at 350 to 370°C; and a secondary heat treatment step performed at 380 to 420°C, wherein heat treatments in the secondary heat treatment step are performed at different temperatures to have different softening points. In addition, the present invention provides a method for manufacturing a carbon/carbon composite material, comprising the following steps of: manufacturing PFO-based mesophase binder pitches; mixing 10 to 30 parts by weight of the mesophase binder pitches with 100 parts by weight of phenol resin; immersing the phenol resin, in which the mesophase binder pitches are immersed, in a carbon fiber to manufacture prepreg having 60 to 70 wt% of carbon fiber content and to dry the same; manufacturing a primary composite material by heating/compressing the prepreg; and carbonizing the primary composite material. Also, the present invention provides a carbon/carbon composite material manufactured by the method described above.

The utility model by padiscloses carbon/carbon composite material brake disc preparation equipment based **CN209602394 (U)** on a rapid deposition process. The device comprises a high-temperature vapor deposition furnace body and a graphite or carbon/carbon composite material tool in the furnace body, the internal space of the furnace body is divided into a gas preheating area and a gas deposition area by a graphite or carbon/carbon composite material tool; the gas preheating area can be located on the upper portion or the lower portion of the furnace body according to different gas inlet positions, and the gas preheating area is communicated with the gas inlet hole and one or more gas inlet columns arranged in the gas deposition area through a graphite or carbon/carbon composite material pipeline. According to the preparation method realized

by the utility model, by controlling the distribution of a speed field, a gas concentration field and a temperature field in the deposition process, the densification process of pores of the prefabricated body is effectively controlled while the CVI process period is greatly shortened, so that the density of the carbon/carbon composite material is effectively controlled.

Patent **CN220337561 (U)** describes the utility model relates to the technical field of flow limiting of valve body air outlet, in particular to a valve body air outlet assembly with a flow limiting function, which comprises a valve body, a second air outlet pipe body is in threaded connection with the upper portion of the valve body, and a first air outlet pipe body is in threaded connection with one side of the second air outlet pipe body. An air outlet pipe filter element is in threaded connection with the inner side of the second air outlet pipe body, an air outlet pipe inner filter screen sleeve is installed on the outer surface of the air outlet pipe filter element, a filter element metal plug is connected to the bottom end of the air outlet pipe filter element, and an air outlet pipe connecting bolt is in threaded connection with the interior of the first air outlet pipe body; according to the hydrogen storage tank, the possibility that air enters the tank in the conveying process is reduced, the content of gas impurities in the hydrogen storage tank is reduced, the flow limiting effect during output and input of the hydrogen storage tank is improved, the purity of hydrogen in the tank is also improved, and the service life of the hydrogen storage tank is prolonged. And the use is more convenient.

The utility model (patent **CN220337589 (U)** discloses a dustproof and waterproof pilot-operated type electromagnetic valve, which belongs to the technical field of electromagnetic valves, and comprises a valve body, an electromagnetic valve structure is inserted on the valve body, the electromagnetic valve structure comprises an electromagnetic valve static iron core, the electromagnetic valve static iron core is in threaded connection with an electromagnetic coil locking nut, and the electromagnetic coil locking nut is in threaded connection with the electromagnetic valve static iron core. The electromagnetic valve static iron core is further sleeved with an electromagnetic coil, a locking nut is arranged on the inner side of the top of the electromagnetic valve static iron core, the top of the electromagnetic valve static iron core is in threaded connection with an ejector pin sleeve through the locking nut, the ejector pin sleeve abuts against the electromagnetic valve static iron core, a groove is formed in the ejector pin sleeve, and an ejector pin is arranged

in the groove. A plastic seal is further arranged at the bottom end of the ejector pin and abuts against the ejector pin, and an electromagnetic valve movable iron core is arranged at the bottom of the plastic seal. By arranging the air inlet pipe, the electromagnetic coil sealing ring, the electromagnetic coil locking nut and the Y-shaped check ring, the dustproof and waterproof effects of the electromagnetic valve structure are ensured, the electromagnetic valve structure is prevented from being influenced by the outside, and the sealing efficiency is improved.

The utility model (patent **CN220337483 (U)** discloses a hand-operated valve with good sealing performance, which belongs to the technical field of hand-operated valves and comprises a valve body, the bottom of the valve body is in threaded connection with a hand-operated valve body, a sealing ring is arranged between the hand-operated valve body and the valve body, the hand-operated valve body is in threaded connection with a hand-operated valve outer nut, and the hand-operated valve outer nut is in threaded connection with the valve body. A manual valve outer nut gasket is further arranged on the manual valve outer nut, a manual valve outer quadrangular bolt is arranged in the manual valve body, an inner hexagon of the manual valve body is connected with a manual valve sleeve, and a manual valve outer nut Y-shaped sealing ring is arranged between the manual valve outer nut and the valve body. A manual valve external anti-disassembly ring is arranged below the manual valve external nut; according to the utility model, the manual valve body sealing ring and the manual valve outer quadrangular bolt sealing ring are arranged to respectively seal two passages through which hydrogen in the valve body leaks outwards; the manual valve plastic plug and the valve body form end face sealing; the manual valve outer nut sealing ring and the manual valve outer nut Y-shaped sealing ring play a dustproof and waterproof role.

The utility model (patent **CN220180210 (U)** discloses a demoulding tool for a C-shaped I beam, which relates to the technical field of product demoulding and comprises an upper bottom plate and a lower bottom plate which can move relatively, and bolt holes for fixing a forming tool are formed in the upper bottom plate and the lower bottom plate. According to the C-shaped I-beam demoulding device, secondary damage of the C-shaped I-beam during demoulding is effectively avoided, and the quality of the C-shaped I-beam is guaranteed.

The utility model (patent **CN220119149 (U)** relates to the technical field of gas inlet and outlet of a hydrogen storage tank combined cylinder valve, in particular to an inlet and outlet assembly of a hydrogen storage tank combined cylinder valve, which comprises a fixing bolt, one side of the fixing bolt is connected with a detachable shell, a filter screen is arranged in the detachable shell, an inner cavity is arranged on the outer side of the filter screen, a sliding valve core is movably connected in the inner cavity, and the sliding valve core is arranged in the detachable shell. An inner groove is formed in the sliding valve element, a hole is formed in the inner wall of the inner groove, a ventilation piece is installed in the hole, and a micro hole is formed in the outer side of the ventilation piece. The possibility that impurities block a filter screen after gas is input into the device for a long time is reduced, the situation that airflow needs to flow through the valve when entering/flowing out of a hydrogen tank is improved, the rapid filling and limiting functions are achieved, it is guaranteed that hydrogen cannot excessively flow into downstream equipment, the cleaning effect of the impurities in the device is improved, and the purity of the gas is improved.

A lot of patents belong companies from South Korea & China; these countries are leading in productions and applications the carbon based composites

3.7. Modern Research & Patents on Graphene

Graphene is a single layer (monolayer) of carbon atoms, tightly bound in a hexagonal honeycomb lattice. It is an allotrope of carbon in the form of a plane of sp2-bonded atoms with a molecular bond length of 0.142 nanometres. Layers of graphene stacked on top of each other form graphite, with an interplanar spacing of 0.335 nanometres.

The separate layers of graphene in graphite are held together by van der Waals forces, which can be overcome during exfoliation of graphene from graphite. Graphene is the thinnest compound known to man at one atom thick, the lightest material known (with 1 square meter weighing around 0.77 milligrams), the strongest compound discovered (between 100-300 times stronger than steel with a tensile strength of 130 GPa and a Young's modulus of 1 TPa – 150,000,000 psi), the best conductor of heat at room temperature (at $(4.84\pm0.44) \times 10^3$ to $(5.30\pm0.48) \times 10^3$ $W \bullet m^{-1} \bullet K^{-1}$) and also the best conductor of electricity known (studies have shown electron mobility at values of more than 200,000 $cm^2 \bullet V^{-1} \bullet s^{-1}$).

A thin flake of ordinary carbon, just one atom thick, lies behind the 2010 Nobel Prize in Physics. Andre Geim and Konstantin Novoselov have shown that carbon in such a flat form has exceptional properties that originate from the remarkable world of quantum physics (1). More than 1000 patents on graphene were applied in word for last years. I would like to describe below new patents on this field.

HYBRID GRAPHENE NANOPLATELETS AND GLASS FIBERS POLYMER COMPOSITES – **WO2024038416 (A1)**. Provided is a polymer composite reinforced with graphene nanoplatelets and glass fibers, which may be prepared by injection molding. Molecular interactions between the graphene nanoplatelets and the glass fibers result in improved mechanical performance in the polymer composite. Synergistic effects are observed when the concentration of the glass fibers is over 20% and the concentration of the graphene nanoplatelets is between about 0.25% and about 1%.

CORE-SHELL GRAPHENE-CONTAINING MICROCAPSULES AND METHOD OF MAKING – **WO2024038403 (A1)**. The present disclosure provides methods of forming graphene-containing microcapsules (200), which may include steps of providing a graphene-containing precursor (204), combining the graphene-containing precursor (204) with a drying oil (202) such that the drying oil (202) is intercalated within the graphene-containing precursor (204) to form a graphene-containing aggregate, adding the graphene-containing aggregate to an aqueous solution comprising an emulsifier, and adding an encapsulating agent to form graphene-containing microcapsules (200). The graphene-containing microcapsules (200) of the present disclosure may be used in numerous applications including in self-healing materials.

Graphene varactor including ferroelectric material – US11908901 (B1). A varactor may include a gate electrode; a graphene layer; and a ferroelectric layer between the gate electrode and the graphene layer.

CARBON-BASED CONDUCTING INKS – **AU2022338190 (A1)**. The invention provides electrically conductive films containing graphene nanoplatelets packed in asubstantially Apollonian manner. The films may also comprise carbon nanotubes in order to improve theirconductivity. The invention also provides liquid compositions that can be used to print the electrically conductive films described herein.

ENERGETIC FORMULATIONS CONTAINING EPOXY-MODIFIED GRAPHENE OXIDE – **AU2022322000 (A1)**. An energetic formulation includes graphene oxide functionalized with a molecule containing at least one epoxy group. The graphene oxide may include at least one functional group containing nitrogen between a graphene sheet and the at least one epoxy group. The epoxy group may be sourced from a hydrocarbon compound containing a plurality of epoxy groups. The functionalized graphene oxide may be coated onto ammonium perchlorate. The functionalized graphene oxide is used as a stand-alone energetic material in powder form, mixed as powder in a liquid fuel, or mixed as a powder in a solid fuel.

METHODS OF GRAPHENE PRODUCTION & COMPOSITIONS THEREOF – **AU2022315240 (A1)**. Provided herein compositions of activated graphene oxide (AGO) and activated reduced graphene oxide (ARGO) and methods of producing thereof. The AGO and ARGO provided herein exhibit high surface areas and conductivities, and the methods herein enable facile production at large scale.

BUILD MATERIALS HAVING A POWDER MIXTURE COMPRISING GRAPHENE, METHODS OF PRODUCING ARTICLES THEREFROM, AND ARTICLES PRODUCED THEREWITH – **US2024058862 (A1)**. Methods and build materials are provided for producing articles with additive manufacturing processes. The methods comprise providing a build material comprising a powder mixture of about 95.0 wt. % to about 99.95 wt. % metallic powder and about 0.05 wt. % to about 5.0 wt. % graphene powder and performing an additive manufacturing process to produce the article from the build material. The graphene powder comprises nanoplatelets having between 1 and 30 layers of graphene.

METHOD FOR MAKING A PHOTOCATALYST AND TREATING DI CONTAMINATED WATER – **US2024058798 (A1)**. An efficient photocatalyst nanocomposite comprising reduced graphene oxide, noble metal, and a metal oxide prepared by a one-step method that utilizes date seed extract as a reducing and nanoparticle determining size agent. The photocatalyst of the invention is a more effective sunlight photocatalyst than that prepared by traditional method in the photo decomposition of organic compounds in contaminated water.

CATALYST COMPONENT FOR ZIEGLER-NATTA OLEFIN POLYMERISATION CATALYST PRODUCTIVITY – **US2024059804 (A1)**. Graphene oxide (GO)/silica (SiO2) supported Ziegler-Natta (Z-N) catalysts are described. The catalyst includes a Z-N catalyst attached to a GO/SiO2 support. The GO/SiO2 support has a weight ratio of GO:SiO2 of greater than 1:5 and includes least 25 mol. % oxygen (O) atoms. Methods of making the catalyst and use of the catalyst in alpha-olefin polymerisation reactions are also described.

Graphene-Based Antiviral Polymer – **US2024059231 (A1)**. An antiviral material is provided. The antiviral material includes a polymeric matrix and graphene particles dispersed in the polymeric matrix at a concentration of greater than or equal to about 0.05 wt. % to less than or equal to about 10 wt. % based on the total weight of the antiviral material, wherein the antiviral material exhibits antiviral activity. Methods of making the antiviral material and uses of the antiviral material are also provided.

IGH POWER PPTC HEATER FOR LOW LIMITING TEMPERATURE OPERATION – **US2024064868 (A1)**. A resistance heater may include a polymer positive temperature coefficient (PPTC) material, arranged in a PPTC body defining a heater main surface. The PPTC material may include a polymer matrix, the polymer matrix defining the PPTC body, and a graphene filler component, disposed in the polymer matrix. The resistance heater may include an electrode assembly, comprising a first electrode and a second electrode arranged in contact with the heater body at two or more locations, a first lead, connected to the first electrode, and a second lead, connected to the second electrode. As such, the electrode assembly may define a current path between the first lead and the second lead, the current path comprising a first portion, extending along the heater main surface, and a second portion, extending through the heater body.

GRAPHENE TRANSISTOR AND METHOD OF MANUFACTURING A GRAPHENE TRANSISTOR – **US2024063289 (A1)**. The present invention provides a method of manufacturing a graphene transistor 101, the method comprising: (a) providing a substrate having a substantially flat surface, wherein the surface comprises an insulating region 110 and an adjacent semiconducting region 105; (b) forming a graphene layer structure 115 on the surface, wherein the

graphene layer structure is disposed on and across a portion of both the insulating region and the adjacent semiconducting region; (c) forming a layer of dielectric material 120 on a portion of the graphene layer structure which is itself disposed on the semiconducting region 105; and (d) providing: a source contact 125 on a portion of the graphene layer structure which is itself disposed on the insulating region 110; a gate contact 130 on the layer of dielectric material 120 and above a portion of the graphene layer structure which is itself disposed on the semiconducting region 105; and a drain contact 135 on the semiconducting region 105 of the substrate surface.

PREPARATION METHOD FOR BISMUTH ION FUNCTIONAL GRAPHENE AGRICULTURAL FILM – **WO2024037657 (A1)**. The present invention provides a preparation method for a bismuth ion functional graphene agricultural film, comprising the following steps: mixing: putting an oil-based bismuth ion graphene material and plastic granules into a blender for blending, and drying after the blending to obtain a mixture for later use; granulation: adding the mixture into an extruder, melting, mixing, extruding, cooling, pelletizing, and drying to obtain functional masterbatches; and film blowing: adding the functional masterbatches into a film blowing machine for film blowing to obtain a bismuth ion functional graphene agricultural film. The bismuth ion functional graphene agricultural film has a better heat insulation effect when being used as a greenhouse film, and can kill bacteria and harmful viruses on the ground when being used as a mulch film and a waterproof base film; moreover, bismuth ions effectively inhibit harmful fungi from infecting plant roots, and also achieve the function of preventing groundworm infestations.

FUEL CELL GRAPHENE-BASED MATERIAL FOR CAPTURING CATALYST PARTICLES – **US2024063402 (A1)**. A fuel cell catalyst layer includes a catalyst support, a catalyst material, and a graphene-based material. The catalyst material includes catalyst particles in an atomic form at a beginning of operation or life of the fuel cell catalyst layer. The graphene-based material includes defects capturing dissolved particles ionized from the atomic form after the beginning of operation or life of the fuel cell catalyst layer.

NEGATIVE ELECTRODE, PREPARATION METHOD THEREFOR, AND APPLICATION THEREOF – **US2024063361 (A1)**. The present disclosure provides a negative electrode, a preparation method therefor, and an application thereof. In the process of preparing a negative electrode of the present disclosure, a graphite material is mixed with a graphene-coated silicon-oxygen material, and the graphene-coated silicon-oxygen material is prepared by means of spray drying. The present disclosure not only uses the advantages of graphite in cycle life and low-temperature capacity retention, but also makes full use of the advantages of the silicon-oxygen material, thereby reducing the areal density and compaction density of a negative electrode, thereby significantly improving the cycle life of a battery.

METHOD FOR PREPARING GRAPHENE-GOLD COMPOSITES FOR THE ELECTROCHEMICAL SENSING OF URIC ACID IN FLUIDS AND URINE. – **MX2021012265 (A)**. The present invention discloses manufacturing methods of nanometric graphene-Au materials obtained from high shear cleavage (graphene nanoplatelets) and doped with gold nanoparticles obtained from in situ chemical reduction of HAuCl4 trihydrate in different ratios. The method uses other reducing agents in an alkaline medium, such as ascorbic acid or ethylene glycol, successfully used in the electrochemical quantification of uric acid, obtaining high sensitivities in the direct quantification of uric acid in untreated urine samples.

VEHICLE HARD SURFACE COMPOSITION CONTAINING GRAPHENE. – **MX2022010183 (A)** – A vehicle hard surface cleaning composition is provided that includes a surfactant present from 0.1 to 8.0 total weight percent, a hydrotrope present from 0.1 to 3.0 total weight percent, a wetting agent present from 0.1 to 5.0 total weight percent, a protectant present from 0.01 to 17 total weight percent, and a diluent making up a remainder of the composition. A method of cleaning a vehicle hard surface include applying the composition thereto and washing the composition therefrom to leave a residue of graphene or graphene oxide.

CATION EXCHANGE MEMGRANE FOR ELECTROLYSIS BASED GRAPHENE OXIDE GRAFTED NAFION AND WATER ELECTROLYSIS SYSTEM THEREOF – **KR20240019589 (A)**. The present invention relates to a branched copolymer proton exchange membrane comprising a Nafion-grafted graphene oxide, and a water

electrolysis system using same. The present invention provides excellent chemical stability due to comprising fluorene, which is stable to radicals, and having a polymer main chain entirely consisting only of C-C bonds, and the manufactured composite membrane has improved hydrogen ion conductivity by comprising a modified graphene oxide.

Semiconductor device with composite conductive features and method for fabricating the same – **TW202339158 (A)**. The present application discloses a semiconductor device and a method for fabricating the semiconductor device. The semiconductor device includes a first semiconductor structure and a first connecting structure, wherein the first connecting structure includes a first connecting insulating layer positioned on the first semiconductor structure, two first conductive layers positioned in the first connecting insulating layer, and a first porous layer positioned between the two first conductive layers. A porosity of the first porous layer is between about 25% and about 100%. The first semiconductor structure includes a plurality of first composite conductive features, wherein at least one of the plurality of first composite conductive features includes a first protection liner, a first graphene liner in the first protection liner and a first core conductor in the first graphene liner.

Composite material including three-dimensional (3D) graphene – **TW202340387(A)**. A composite material includes a combination including a thermoplastic resin mixed with a polypropylene-graft-maleic anhydride (PPgMA), and a plurality of carbon particles mixed in the combination. The plurality of carbon particles may include a first region having a relatively low concentration of carbon particles, and a second region having a relatively high concentration of carbon particles. In some instances, at least some of the plurality of carbon particles have exposed carbon surfaces with carbon atoms oxidized with one or more oxygen-containing groups and bonded to molecular sites on adjacent PPgMA molecules, wherein at least some of the plurality of carbon particles are formed from one or more of a plurality of interconnected crinkled 3D graphene sheets or a plurality of non-hollow carbonaceous spherical particles (NHCS). In some aspects, composite material includes between 80 wt% and 90 wt% of the thermoplastic resin between 0.5 wt% and 15 wt% of the PPgMA, and between 0.1 wt% to 7 wt% of the plurality of carbon particles. The composite material may also include a plurality of pores, formed in the combination, and configured to be infiltrated by the PPgMA.

Cement compositions with 3D graphene carbons – **TW202340116 (A)**. Cement compositions including ordinary Portland cement, a secondary cementitious material (SCM) including one or more of pozzolan, metakaolin, limestone, or gypsum in an amount corresponding to at least approximately 70% replacement level of ordinary Portland cement, and between about 0.05% bwoc and 2% bwoc of aggregates of 3-dimensional graphene (3DG) carbons. The cement compositions regulate nucleation and time-lapsed growth of calcium silica hydrates during initial hydration. The 3DG carbons include one or more of graphene nanoplatelets orthogonally joined to each other to form a 3D porous graphene scaffold structure. The 3DG carbons may also include a plurality of aggregates of carbon nanoparticles characterized by a plurality of porous concentric shells including graphene, where each shell encloses a porous carbon region and an interconnected porous network disposed in each carbon region and in fluid communication with contiguous carbon regions.

Composite substrate, laminate, method for producing composite substrate, and method for producing laminate – **TW202339947 (A)**. A composite substrate according to the present invention is for production of a graphene film, and comprises, in the following order, a substrate which has a thermal expansion coefficient of not more than 2.0*10-6(K^{-1}), an oxide film, and a metal film containing Cu or Ni, wherein, in a chart obtained by XRD measurement of the metal film with a [Theta]-2[Theta] method, a prescribed diffraction peak is observed and a diffraction peak other than the prescribed diffraction peak is unobserved, or the intensity of the diffraction peak other than the prescribed diffraction peak is not more than 1/10 of the intensity of the prescribed diffraction peak.

LIGHT EMITTING ELEMENT, DISPLAY DEVICE, METHOD FOR PRODUCING LIGHT EMITTING ELEMENT, AND METHOD FOR PRODUCING DISPLAY DEVICE – **WO2024034018 (A1)**. A light emitting layer (24REM) provided in a light emitting element comprises: a nanoparticle layer (31) including nanoparticles (QD); and graphene layers (30, 32) that are in contact with the nanoparticle layer (31) and each contain a graphene oxide (GRO) having a functional group which has a property of coordinating with the nanoparticles (QD).

LASER-INDUCED GRAPHENE AND PREPARATION METHOD THEREFOR – **WO2024032649 (A1)**. The present invention provides laser-induced graphene and a preparation method therefor. In the method, a laser is used to irradiate a cellulose composite precursor-containing LIG substrate so as to prepare a graphene composite material. The specific implementation method comprises: preparing the cellulose composite precursor-containing LIG substrate, and irradiating a precursor with the laser. The precursor may be graphene oxide, polyimide, or lignin. The present invention further provides a flexible graphene composite material, which comprises a substrate layer and a graphene functional layer. The graphene functional layer is attached to the surface of the substrate layer. The graphene functional layer comprises laser-induced graphene and has a three-dimensional pore channel structure. In the structure of the graphene-layered composite material, part of cellulose is connected to the substrate layer and the graphene functional layer, and the part thereof entering the graphene functional layer is converted into carbonized cellulose; molecules of the part of cellulose and the carbonized cellulose are intertwined with each other to form a net-shaped structure, and the laser-induced graphene is nested in the net-shaped structure.

GRADIENT TERNARY POSITIVE ELECTRODE MATERIAL, PREPARATION METHOD THEREFOR AND USE THEREOF – **WO2024031911 (A1)**. Provided in the present application are a gradient ternary positive electrode material, a preparation method therefor and the use thereof. The preparation method comprises the following steps: (1) mixing a nickel source and a manganese source with a solvent to obtain a solution A, mixing a cobalt source and a solvent to obtain a solution B, adding the solution A, liquid caustic soda and ammonia water into a base solution at the same time for a reaction, and after the particle D50 reaches 5-8 μm, changing solution A to solution B and continuing the reaction to obtain a cobalt-coated nickel-manganese binary precursor; and (2) mixing the cobalt-coated nickel-manganese binary precursor with a lithium source, then carrying out sintering treatment to obtain an inner-core material, and by means of taking a liquid organic matter as a carbon source, coating the surface of the inner-core material with graphene by using an atomic layer deposition method, so as to obtain the gradient ternary positive electrode material. The concentration of cobalt metal in the gradient ternary positive electrode material gradually increases from inside to outside, so that the rate capability and structural stability of the

material are improved; the single-layer graphene coating improves the rate capability and cycle performance of the material to the maximum extent.

PROCESS FOR PRODUCING A MATERIAL COMPRISING GRAPHENE AND/OR GRAPHITE ON A MATRIX, AND MATERIALS PREPARED THEREFROM – **WO2024031194 (A1)**. The present document relates to a process for the preparation of a material containing graphene grown in situ on a matrix from a carbon source, the process comprising at least one thermal treatment carried at a temperature of at least 550°C, for instance between 550°C and 1400°C, wherein the process does not include injection of external hydrogen or an inert gas.

ENERGY COLLECTION WITH RADIOACTIVE MATERIAL – **WO2024030156(A1)**. An energy collection system may collect and use the energy generated by an electric field. Collection fibers are suspended from a support system. Radioactive material is placed on or near the collection fibers. The support system is electrically connected to a load by a connecting wire. The collection fibers may be made of any conducting material, but graphene, carbon and graphite.

FILM FORMING METHOD AND FILM FORMING APPARATUS – **JP2024019774(A)**. This film forming method comprises: a step for preparing a substrate which comprises a first film that has a first surface and a second film that is different from the first film and has a second surface; a step for selectively forming a graphene-containing film on the second surface; a step for subjecting the substrate after the formation of the graphene-containing film to processing by means of a hydrogen-containing plasma; and a step for selectively forming an object film on the first surface.

Graphene is a very beneficial material and has many applications, but the many applications but the prominent ones are mentioned below (2): The most famous application of graphene is considered to be the manufacturing of the robot suits. These are the costumes which are specially designed for the soldiers, and they tend to have the potential to fight against any attack yet stay safe. It is also very helpful in one of the issues of today that is the environmental deterioration problem. It keeps one safe from all those hazards too.

Graphene could help reduce the energy cost of producing heavy water and decontamination in nuclear power plants by over one hundred

times compared with current technologies(3). Producing heavy water which needed by the nuclear industry to generate clean-energy is an expensive process. Because of graphene's unique material properties it has the potential to effectively separate sub-atomic particles making this process more efficient and cost-effective.

References:

1. Figovsky Oleg. О двухмерной формы углерода – графене замолвим мы слово. Agency "Proatom", 18.7.2023.

2. Applications of Graphene in The Military. URL: https://www.eda.europa.eu/docs/default-source/eda-factsheets/factsheet_graphene-applications-for-defence.

3. Graphene membranes can make nuclear industry greener. URL: https://www.manchester.ac.uk/discover/news/graphene-membranes-can-make-nuclear-industry-greener/, 9 May 2017

3.8. Review of patents on fire-protection

Basic cyclocarbonate oligomers are formed by bubbling carbon dioxide through epoxy liquid oligomers in the presence of a catalyst, and by interacting oligomeric chlorohydrin ethers with carbonates of alkaline metals or oligomeric polyols with an ester (chloride) of carbonic acid. The new method of synthesis of advanced cyclocarbonates is desctibed by authors. The main syntheses of cyclocarbonates are given by Clements J. [18]. Multi-alkylene carbonates are prepared from epoxy resins via CO_2 insertion. An example is the insertion of the 3 mol of CO_2 into Heloxy Modifier 84 (Shell), a trifunctional epoxy-terminated polyoxypropylen based on glycerin. The result is the trifunctional alkylene carbonate. Basic cyclocarbonate oligomers are formed by bubbling carbon dioxide through epoxy liquid oligomers in the presence of a catalyst, and by interacting oligomeric chlorohydrin ethers with carbonates of alkaline metals or oligomeric polyols with an ester (chloride) of carbonic acid. The main syntheses of cyclocarbonates are given by Clements J. Multi-alkylene carbonates are prepared from epoxy resins via CO_2 insertion. An example is the insertion of the 3 mol of CO_2 into Heloxy Modifier 84 (Shell), a trifunctional epoxy-terminated polyoxypropylen based on glycerin.

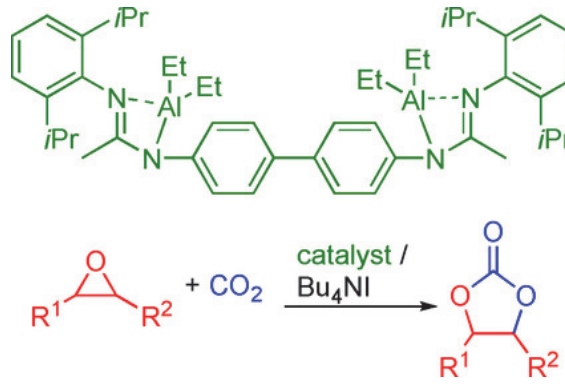


Fig. 3.1. Synthesis of disubstituted cyclic carbonates from internal epoxides in the presence of aluminum amidate complexes

The synthesis of a wide range of cyclic carbonates from epoxides based on unsaturated acids and CO_2 was efficiently carried out using a lanthanum catalyst. The versatility of this catalyst was confirmed by the synthesis of eleven monosubstituted cyclic carbonates and a bis-cyclic carbonate obtained from epoxidized fatty acid waste products. Then some of the synthesized carbonates were used to obtain polyhydroxy urethanes by reaction with 1,4-diaminobutane.

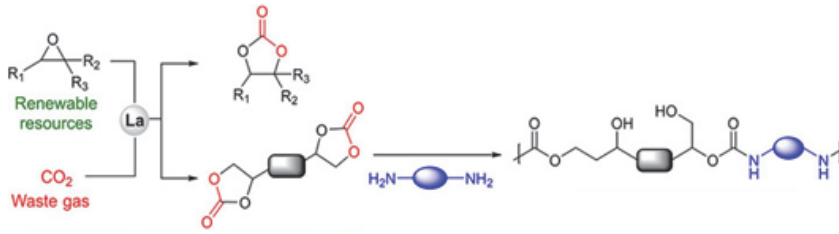


Fig. 3.2. Synthesis of polyhydroxy urethanes

The synthesized foams are high density elastic foams and their structure and thermal properties depend on the degree of crosslinking provided by the difference in cyclic carbonate functionality and amine structure – see **scheme 5.**

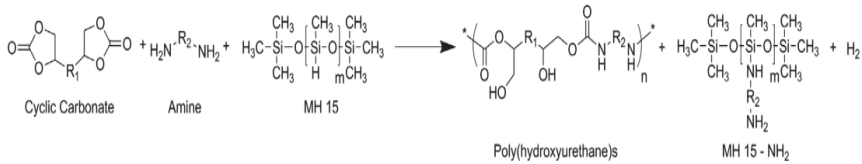


Fig. 3.3. General scheme for the formation of NIPU foam by the reaction between cyclic carbonate, amine and MH 15

Supercritical CO_2 technology has also been applied to produce foamed NRPU. To this end, cyclocarbonates based on polyethylene glycol diglycidyl ether and epoxidized soybean oil (ESBO) were obtained by CO_2 cycloaddition using a two-component organocatalyst consisting of salt and fluorinated alcohol. NIPU was obtained by stepwise melt polymerization with a biologically derived amine-active oligoamide. Finally, NIPU foams with fine pores (1–20 μm), low density (d ≈ 110 kgm^3), and rather low thermal conductivity (λ = 50 MW m^{-1} K) were obtained by a two-stage periodic foaming method. The method consists of impregnation of NIPU samples with carbon dioxide under supercritical conditions before their expansion at a temperature of 80 °C. In the same year, a versatile process was introduced to produce 100% plant-based NIPU flexible foams obtained by curing mixtures of trimethylolpropane-based cyclic carbonates (TMPGC/EO-TMPGC) with HMDA. Freon (Solkan 365/227) was used as an environmentally friendly blowing agent. Blending the flexible EO-TMPGC with the rigid TMPGC significantly improved the handling of the NIPU foam and allowed full control over the properties of the NIPU foam -see the scheme 6. With an increase in the content of EO-TMPGC, the viscosity of the carbonate mixture decreased, which was accompanied by a decrease in the glass transition temperature of NIPU. Thus, it is possible to obtain flexible bio-based NIPU foams for car seats using carbonate mixtures with a composition of 60 wt. % TMPGC and 40 wt. %EO-TMPGC. **Scheme 6**.Presented NIPU flexible foam showed a low density of 83 kg/m^3

Flexible NIPU foams have a very good hysteresis value of 13.3% combined with a hardness of 3.0 kPa. Unlike modern NIPU blowing agents and silicon-based chemical blowing agents, fluorocarbons are not incorporated into the polymer structure, do not require high pressure, and do not release flammable hydrogen. Since the properties of NIPC are

determined solely by the composition of the mixture of carbonates, mixing different carbonates eliminates the need to include less reactive long chain diamines such as Priamine 1047 or Jeffamine, which can cause side reactions due to longer reaction times.

Partially self-inflating and self-curing biobased polyurethane foam from glucose-based non-isocyanate precursors (g-NIPU) was prepared by the reaction of glucose with dimethyl carbonate and hexamethylenediamine . In this work, g-NIPU-based self-inflating foam was prepared at room temperature using maleic acid as an initiator and glutaraldehyde as a cross-linking agent. The resulting self-inflating rigid foams have good resilience, which is directly proportional to the density of the foam. Increasing the amount of glutaraldehyde or decreasing the amount of maleic acid thickens the cell walls and increases the density of the foam.

The first industrial production of NIPU was founded by "Nanotech Industries, Inc." (USA, California). For the development and development of industrial production of non-isocyanate polyurethanes and hybrid materials based on them, the company received the Presidential Green Chemistry Challenge Award in 2015. The award-winning work was carried out under the guidance of the author of the book, at that time director of science and development at Polymate Ltd, Professor Oleg Figovsky. The industrial technology for producing coatings, monolithic floors and foamed polyurethanes that do not contain toxic and carcinogenic isocyanates at all stages of the technological process was also created there for the first time.In the process of developing "green technology", Polymate Ltd. has developed several cutting-edge technologies protected by more than 10 US, European and Canadian patents. Non-isocyanate polyurethanes are obtained by the reaction of oligomeric cyclocarbonates, including those based on vegetable oils and oligomeric primary amines. Such polyurethanes have high strength, impact and wear resistance, as well as hydrolytic stability. The topic of environmentally friendly industrial nanotechnologies is the main research topic of the Polymate International Nanotechnology Research Center (Israel), which has created more than ten such technologies protected by US patents.

Today, NIPU is being extensively tested and developed in the United States by order of the Department of Defense USA. The objective of this project is to develop and evaluate innovative non-isocyanate

polyurethane (NIPU) coating systems for environmentally sustainable rain erosion resistant coatings that meet or exceed the performance requirements specified in SAE AMS-C83231A, as well as some required performance properties in accordance with MIL-PRF-32239. The project will also develop a strategic transition plan for deploying this new technology in the field through joint development with industry partners and end users of US Department of Defense facilities

The invention **RO137404 (A2)** relates to a composite material with increased fire resistance intended for the protection of various materials, industrial and civil constructions by impregnation, coating or film-coating and to a process for preparing the same. The claimed composite material consists of the following components expressed in percentage by weight: 20.2...78% magnetized water, 0.2...6.7% lignin, 0.1...4.2% dextrin, 0.2...5% cellulose, 0.6...12% calcium carbonate, 3...16% potassium silicate, 1.4...28% sodium silicate, 8.5... 19.2% clinoptiloid, 3.8...12.5% perlite, 20.6...40.5% magnesium chloride and 0.5...2.1% carboxymethyl cellulose. The claimed process consists in making an aqueous suspension with a density between 1.43...1.47 g/cm3, a drain time, through a cup with a diameter of 4 mm, of at least 12... 14 sec and a pH between 11...12, which contains 4...6 parts by weight of sodium silicate associated with 1...1.5 parts by weight of ground talcum, dispersed in 4...6 parts by weight of water, with an addition consisting of siccativated linseed oil, boiled and saponified with sodium hydroxide, in a weight ratio of 10...15 : 6...20, followed by homogenisation of the mixture at a temperature between 10... 78°C, for 3...43 minutes, at a pressure between 0.3...2.2 bar.

A novel reaction system by patent US2023174799 (A1) can be used for intumescent coating. Intumescent coatings are used in particular for the protection of metallic building components, such as girders in building construction. In the event of a fire, such coatings undergo reactive foaming that results in the formation on the metal girder of a fireproof insulating layer having low thermal conductivity and, through the insulation that this creates, retards any early, thermal-induced failure of the building component. Resin systems having improved low-temperature flexibility can be used to ensure good metal adhesion and impact resistance even at low temperatures, while avoiding the polymer components that are otherwise customary in resin systems.

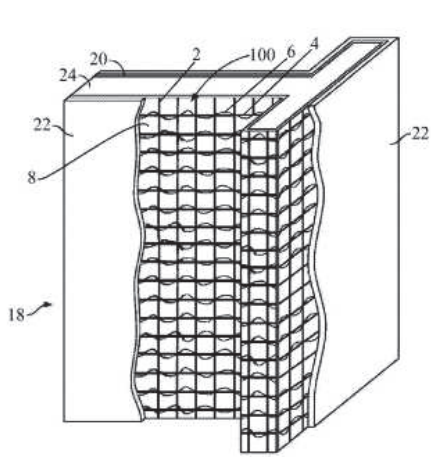
An innovative reactive resin system by US patent US2023120483 (A1) can be used for intumescent coating. Intumescent coatings are used in particular for fire protection of metallic components, such as girders in structural engineering. In a fire scenario, these coatings are reactively foamed and so form a fire-resistant insulating layer with low thermal conductivity around the metal girder, with the resultant insulation retarding premature failure of this component. The resin systems are prepared by an innovative process where the monomer fraction is polymerized only up to a maximum degree of 70%. The glass transition temperature of this polymeric component of the resultant composition is particularly low.

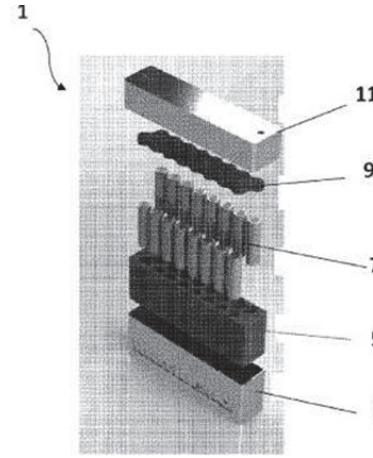
A chemical fiber paper tube with high flame retardance according to patent CN218909449 (U) relates to the field of chemical fibers and comprises a paper tube body, the paper tube body is composed of a paper tube inner core body, inner bobbin paper, an asbestos connecting layer, outer bobbin paper and a fire-resistant paper layer, the inner bobbin paper is fixedly mounted on the outer end face of the paper tube inner core body, and the asbestos connecting layer is fixedly mounted on the outer end face of the asbestos connecting layer. The inner bobbin paper and the outer bobbin paper are fixedly connected through the asbestos connecting layer. Firstly, primary heat insulation and flame retardance are carried out on the outer layer of the paper bobbin through the distributed round asbestos strips and the fire-resistant paper layer covering the surface of the paper bobbin; meanwhile, the polypropylene waterproof coating coated on the surface of the fire-resistant paper layer can effectively prevent water and prevent water vapor from permeating and damaging the paper tube, the flame retardant is distributed in the outer end area of the inner bobbin paper in the inner layer area, and the asbestos connecting layer is used for sealing and isolating, so that double-layer protection is formed by primary flame retardance of the outer layer, and the service life of the inner bobbin paper is prolonged. The flame-retardant property of the paper tube is greatly improved.

A composition by patent AU2021357566 (A1) for an intumescent coating comprising: (A) a binder system, comprising (a1) an alkoxy-functional organic polymer, which contains an alkoxy-functional silane group; and (a2) a styrene-acrylate copolymer, and (B) an intumescent composition, as well as its use as a coating, in particular a fire-protection coating is described.

The invention CN115851010 (A) provides an inorganic coating as well as a preparation method and application thereof. The inorganic coating is prepared from the following raw materials in parts by weight: 50 to 90 parts of alkali metal silicate, 100 to 180 parts of inorganic oxide nano sol, 80 to 150 parts of emulsion, 150 to 250 parts of aerogel water-based slurry and 3 to 5 parts of short fiber. The inorganic coating prepared by the invention has two functions of heat preservation, heat insulation and fire prevention, and has the advantages of better bonding strength, lower heat conductivity coefficient, environmental protection and energy conservation.

A fire protection coating and a fire barrier coated article by patent US2022412078(A1) are provided that comprise an inorganic binder and at least one inorganic filler, wherein the inorganic binder is selected from potassium silicate, sodium silicate, or a combination thereof, and wherein the at least one inorganic filler is selected from kaolin clay, talc, mica, mullite, phlogopite, muscovite montmorillonite, smectite, bentonite, illite, chlorite, sepiolite, attapulgite, halloysite, vermiculite, laponite, rectorite, perlite, and combinations thereof. The fire barrier article comprises flame resistant substrate layer having a first major surface and a second major surface, and a fire protection coating disposed on the first major surface of the flame resistant substrate layer.





A fire protection and insulation composition by patent WO2022255943 (A2) comprising: sodium and/or lithium silicate, and additional or other filler or binder material, wherein the composition, when applied to a said battery cell, acts as a thermally conductive coating at normal working temperatures of the battery cell, and wherein the sodium and/or lithium silicate undergoes hydrothermal crystallization into amorphous silica when exposed to higher temperatures such that the coating acts as a thermally insulative barrier for the battery cell, see the fig. 6 below.

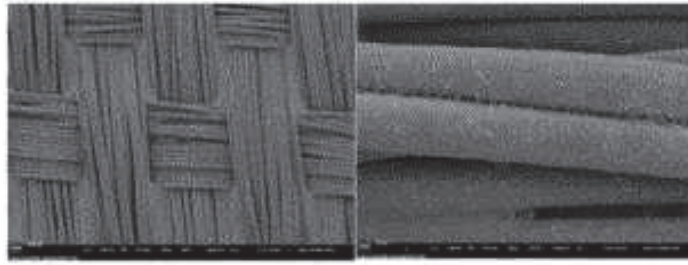
The utility model discloses by patent CN247117998U1 a sealed and coated anti-corrosion and fireproof composite coating structure which is arranged on the surface of a building engineering structure base body. The anti-corrosion and fireproof composite coating structure is sequentially provided with an MS sealant coating, a flexible finish paint coating, a flexible epoxy paint coating, a fireproof paint coating and a finish paint coating from inside to outside. According to the utility model, the technical problem of matched application of the fireproof paint coating and the MS sealant coating is solved, reliable application of the fireproof paint coating and the MS sealant coating as a composite structure in protection technologies of engineering fire prevention, corrosion prevention, sealing and the like is facilitated, and respective excellent performances of the fireproof paint coating and the MS sealant coating are fully exerted; shock resistance and fire resistance tests show that the composite coating is good in bonding performance and excellent in fire resistance, and the whole composite coating system can be used for surface sealing, corrosion prevention and fire prevention protection of various structures by means of the structural reliability and wide applicability of the composite coating system.

The invention CN115449266 (A) provides a building wall coating with thermal insulation and fireproof characteristics and a production method thereof, and relates to the field of building coatings. The building wall coating with the thermal insulation and fireproof characteristics is prepared from the following substances in parts by mass: 10-30 parts of an emulsion substrate, 0.01-0.05 part of an ultraviolet light absorber, 3-6 parts of cellulose, 1-2 parts of a carbon source, 60-80 parts of a premix, 0-0.5 part of an emulsion paint additive, 0-0.3 part of a film-forming agent, 0-0.2 part of a wetting agent, 0-0.05 part of a thixotropic agent, 0-0.4 part

of a thickening agent, 0-0.3 part of a dispersing agent and 0-2 parts of a defoaming agent. The coating is prepared from the following components in parts by weight: 0-20 parts of titanium dioxide, 0-0.02 part of propylene glycol, 0-0.03 part of superfine silicon powder, 0-0.3 part of a modifier, 0-250 parts of calcium carbonate powder, 0-0.6 part of glycerol, 0-0.3 part of a penetrating agent, 0-0.005 part of tributyl phosphate, 0-4 parts of silica sol, 0-0.2 part of a plasticizer, 0-60 parts of wollastonite powder and a certain amount of water. Heat is stored through a phase change energy storage material in the patent 2009100126263, and a composite heat storage flame-retardant coating is adopted on the premise of low carbon and environmental protection and based on foaming flame retardance.

The invention IE20200284 (A1) provides an intumescent water-based coating whose composition comprises defined percentages by weight of water, melamine, monopentaerythritol, ammonium polyphosphate, 5 acrylic copolymer, propylene glycol, antifoam, biocide, water soluble polycarboxylate, titanium dioxide, chlorinated paraffin, coalescent additive, and styrene acrylic copolymer.

The invention CN115368808 (A) discloses a water-based inorganic nano intumescent fireproof coating for a steel structure and a preparation method of the water-based inorganic nano intumescent fireproof coating for the steel structure, and the water-based inorganic nano intumescent fireproof coating comprises the following components and contents in parts by mass: a component A: 10-30 parts of water-based epoxy resin emulsion; 0.5-1 part of a foaming agent; 0.8 to 1.5 parts of a dispersant; 5-20 parts of a charring agent; 1-2 parts of a dehydration char-forming catalyst; 0.5 to 1.5 parts of an adhesion promoter; 3-6 parts of a chlorinated paraffin solution; 25 to 30 parts of deionized water; 3-6 parts of a curing agent; 0.3 to 1 part of a defoaming agent; a component B: 10-20 parts of expandable graphite; and 10-20 parts of an inorganic nano filler. According to the intumescent fireproof coating for the steel structure, the expandable graphite is added into the intumescent fireproof coating for the steel structure, and the expandable graphite is distributed in the intumescent carbon layer in a worm shape in a high-temperature state, so that the intumescent carbon layer has a more compact structure, the strength of the intumescent layer is improved, and the protection of the steel structure is better realized; the fire endurance of the steel structure is improved.



CN114872353 (A) discloses a preparation method and application of a flame-retardant electromagnetic shielding film based on waste nylon filaments, and the preparation method comprises the following steps: firstly, dissolving waste polyamide nylon filaments in a calcium chloride-methanol mixed solution until polyamide nylon is completely dissolved; ammonium polyphosphate is added into the slurry so as to increase the fire resistance of polyamide nylon and the viscosity of the coating slurry. The prepared coating slurry and the conductive filler are respectively treated on the surface of a polyamide nylon fabric to prepare the high-temperature-resistant electromagnetic shielding material with a sandwich structure. The technical means and method for preparing the multifunctional coating by using the waste silk material as the raw material are simple, the raw material is easy to obtain, the produced material can be converted into a pulping raw material for cyclic regeneration after reaching the service life, serious pollution of a large amount of waste to the environment is relieved, the waste is recycled, a large amount of energy loss is saved, and the production cost is reduced. The unique production and utilization advantages make it have important advantages in environmental protection.

The utility model (patent CN216704863U) provides a fireproof door frame putty coating machine, relates to fireproof door frame processing technical field, including processing table, fixed mechanism and coating mechanism, the screw rod screw thread is connected to the movable seat and slides along the top surface of processing table, the stand column is fixedly connected to the top of movable seat, the second motor is installed on the top of stand column, and the second motor is installed on the top of the stand column. The second lead screw is connected to the output end of the second motor, the lifting table is in threaded connection to the second lead screw, one ends of the clamping rods are slidably connected into the sliding rail, the multiple sets of clamping rods are arranged, the telescopic

rods are installed between the two sets of clamping rods on the same side, and the suction cups are fixedly connected to the sides, away from the telescopic rods, of the clamping rods. The distance between the clamping rods is adjusted through the telescopic rod assembly so that the clamping rods can abut against the inner side of the fireproof door frame, then the fireproof door frame is fixed by being matched with the suction cup, the fireproof door frame passes through the position between the two sets of brushing rollers in a lead screw transmission mode, putty coating can be rapidly completed, and the purpose of improving the machining efficiency is achieved.

An auxiliary frame structure of a fire fighting truck by patent CN216709424U) comprises an auxiliary frame front beam, an auxiliary frame rear beam and a group of auxiliary frame cross beams, the auxiliary frame front beam is provided with an auxiliary frame front beam cavity, and the auxiliary frame rear beam is provided with an auxiliary frame rear beam cavity. The auxiliary frame structure is characterized in that an auxiliary frame front beam standby operation hole and an auxiliary frame cross beam front fixing seat connecting hole are formed in the front wall body and the rear wall body of the auxiliary frame front beam, and an auxiliary frame rear beam standby operation hole and an auxiliary frame cross beam rear fixing seat connecting hole are formed in the front wall and the rear wall of the auxiliary frame rear beam; the front ends of the group of sub-frame cross beams are fixed with the rear side of the sub-frame front beam, and the rear ends of the group of sub-frame cross beams are fixed with the front side of the sub-frame rear beam. The method has the advantages that the requirements of standardization, generalization and serialization are met; welding stress is avoided, so that the front beam and the rear beam of the auxiliary frame are prevented from being damaged, and the influence of dust, waste gas and stimulation light generated by welding on the health of workers can be avoided; the front beam and the rear beam of the auxiliary frame have the same anti-corrosion coating effect inside and outside; the change requirement of the fire fighting truck chassis beam is met.

The invention CN114596686 (A) discloses a wide-area space fire sensing network system. A fire detection device and a fire monitoring system are redesigned and defined based on a brand new material technology. The method is especially suitable for prevention and safety of forest fire and other extreme environmental natural disasters.

In combination with a micro electro mechanical system technology, a wireless sensing technology and an embedded technology, 1) intelligentization, miniaturization, low energy consumption and low cost of a sensing terminal are realized; the distributed dynamic networking structure effectively balances the technical repulsion problem of two application ends of local high-density monitoring and wide-area all-directional protection, and solves the balance problem of performance, energy consumption, safety and cost of the system. A brand new technical framework and a safety scheme are provided for safety problems of fire early warning, protection and the like in an unmanned environment and a wide-area space.

The invention CN114410176 (A) belongs to the technical field of fireproof application of steel structures, and particularly discloses a high-performance fireproof coating which is prepared by mixing the following components: matrix resin, a dehydration catalyst, a carbonizer, a foaming agent, an organic flame retardant and an auxiliary agent. The high-performance fireproof coating has the beneficial effects that the fireproof heat insulation principle of the thick type steel structure fireproof coating coated on a steel member is that the volume of the coating is basically not changed when the fireproof coating is on fire, the heat conductivity of the coating is very low, the speed of transferring heat to a protected base material is delayed, and the coating of the fireproof coating is non-combustible, so that the fireproof coating has good heat insulation performance. According to the invention, the steel member is shielded and heat radiation is prevented, flame and high temperature are prevented from directly attacking the steel member, the process of generating non-combustible gas due to mutual reaction in case of fire is endothermic reaction, a large amount of heat is consumed, and the system temperature is reduced, so that the fireproof effect is remarkable, and efficient fireproof and heat-insulating protection on steel is realized.

The present invention – US2022127072A1 relates to floating roofs for tanks that are used for storage of flammable liquids, such as petroleum or refinery products such as diesel, kerosene, gasoline, etc. In one aspect, the present invention concerns a method for forming a fire retardant coating of a floating roof, and a floating roof obtainable thereby. In another aspect, the present invention relates to improvements in structure of a floating roof. The floating roof tank may be a seamless composite floating roof tank for refineries.

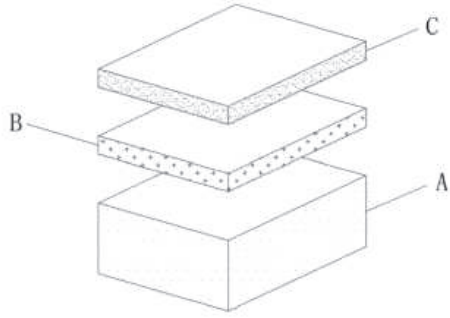
The invention CN114354475 (A) discloses a test method for testing the aging of a wood structure fireproof coating in a high-humidity environment, and compared with the prior art, the method has the advantages that the fireproof durability of an intumescent wood structure fireproof coating in the high-humidity environment is tested; the method for simulating the artificial accelerated aging of the intumescent wood structure fireproof coating under the condition of coupling of different parameters in a high-humidity indoor environment is realized, the result can be used for comprehensively reflecting the durability of the coating, and the aims of guiding fire supervision and formula optimization of the intumescent wood structure fireproof coating are fulfilled; the method can be used for guiding formula optimization and practical engineering application of the intumescent wood structure fireproof coating, and has popularization and application values.

The invention CN114316735 (A) describes waterborne epoxy intumescent fireproof coating for a steel structure and a preparation method of the waterborne epoxy intumescent fireproof coating, and belongs to the relates to a field of functional coatings. The component A is prepared from the following components in parts by mass: 10 to 30 parts of waterborne epoxy resin emulsion, 0.3 to 0.8 part of defoaming agent, 0.8 to 1.5 parts of dispersing agent, 3 to 10 parts of chlorinated paraffin solution, 0.5 to 1.5 parts of adhesion promoter, 5 to 20 parts of charring agent, 10 to 30 parts of acid donor, 6 to 20 parts of inorganic nano filler, 1 to 6 parts of reinforced fiber, 0.1 to 0.5 part of rheological agent and 10 to 30 parts of deionized water; the preparation method comprises the following steps: preparing a waterborne epoxy resin emulsion, adding other components, and uniformly stirring to obtain a component A; and the component B is a waterborne epoxy curing agent. The water-based epoxy intumescent fireproof coating disclosed by the invention is excellent in fireproof performance, can be applied to fireproof protection of indoor steel structures, is green and environment-friendly, and has excellent water resistance.

The utility model – CN216196560 (U) discloses a wooden formwork for civil engineering, which belongs to the field of wooden formworks and comprises a wooden formwork body, the wooden formwork body comprises an anti-corrosion layer, a fireproof layer, a wear-resistant layer, a compression-resistant layer and a buffer layer, the side surface of the anti-corrosion layer is provided with the fireproof layer, and the side surface of the fireproof layer is provided with the wear-

resistant layer; the anti-corrosion layer is arranged, the anti-corrosion layer is made of epoxy coating, and the epoxy coating has excellent corrosion resistance, so that various corrosive media are difficult to permeate into the surface of the wood formwork, the problem that the wood formwork is damaged due to corrosion is avoided, the service life of the wood formwork is prolonged, the fire resistance of the wood formwork can be improved by arranging the fireproof layer, and the service life of the wood formwork is prolonged. And the flame spreading speed is slowed down, the problem that fire risks are likely to be caused due to the fact that sparks drift away on the surface of the wood formwork when reinforcing steel bars are welded or cut in the wood formwork laying process is solved, and therefore the protection performance of the wood formwork is improved.

The utility model by CN216195674 (U) discloses a fireproof shear wall building structure which comprises a wall body, a protection plate is arranged in the wall body, a plurality of installation blocks are evenly arranged on the two sides of the protection plate, vertical ribs penetrate through the installation blocks below the same vertical line, transverse ribs penetrate through the installation blocks on the same horizontal line, and the transverse ribs are located on the outer sides of the vertical ribs. Compared with a traditional shear wall, the novel shear wall has the advantages that the protection plates are arranged in the wall body, and the installation blocks are matched with the steel bar wall body structure formed by the transverse bars and the vertical bars, so that the novel shear wall is higher in structural strength and is not prone to toppling over, and the flame-retardant coating and the heat insulation coating are arranged outside the wall body; and the flame-retardant layer and the heat-insulating layer in the protection plate can effectively prevent and slow down the spreading of fire and the erosion of fire to the wall body, so that the wall body is further protected.



The invention CN114278030 (A) discloses a processing method of a highlight and flame-retardant marble-imitated wallboard, the highlight and flame-retardant marble-imitated wallboard comprises a foaming base material layer, a spray-painted printing layer and a highlight protection layer, the spray-painted printing layer is flatly pasted on the top end face of the foaming base material layer, the highlight protection layer is flatly pasted on the top end face of the spray-painted printing layer, a glass fiber material is added to the foaming base material layer, and the glass fiber material is added to the highlight protection layer. A micro-foaming cement board is introduced into the foaming base material layer, and the fireproof grade can reach non-combustible (grade A) according to GB 8624 tests. According to the invention, a flame-retardant micro-foaming cement board is adopted, is subjected to polishing and ground color treatment, is directly subjected to inkjet printing on a base material, and is subjected to coating treatment according to a special formula, so that the scratch resistance and wear resistance are good; a-level fire prevention can be achieved; customized production of surface patterns can be achieved, and selectivity is high; the appearance visual effect can be similar to that of highlight marble; the produced thinnest thickness is only 3 mm, and the self weight of the product is light.

The utility model – CN215795964 (U) relates to a high-temperature-resistant high-strength flame-retardant protective layer which comprises a liquid tank body. A primer layer is arranged on the outer wall of the liquid tank body; the fireproof door further comprises a heat preservation layer, a polyurea protection layer, a stainless-steel metal plate and a fireproof coating. The heat preservation layer is connected with the outer wall of the primer layer of the liquid tank body, the outer wall of the heat preservation layer is wrapped with the polyurea protection layer, the outer wall of the polyurea protection layer is wrapped with the stainless steel metal plate, the outer wall of the stainless steel metal plate is wrapped with the fireproof coating, and an adhesion layer is arranged between the fireproof coating and the stainless steel metal plate. A first crack arrest net and a second crack arrest net are arranged in the heat preservation layer. According to the utility model, the damage of flames to the liquid tank can be reduced in a fire hazard or a high-temperature environment, the fireproof capability can be enhanced, and the protection capability of a mechanical structure can be improved; the liquid tank can be protected from being damaged by a fire source to the greatest extent when a fire

accident occurs, a powerful protective armor is provided, and property loss is reduced.

The utility model – CN215717157 (U) discloses a fireproof flame-retardant constructional engineering plastic formwork which comprises a plate body, a splicing combination structure, a load-bearing noise reduction structure and a surface protection structure, the splicing combination structure is arranged on the outer side of the plate body, the load-bearing noise reduction structure is arranged in the plate body, and the surface of the plate body is coated with the surface protection structure. The surface protection structure comprises a waterproof heat preservation coating attached to the surface of the plate body. According to the fireproof flame-retardant building engineering plastic formwork, the bearing performance and the pressure resistance of the interior of the formwork body are improved through the reinforcing ribs, meanwhile, the honeycomb-shaped core layer is embedded into the interior of the inner containing cavity, the silencing effect is effectively improved through the honeycomb-shaped core layer, and the potential safety hazard of resonance generated by noise is reduced; the waterproof heat preservation coating prevents the plastic plate body from generating different size changes due to different thermal expansion and cold contraction coefficients, the fireproof flame-retardant coating prevents the plate body from being continuously combusted as a fire spreading object after meeting open fire, the abrasion-resistant coating reduces scratching of the surface of the plate body, and the service life of the plate body is prolonged.

The utility model – CN215507171 (U) discloses dispersing and grinding equipment for fireproof coating production, and aims to solve the problems in the prior art that the temperature change in a grinding shell is fast when materials are ground, the temperature cannot be mastered in real time, cooling measures cannot be effectively taken, and liquid enters a motor through a rotating shaft in the grinding process. The horizontal grinding machine comprises a shell, a motor and a rotating shaft, the shell is provided with a feeding hopper and a discharging hopper, the rotating shaft penetrates through the shell and is connected with the motor, a flow blocking ring is arranged at the position, where the rotating shaft penetrates through, of the inner side of the shell, and the rotating shaft penetrates through the flow blocking ring. A plurality of uniformly

distributed grinding rods are arranged on the rotating shaft, a grinding ball is arranged at one end, far away from the rotating shaft, of each grinding rod, and the grinding balls are used for refining and grinding materials, so that liquid is prevented from flowing into the motor, the temperature in the shell is detected in real time, and the temperature is reduced; and large-particle raw material screening is carried out on the materials in the discharging hopper.

The production equipment by patent CN215463512 (U) comprises a base, a second supporting frame is arranged on the outer wall of the top of the base, a discharging barrel is arranged on the outer wall of the top of the second supporting frame, a stirring barrel is rotationally connected to the inner wall of one side of the discharging barrel, and a feeding pipe is arranged on the inner wall of one side of the stirring barrel; a fixing frame is fixed to the inner wall of the side, close to the feeding pipe, of the stirring barrel, the fixing frame and the inner wall of one side of the stirring barrel are rotationally connected with the same stirring rod, a first motor is arranged on the outer wall of one side of the stirring barrel, and an output shaft of the first motor is connected with the stirring rod through a coupler. The stirring barrel is rotationally connected to the inner wall of the discharging barrel, the feeding pipe and the dispersing cone are arranged at one end of the stirring barrel, the dispersing rod is arranged on the dispersing cone, materials are fed into the stirring barrel through the feeding pipe, then the first motor is started to drive the stirring rod to rotate, and the stirring rod mixes and stirs the materials; and the scattering rods can scatter the materials which just enter, so that the materials are prevented from caking.

The utility model – CN215463464 (U) discloses manufacturing equipment of environment-friendly intumescent steel structure fireproof paint with high fire resistance, which comprises a stirring box, a support is arranged on the outer wall of the top of the stirring box, an air cylinder is arranged on the inner wall of the top of the support, a lifting seat is arranged at the output end of the air cylinder, and a bent pipe is arranged on the outer wall of one side of the lifting seat. A rack is arranged on the outer wall of the bottom of the bent pipe, an annular stirring frame is movably connected to the outer wall of one side of the stirring box, a gear is connected to the circumferential outer wall of the annular stirring frame through a key, the circumferential outer wall of the gear is meshed with the outer wall of one side of the rack, and a feeding hole is formed in the

outer wall of the top of the stirring box. According to the fireproof coating stirring device, the fireproof coating can be guided into the stirring box through the feeding hole, and the lifting seat can be controlled to move up and down through the air cylinder, so that the rack can drive the gear to rotate in the up-and-down movement process, and the gear can drive the annular stirring frame to rotate in the rotating process.

The utility model by CN215152565 (U) discloses flame-retardant polyurethane foam which comprises a foam body, a first flame-retardant mechanism is arranged on the outer surface of the upper end of the foam body, a first protection mechanism is arranged on the outer surface of the upper end of the first flame-retardant mechanism, and a second flame-retardant mechanism is arranged on the outer surface of the lower end of the foam body. And a second protection mechanism is arranged on the outer surface of the lower end of the second flame-retardant mechanism. According to the flame-retardant polyurethane foam, due to the arrangement of the flame-retardant mechanism, the flame retardance of the polyurethane foam can be effectively enhanced, fire disasters can be effectively prevented, the glass magnesium board is mainly made of active high-purity magnesium oxide which is resistant to high temperature and high in flame retardance, and the two groups of flame-retardant coating films are made of the same materials, so that the flame-retardant polyurethane foam is high in flame retardance and good in flame retardance. The main material of the foam is polytetrafluoroethylene, the flame retardant property is good, the foam and the magnesium oxide board can play a dual flame retardant role, through the arranged protection mechanism, the protection property of the foam body can be effectively improved, and a better use prospect is brought.

A Fire-Resistant Vapour-Barrier membrane – WO2022153160 (A1) is disclosed, for use in the construction of buildings etc. It comprises a layered structure forming a flexible sheet, and has a first layer of glass fibre, and a second layer of silicone coating, wherein the glass fibre comprises a greater proportion of the material than the silicone, and the ratio, by weight, of glass fibre to silicone is within the range of 51:49 to 99:1. The membrane may be used where current waterproof membranes are used, such as in roofing structures, or under floors etc. and it improves safety over prior art barriers by increasing fire-resistance.

3.9. New patents on polymer-concretes

The transition from conventional polyurethane (PU) to non-isocyanate polyurethane (NIPU) is driven mainly by safety, environmental and sustainability concerns associated with current PU technology. NIPD has emerged as a promising alternative that removes the limitations associated with traditional PU manufacturing. There is a growing interest in bio-based NIP, which is in line with the desire for sustainable materials and processes. One of the important biomass resources for the development of bio-based NIPU is vegetable oil, a common, renewable and relatively cheap raw material. The resulting polar urethane bonds tend to form a secondary network of hydrogen bonds, resulting in an easily controlled microphase-separated micromorphology with rigid microdomains consisting of urethane-rich rigid segments dispersed in the soft phase, which consists of flexible segments with some dilute urethane in it increases the possibility of adapting their properties.

Polymer concrete is the composite material made by fully replacing the cement hydrate binders of *conventional cement* concrete with *polymer binders* or *liquid resins*, and is a kind of concrete-polymer composite. For hardening of polymer concrete, most liquid resins such as *thermosetting resins*, *methacrylic* resins and tar-modified resins are polymerized at ambient or room temperature. The binder phase for polymer concrete consists only of polymers, and does not contain any cement hydrates. The aggregates are strongly bound to each other by polymeric binders. The advantages and disadvantages of polymeric binders are directly given to the polymer concrete. Accordingly, in comparison with ordinary cement concrete, its properties such as *strength*, adhesion, watertightness, chemical resistance, freeze-thaw durability and *abrasion resistance* are generally improved to a great extent by polymer replacement. Since the bond between polymeric binders and aggregates is very strong, its *strength properties* depend on those of the aggregates. On the other hand, its poor thermal and fire resistance and its large temperature dependence of mechanical properties are disadvantages due to the undesirable properties of the polymer *matrix phases*. Therefore, the glass *transition point* (or temperature) of the polymer matrix phases should be noted from the viewpoint of such thermal properties. *Thermoplastic resins* generally retain their practical properties at temperatures below the glass transition point and lose them at temperatures exceeding the point, beginning to thermally decompose at somewhat higher temperatures. The practical

temperature range of the *thermoplastic resins* may be improved by the addition of suitable cross-linking *monomers* or comonomers having higher glass transition points. Thermosetting resins do not commonly show a glass transition point, and retain their mechanical properties up to the thermal decomposition temperature. Such essential disadvantages of the polymer concrete can be considerably improved by controlling the necessary polymeric *binder content* by volume to a minimum.

The history of the research and development of polymer concrete is relatively short compared with that of conventional cement concrete. The early research and development of the polymer concrete was done mainly in the Soviet Union (currently, Russia),1 the United States,2 Germany3 and Japan4 in the late 1950s to the early 1960s.

PC is a composite material in which the aggregate is bound together in a *polymeric matrix*. The composite, therefore, does not contain hydrated *cement phase*. Because the use of a polymer instead of *Portland cement* represents a substantial increase in cost, PC is employed only in applications in which the higher cost can be justified by superior properties (Rebeiz, 1996). In PC, thermosetting resins are generally used as the principal polymeric component due to their high thermal stability; thermoplastic polymers are also used to a minor extent. Among the thermosetting, epoxy resins are mainly employed to produce PC due to the strong adhesion exerted by these resins to most building materials, their low shrinkage, good creep and fatigue resistance and low water sorption; however, they are relatively expensive. Unsaturated polyester resins are also used, due to their superior chemical and mechanical properties, combined with their lower cost (Rebeiz and Fowler, 1996). Other materials that are used for PC include: methylmethacrylate, styrene, vinyl esters, furfuryl alcohol and furan resins, and their copolymers. Curing agents or initiators are used to promote the curing reactions. For any PC, the working and curing times depend on the concentration of any component, the curing temperature, the mass volume.

Referring to the aggregates, from a petrological standpoint, limestone, basalt, silica, quartz, granite, and other high-quality materials are employed, whether crushed or naturally reduced in size. Aggregates can, however, also be manufactured from industrial by-products. The use of fly ash as a filler in polymer concrete is very appealing since it improves the physical properties of PC, in particular its compressive and flexural strengths (Harja et al., 2009; Bărbuţă et al., 2010). The effect of $CaCO_3$ as a filler on PC was found to be even more effective than that of fly ash.

This was attributed to the larger surface area of $CaCO_3$ particles and the higher adhesion between the resin binder and the aggregate (Jo et al., 2007).

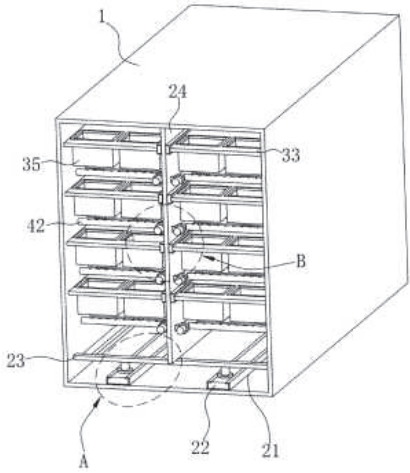
The aggregates must be dry and free from dust and organic materials. Moisture and/or dust on the aggregates, in fact, reduce the bond strength between the polymeric phase and the aggregate. A proper grading of aggregates would assure a minimum void volume for packed aggregate. This minimizes the amount of monomer required to guarantee proper bonding of all the aggregate particles and results in a more economical PC. The aggregate/resin ratio varies with the monomer formulation; it has been used in ratios from 1:1 to 15:1 by weight, depending on the aggregate gradation (Muthukumar and Mohan, 2004). Generally speaking, the optimum polymer content varies from 12% to 14%; the very fine aggregates (filler), in particular, form the major component of the polymer concrete.

Immediately after the addition of curing agents or initiators, the liquid monomer is mixed with coarse and fine aggregates. Formwork for production casting PC must be solvent resistant, must possess a low coefficient of thermal expansion, have smooth, cleanable surfaces and preferably should be a good heat conductor. The process of curing can be controlled through temperature and curing agent content and type. The process can take from minutes to hours. Some formulations benefit from heating during the curing period, whereas others simply require time at ambient temperatures. Curing can take place at temperatures varying from about − 15°C to 60 °C (Rebeiz, 1996). Below there are given few of novel patents on this field.

Corrosion-resistant concrete, high-corrosion-resistant prestressed concrete pipe pile and application **CN117142827 (A)** The invention provides corrosion-resistant concrete, a high-corrosion-resistance prestressed concrete pipe pile and application. The corrosion-resistant concrete is prepared from the following raw materials in parts by mass: 350 to 500 parts of Portland cement, 100 to 120 parts of mineral powder, 30 to 50 parts of fly ash, 20 to 40 parts of silica fume, 500 to 700 parts of sand, 1000 to 1200 parts of gravel, 120 to 150 parts of water, 3 to 5 parts of water reducing agent, 9 to 10 parts of exciting agent and 5 to 7 parts of anti-erosion inhibitor. The anti-erosion inhibitor prepared by the invention is a nano ultra-dispersion material which can be partially dissolved in water, is composed of an organic polymer and a nano inorganic material filling component, has amphiphilic groups, and has good corrosion

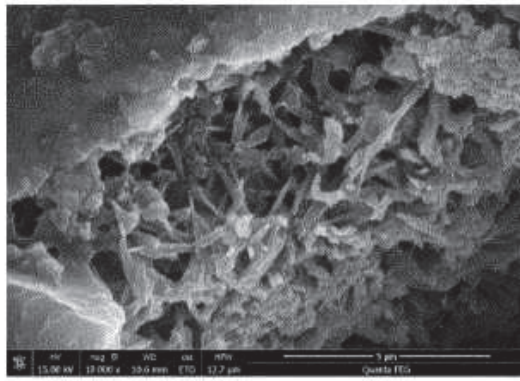
resistance and high strength; the prepared high-corrosion-resistance prestressed concrete pipe pile can be applied to preparation of concrete columns in river-crossing and sea-crossing bridges, and has a wide application prospect.

Preparation method of modified bamboo fiber reinforced filter material sandwiched water permeable brick. **CN117125958 (A)**



The invention provides a preparation method of a modified bamboo fiber reinforced filter material sandwiched water permeable brick. The concrete is prepared from the following raw materials in parts by weight: dredged mud, ferronickel slag fiber, polymer modified bamboo fiber, waste ceramic, ceramsite, construction waste, Portland cement, desulfurized gypsum, silica powder, sodium carboxymethyl cellulose, a B-naphthalene sulfonic acid-formaldehyde condensate, a sulfonated melamine-formaldehyde condensate, water glass, bentonite, water, aggregate, a reinforcing agent and gravel. According to the preparation method of the modified bamboo fiber reinforced filter material sandwiched water permeable brick provided by the invention, the gravel and the reinforcing agent are added into the raw materials and mixed to prepare the finished brick, so that the hardness of the whole brick can be increased, and the condition of breakage during later laying and long-time use can be prevented; meanwhile, the water seepage capacity of the whole brick can be improved.

Grouting material, prefabricated lightweight aggregate concrete and preparation method of prefabricated lightweight aggregate concrete. **CN116891387 (A)**



The invention discloses a grouting material, prefabricated lightweight aggregate concrete and a preparation method thereof. The grouting material is prepared from the following raw materials in parts by weight: 210 to 240 parts of basic magnesium sulfate cement, 75 to 95 parts of silica fume, 20 to 35 parts of glass beads, 50 to 70 parts of fly ash, 150 to 180 parts of light pottery sand, 50 to 70 parts of water and 10 to 20 parts of a water reducing agent. According to the invention, the polymer emulsion modified gravel type shale lightweight aggregate is used as a lock-embedded framework, and the density is reduced; basic magnesium sulfate cement is used for replacing ordinary Portland cement to be prepared into the grouting material, whisker-shaped hydration products 5. 1. 7 of the basic magnesium sulfate cement are further interlocked with the porous light coarse aggregate, meanwhile, the porous light coarse aggregate releases polymer emulsion to toughen the surrounding structure of the aggregate, and the breaking strength and toughness of concrete are synergistically improved. The prepared lightweight high-strength high-toughness concrete has the advantages of being low in self weight, high in breaking strength, good in toughness and the like.

LIGHTWEIGHT CONCRETE **JP2023149522 (A)** To provide a lightweight concrete having excellent freeze-thaw resistance and pumpability despite the use of a lightweight aggregate.SOLUTION: A lightweight concrete contains Portland cement, a fine aggregate, a coarse aggregate, water, paraffin particles, and a polymer for cement admixture,

wherein a unit weight of paraffin particles is 4 to 20 kg/m3, a unit weight of the polymer for cement admixture is 5 to 35 kg/m3, an amount of water to 100 pts.mass of Portland cement is 20 to 60 pts.mass, one or both of the fine aggregate and the coarse aggregate contain a lightweight aggregate, and a ratio of the fine aggregate is 35 to 65%.

Carbonated water erosion resistant concrete as well as preparation method and application thereof **CN116730690 (A).** The invention belongs to the technical field of material concrete, and particularly relates to carbonated water erosion resistant concrete as well as a preparation method and application thereof. The carbonated water erosion resistant concrete is prepared from the following raw materials: ordinary Portland cement, sulphoaluminate cement, fly ash, slag powder, machine-made sand, gravel, water, a water reducing agent, a retarder and a stabilizer, and the stabilizer is prepared by compounding a water-soluble high-molecular polymer and an organosilane water repellent. The carbonated water resistant concrete provided by the invention can keep excellent mechanical properties, impermeability and carbonated water erosion resistance in a carbonated water environment. The method is suitable for engineering application in karst areas or underground water containing corrosive CO2 and other carbonated water environments, and can effectively solve the technical problems that various properties of concrete in the carbonated water environments are degraded, and the safety and durability of concrete structures and materials cannot be guaranteed.

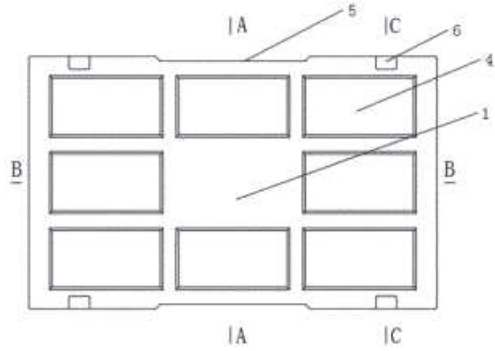
Highway engineering cement soil roadbed cushion layer and construction technology thereof **CN116623489 (A).** The invention discloses a highway engineering cement soil subgrade cushion layer which comprises cement, soil, water and stones, and the mass ratio of the cement to the soil is 6%. P.O42.5 general-purpose Portland cement is selected as the cement, and the alkali content in the cement is less than or equal to 0.60%; the selected soil plasticity index is 10-26, and the water content is 15-25%. The epoxy resin protective layer, the reinforcing mesh layer and the spring steel are arranged, and the epoxy resin protective layer is provided with a high polymer of a three-way net structure and has excellent insulating property, mechanical property, chemical stability and the like; the reinforcing mesh layer is a mesh formed by arranging longitudinal reinforcing steel bars and transverse reinforcing steel bars at certain intervals, forming right angles with each other and welding all cross points together, so that the crack resistance of concrete is enhanced,

the engineering quality of the reinforcing steel bars is remarkably improved, and spring steel has excellent metallurgical quality, good surface quality and accurate appearance and size; the problems that combination among cement, sand and stone can be enhanced, the using effect is good, and the road quality can be improved are solved.

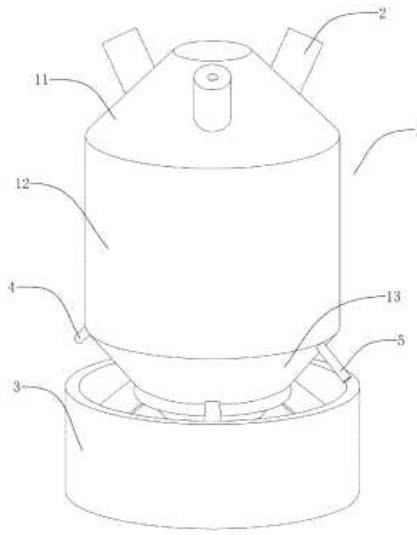
3D printing tough concrete for lining support structure and preparation method thereof **CN116477903 (A)**. The invention discloses 3D printing tough concrete for a lining support structure. The 3D printing tough concrete is prepared from the following components in parts by mass: 1500 to 2000 parts of Portland cement, 0 to 500 parts of admixture, 2400 to 4600 parts of fine aggregate, 20 to 100 parts of binary polymer monomer, 0.02 to 0.5 part of cross-linking agent, 0.4 to 5 parts of initiator, 2 to 10 parts of silane coupling agent, 3 to 5 parts of defoaming agent, 10 to 30 parts of water reducing agent, 2 to 20 parts of thickening agent, 700 to 1200 parts of mixing water and 0 to 40 parts of sodium hydroxide. According to the 3D printing tough concrete of the lining support structure adopting the components and the preparation method of the 3D printing tough concrete, the binary polymer monomer and the hydrolyzed silane coupling agent are used for constructing a flexible dual-organic network precursor; through an in-situ polymerization method, the 3D printing concrete and Portland cement are synchronously polymerized into a flexible double-organic network which uniformly interpenetrates with a matrix in the hydration process of the Portland cement, so that the inhibition capability of the 3D printing concrete on microcracks is improved, and the mechanical property is enhanced.

Paver adhesive and method of laying pavers **NZ752919 (A).** Conventional wisdom states that paver tiles are not made for vehicular applications in any situation and that paver tiles aren't even designed to set in cement or mortar over existing concrete applications. One inch paver tiles may now be set over a concrete pad for use by vehicular traffic. The method and dry concrete mix may be used to overlay concrete driveways. The paver tiles may be laid over a dry concrete mix comprising a latex polymer. Portland cement, sand and a hydration control agent. After laying the paver tiles in a field over the concrete mix in the dry state, a border of paver tiles or other material may he laid in a wet concrete mix prior to hydrating the field paver tiles. The dry concrete mix cures after hydration to form a strong layer adhering the paver tiles to the concrete pad for use by vehicular traffic.

Seawater corrosion resistant concrete cover plate as well as preparation method and application thereof **CN116135812 (A)**



The invention belongs to the technical field of building materials, and particularly relates to a seawater-corrosion-resistant concrete cover plate and a preparation method and application thereof. The seawater-corrosion-resistant concrete cover plate is prepared from, by weight, 200-250 parts of Portland cement, 40-80 parts of water, 180-220 parts of river sand, 150-180 parts of gravel, 50-70 parts of kieselguhr, 5-10 parts of sodium dodecyl sulfate, 20-30 parts of polyacrylamide and 8-14 parts of methacrylate. 20-30 parts of nano silicon dioxide, 30-40 parts of basalt fiber and 6-8 parts of a retarder; the polyacrylamide and the methacrylate in the raw materials form a hydrophobic associated polymer in the preparation process of the cover plate, and meanwhile, under the synergistic effect of the sodium dodecyl sulfate and the basalt fiber, the seawater corrosion resistance of the cover plate is effectively improved.

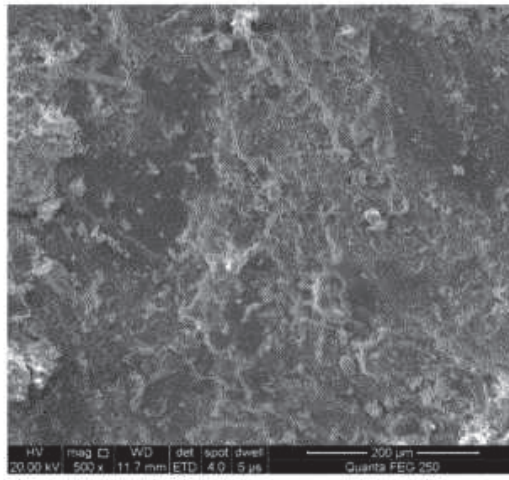


High-strength tensile UHPC (Ultra High Performance Concrete) and preparation method thereof CN116003047 (A).

The invention discloses high-strength tensile UHPC concrete and a preparation method thereof, and relates to the technical field of concrete, and the high-strength tensile UHPC concrete comprises the following components in parts by weight: 160-200 parts of waste ultra-high performance concrete blocks, 80-120 parts of Portland cement, 120-150 parts of water, 50-60 parts of fly ash, 48-54 parts of steel fibers, 16-24 parts of polymer plastic particles, 5-8 parts of a water reducing agent and 4-5 parts of an exciting agent. Wherein the waste ultra-high performance concrete blocks are crushed and ground to obtain waste ultra-high performance concrete particles with the particle size of less than 0.32 mm. The high-strength tensile UHPC concrete is developed by adopting the waste ultra-high performance concrete blocks, the material regeneration effect is achieved, the problem of recycling of the waste ultra-high performance concrete blocks is effectively solved, plasma modification is conducted on the steel fibers and polytetrafluoroethylene serving as high-strength plastic particles, and the high-strength tensile UHPC concrete is obtained. Therefore, the surface bonding capacity of the polytetrafluoroethylene is improved, the surface structure of the steel fiber is activated, and the purpose of remarkably reducing the production cost of the high-strength tensile UHPC concrete is achieved.

Waterproof anti-permeability repair mortar and preparation method thereof CN115974502 (A). The invention relates to the technical field of concrete admixtures, in particular to waterproof and impermeable repair mortar and a preparation method thereof. The raw materials of the waterproof and impermeable repair mortar comprise ordinary Portland cement, quick-hardening sulphoaluminate cement, gypsum, quartz sand, a silicon dioxide coated hydrophobic material with a core-shell structure, redispersible latex powder, a water-retaining and thickening material, lithium carbonate and a water reducing agent. The silica-coated core-shell structure hydrophobic material is prepared by adding a silica-based polymer-based network polymer into an aqueous solution formed by mixing an organic silicon water repellent and a dispersing agent, filtering and drying; the silica-based polymer-based network polymer is obtained by mixing, washing and drying an oil-in-water emulsion and a pre-hydrolysate, and the oil-in-water emulsion is prepared by uniformly mixing a surfactant and urea resin and dropwise adding water; the prehydrolysate is obtained by heating triacetoxyethyl silane in an acidic aqueous solution. The repair mortar has good waterproofness, penetration resistance, tensile adhesive strength and water-retaining property.

Ultra-high performance concrete with ultra-high early strength and preparation method thereof CN115819052 (A)



The invention provides ultrahigh-early-strength ultrahigh-performance concrete and a preparation method thereof. The concrete per cubic meter comprises the following raw materials: 600-800 kg/m < 3 > of Portland cement, 50-150 kg/m < 3 > of sulphoaluminate cement, 150-250 kg/m < 3 > of silica fume, 100-200 kg/m < 3 > of volcanic rock micro powder, 1000-1200 kg/m < 3 > of quartz sand, 156-234 kg/m < 3 > of steel fibers, 3-6 kg/m < 3 > of polymer fibers, 4-10 kg/m < 3 > of an early strength agent, 6-18 kg/m < 3 > of a water reducing agent, 1-2 kg/m < 3 > of a defoaming agent and 155-180 kg/m < 3 > of water. The concrete has the advantages of being fast in setting and hardening, high in early strength, good in toughness and high in crack resistance, and shows ultrahigh later strength and excellent bending toughness.

Concrete for terrace as well as preparation method and application of concrete CN115849842 (A). The invention discloses concrete for terraces and a preparation method and application thereof, and the concrete is prepared from the following raw materials in parts by weight: 10-45 parts of sulphoaluminate cement, 10-30 parts of ordinary Portland cement, 1-5 parts of modified rubber powder, 45-60 parts of sand, 0-8 parts of silica fume, 20-80 parts of graded fine stone, 0.2-1.5 parts of polymer latex powder, 0-0.15 part of a low-viscosity thickener, 0.1-0.5

part of a polycarboxylate superplasticizer and 0.04-0.5 part of a defoaming agent. 0.02 to 0.5 part of retarder and 0.1 to 0.3 part of polyester fiber. During preparation, the raw materials and water are uniformly mixed according to the weight ratio of 1: (0.16-0.17). The concrete for the terrace has low shrinkage and anti-cracking performance, the terrace prepared from the concrete does not crack, the hollowing rate is low, and the later maintenance cost is reduced; and the concrete for the terrace can be used for preparing an ultrathin terrace with no kerf or few kerfs on a large plate, the thickness of the terrace can be reduced to 20-50mm, the consumption of raw materials is reduced, the transportation cost is reduced, and the concrete for the terrace is green, environment-friendly, energy-saving and emission-reducing.

Rapid repair material for concrete pavement CN115650658 (A) The invention relates to the field of concrete repairing materials, and particularly discloses a rapid repairing material for a concrete pavement. The rapid repair material for the concrete pavement comprises Portland cement, quartz sand, modified polymer rubber powder, a superplasticizer, an early strength agent, an expanding agent and fly ash. The modified high-molecular rubber powder is prepared by modifying high-molecular water-soluble rubber powder with a silane coupling agent, butanetetracarboxylic acid, hydroxypropyl methyl cellulose and organic silicon modified acrylic resin; the preparation method comprises the following steps: S1, preparing the aggregate, S2, stirring the expanding agent and the modified polymer rubber powder in a stirrer, adding the early strength agent triethanolamine in the stirring process, and uniformly mixing with the aggregate to obtain the repair material. The rapid repairing material composition for the concrete pavement can be used for repairing the concrete pavement, and has the advantage of relatively high viscosity; in addition, the preparation method has the advantage of being easy to operate.

Foam concrete material and preparation method thereof CN115636640 (A). The invention discloses a foam concrete material and a preparation method thereof, the foam concrete material comprises cement mortar and foam, the cement mortar comprises Portland cement, pulverized coal furnace slag, lime, an alkali activator, a coagulation enhancer, an activator, a waterproof agent and water, and the foam comprises a composite polymer foaming agent, a foam stabilizer, a coagulation enhancer and water. The low-price pulverized coal furnace

slag is added to replace fly ash and silica fume in a traditional material, the cost is reduced, the use range of the material is expanded, the concentration of calcium ions in the material is increased by adding lime, the pulverized coal furnace slag contains a large amount of SiO2 with certain activity, the SiO2 reacts with calcium carbonate through alkali excitation to form silicate hydrate, and the silicate hydrate is added to the material. Further, C-S-H is generated, and the strength of the material is further improved; by adopting the composite polymer foaming agent, the foam stabilizing time is long, the water absorption rate of the material is reduced by matching with the waterproof agent, the thermal insulation effect is ensured, and the risk of damage to the material caused by freezing and thawing is reduced.

Low-drying-shrinkage 3D printing concrete and preparation method thereof CN115594469 (A). The invention relates to the technical field of 3D printing concrete, and discloses 3D printing concrete with low drying shrinkage. The concrete is prepared from the following components in parts by weight: 80 to 100 parts of Portland fly ash cement, 10 to 30 parts of sulphoaluminate cement, 0.5 to 1.5 parts of silica fume, 90 to 120 parts of fine aggregate, 1.5 to 3.5 parts of polypropylene fiber, 3 to 5 parts of cellulose ether, 1 to 10 parts of ceramic polished tile powder, 1 to 20 parts of granulated blast furnace slag powder, 1 to 20 parts of steel slag powder, 0.2 to 0.4 part of additive, 0.1 to 1 part of water reducing agent, 1 to 20 parts of expanding agent and 20 to 30 parts of water for concrete. The polypropylene fiber and the cellulose ether are added, so that the effects of internal curing and fiber toughening can be achieved, and meanwhile, the cellulose ether is used, so that a polymer film which is thin once and can prevent internal water from leaking outwards is formed between the cellulose ether and cement particles; and the phenomena of sun crack and shrinkage of the 3D printing concrete due to film-free curing can be effectively relieved.

Municipal bridge concrete polymer machine-spraying quick-setting repair mortar CN115448665 (A). The invention discloses a municipal bridge concrete polymer machine-spraying quick-setting repair mortar, which belongs to the technical field of repair mortar, and comprises the following components: 300-500 parts of ordinary Portland cement, 0-150 parts of sulphoaluminate cement, 300-700 parts of quartz sand, and 10-100 parts of fly ash. The polymer repair mortar is prepared from the following components in parts by weight: 10-50 parts of redispersible

latex powder, 0.5-5 parts of a water reducing agent, 1-4 parts of wood fibers, 0.2-8 parts of cellulose ether, 0.1-3 parts of starch ether, 0.1-3 parts of an air entraining agent, 0.5-8 parts of a rheological agent and 1-15 parts of waterproof powder, cement is used as a basic binding agent, a high-strength material (quartz sand) is used as a main aggregate, and the polymer repair mortar is prepared by modifying a high-molecular polymer. And an anti-cracking agent, a rheological agent, a waterproof agent and the like are used as auxiliary materials to prepare the special concrete repairing material. The product has the advantages of good smoothness, strong waterproofness, high strength and no shrinkage; the paint has the characteristics of no toxicity, harmlessness, no aging, no pollution to water quality and surrounding environment, good self-sealing performance, rust resistance and the like.

Halophilic slime forming bacteria-based repair materials KR102482786 (B1). The present invention provides a concrete cross-section repair material in a salt-damaged environment which is a mixture of a salt-resistant repair material containing type 1 ordinary Portland cement and binder containing EVA-based polymer, polyethylene fiber and fine aggregate, and a carrier with a porous structure on which halophilic slime-forming bacteria are fixed, and provides a concrete cross-section repair material in a salt-damaged environment, wherein the halophilic slime-forming bacterium is Bacillus licheniformis. Accordingly, the present invention can provide a material which has a function of controlling deterioration due to salt damage to concrete for repair of concrete structures.

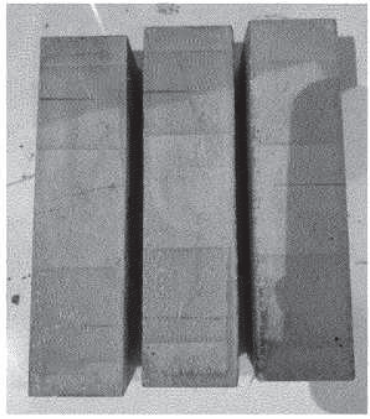
High-performance special concrete for reinforcement and repair and preparation method thereof CN115304335 (A). The invention relates to high-performance special concrete for reinforcement and repair. The special concrete is prepared from the following components in parts by mass: 300-700 parts of quartz sand, 150-400 parts of ordinary Portland cement, 70-120 parts of slag powder, 3-7 parts of silica fume, 15-50 parts of fly ash, 2-9 parts of slaked lime, 1.5-2.5 parts of a water reducing agent, 1-5 parts of a toughening agent, 0.2-0.8 part of an adhesive, 8-12 parts of an expanding agent, 5-15 parts of modified polymer fibers and 80-160 parts of mixing water. Meanwhile, the invention further discloses a preparation method of the high-performance special concrete. The adhesive has the characteristics of high adhesive property, high toughness, high crack resistance and convenience in construction.

Recycled fiber reinforced silicate cement wallboard formula for wind power blade CN114873962 (A). The invention discloses a wind power blade recycled fiber reinforced silicate cement wallboard formula, and relates to the technical field of glass fiber reinforced concrete. The problem that fibers obtained after wind power blades are smashed cannot be effectively recycled and utilized in a pollution-free mode is solved. The cement is specifically composed of ordinary Portland cement, ordinary river sand with the particle size smaller than 2.16 mm, a liquid polycarboxylate superplasticizer, pure acrylic polymer emulsion, a liquid defoaming agent and recycled fiber B with the diameter being 2 mm, the mixing amount of the recycled fiber B is 1-5% of the mass of the cement, the ordinary Portland cement and the ordinary river sand are mixed according to the ratio of 1: 1, the mixing amount of the liquid polycarboxylate superplasticizer is 2-5%, the ash gathering ratio is 5-10%, and the mixing amount of the pure acrylic polymer emulsion is 1-5%. The mass of the defoaming agent is 1-3% of that of the polymer, and the water-cement ratio is 0.1-0.4. According to the invention, the fiber obtained by crushing the wind turbine blade is doped into cement according to the proportion to prepare the cement wallboard, so that the bending strength and toughness of the wallboard prepared from the cement-based material are effectively improved.

High-thixotropy 3D printing concrete with long opening time and preparation method thereof CN114790103 (A). The invention discloses high-thixotropy 3D printing concrete with long opening time and a preparation method of the high-thixotropy 3D printing concrete. The high-thixotropy 3D printing concrete is prepared from 300-500 parts of a Portland cement component, 300-750 parts of an inorganic filler component, 0.5-1.5 parts of a fiber component, 0.5-3 parts of an ester group modified polyacrylic acid thickener, 0.5-5 parts of a macromolecular side chain acrylic polymer, 0.5-3 parts of diethylenetriamine pentaacetic acid, 50-100 parts of fulvic acid modified tailing slag powder and 90-150 parts of tap water. The tailing slag powder subjected to grinding and fulvic acid etching modification is high in reaction activity, large in specific surface area and low in harmful metal ion content, the concrete strength can be enhanced, and the concrete is endowed with good thixotropy and water retention. The compatibility of the acrylic polymer with larger side chain molecules, the diethylenetriamine pentaacetic acid and the ester-modified polyacrylic acid thickener is good. The prepared concrete is high in thixotropy and

long in opening time, continuous construction of large-scale 3D printing engineering is facilitated, tailing slag is subjected to resource utilization, and the concrete is more environmentally friendly.

Special reactive powder concrete for tunnel construction, maintenance and reinforcement as well as preparation method and application of special reactive powder concrete CN114524649 (A).



The invention provides special reactive powder concrete for tunnel construction, maintenance and reinforcement as well as a preparation method and application of the special reactive powder concrete. The special reactive powder concrete is prepared from the following raw materials: 35 to 50 parts of ordinary Portland cement, 3.0 to 5.0 parts of superfine mineral powder, 0.5 to 1.5 parts of silica fume, 4.0 to 8.0 parts of fly ash, 0.5 to 1.0 part of expanding agent, 40 to 60 parts of sand, 0.005 to 0.01 part of carbon black, 0.002 to 0.005 part of graphene, 0.1 to 0.4 part of water reducing agent and 0.5 to 1.0 part of early strength agent. According to the present invention, 0.5-1.0 part of a modified polyoxyethylene polymer, 1.0-3.0 parts of a capillary crystalline waterproofing agent, 0.1-0.2 part of tributyl phosphate, 1.5-3.0 parts of high-strength micro-fine steel fibers, 0.2-1.0 part of high-performance polyimide fibers and 1.0-2.0 parts of microbial capsules are adopted, and the composite material can be used for new tunnel construction and existing line disease tunnel maintenance and reinforcement, and has excellent performance.

CRACK REDUCING RECYCLED FIBER MORTAR COMPOSITION HAVING EXCELLENT REPAIRING AND REINFORCING METHOD USING THE SAME KR102383895 (B1). The present invention relates to a cement mortar composition for repair using recycled fibers, and a method for repairing a concrete structure using the same. More specifically, the composition of present invention comprises 100 parts by weight of a binder, 80-200 parts by weight of a filler, 10-50 parts by weight of a polymer, 0.5-2.0 parts by weight of a thickener, 0.1-10 parts by weight of a hardening accelerator, 0.2-20 parts by weight of a superplasticizer, 0.1-1.0 parts by weight of an antifoaming agent, and 0.1-1.0 parts by weight of a reinforcing material. The binder is composed of cement and an expansion material, wherein the cement is 20-50 wt% of type 1 ordinary Portland cement and 50-80 wt% of at least one selected from calcium aluminate (CA) and amorphous calcium aluminate, C_12A_7, and the expansion material is at least one selected from calcium sulfoaluminate (CSA), anhydrous gypsum, phosphate gypsum, and hydrofluoric acid gypsum. The filler is any one or more of silica fume, blast furnace slag, fly ash, and silica sand. The reinforcing material is at least one selected from ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE) made of polyethylene as a raw material and stainless steel fibers.

CEMENT COMPOSITION, MORTAR COMPOSITION, AND REPAIR METHOD OF CONCRETE STRUCTURE **JP2022053054 (A).** To provide a cement composition and a mortar composition having high acid resistance and excellent crack resistance, and a repair method of a concrete structure.SOLUTION: The cement composition according to the present invention includes Portland cement, slag, and a cement admixture polymer, in which a polymer cement ratio (solid content ratio) of the cement admixture polymer to the Portland cement is 3 mass% or more and 10 mass% or less.

POLYMER ADMIXTURE MODIFIED RAPID SETTING CONCRETE COMPOSITE AND METHOD FOR REPARING AND REINFORCING CONCRETE STRUCTURES ROAD PAVEMENT USING THE SAME **KR102372576 (B1)**

The present invention provides a polymer admixture-modified rapid setting concrete composition to provide a stable strength in a short time and a method for repairing and reinforcing road pavement using the same. According to the present invention, the polymer admixture-modified rapid

setting concrete composition comprises a rapid setting binder, a polymer admixture, aggregate, and water. The rapid setting binder includes: 30 to 55 wt% of calcium sulfoaluminate clinker, 10 to 20 wt% of calcium aluminate clinker, 10 to 35 % by weight of Portland cement, 10 to 35 wt% of anhydrous gypsum, 5 to 15 wt% of slaked lime, 10 to 20 % by weight of silica fume with respect to the total weight of the rapid setting binder. The polymer admixture includes 65 to 90 wt% of styrene butadiene latex (SBR) polymer and 10 to 35 wt% of a polycarboxylic acid-based dispersion holding agent with respect to the total weight of the polymer admixture.

High ductility quick-hardening and ultra-early strength type cement concrete composition modified by polymer modifier and the construction method for road pavement using the same **KR102363749 (B1)**. The present invention relates to a high ductility, quick-hardening, and ultra-early strength cement concrete composition and a road pavement construction method using the same. The composition comprises: 10 to 30 wt% of a quick-hardening and ultra-early strength binder, 30 to 50 wt% of fine aggregate, 30 to 50 wt% of coarse aggregate, 0.1 to 10 wt% of water, and 0.1 to 10 wt% of a high ductility admixture, wherein the quick-hardening and ultra-early strength binder comprises ultra-early strength Portland cement, silicon manganese slag, gypsum, calcium sulfoaluminate, calcium aluminoferrite, zirconium phosphate, tin oxide, chlorite, and an astaxanthin-nanodiamond complex; and the high ductility admixture comprises a bisphenol A type epoxy resin, acrylonitrile-methyl (meth)acrylate copolymer, carboxylated styrene-butadiene copolymer, cyanoacrylate, glycidyl (meth)acrylate, a polyamide polyamine-epichlorohydrin resin, a silane coupling agent, and phosphatidylethanolamine. According to the present invention, the durability of the road pavement can be extended and maintenance costs can be reduced.

WATER-BASED COMPOSITES WITH SUPERIOR CURE IN THICK FILMS, AND CHEMICAL AND SHOCK RESISTANCE. **MY104546 (A)**. THE INVENTION CONCERNS A COMPOSITION WHICH MAY BE USED IN OR AS A COMPOSITION FOR COATING OR OVERLAYING PORTLAND CEMENT CONCRETE OR METAL. THE COMPOSITION INCLUDES A SYNTHETIC POLYMER LATEX, AN AMINE- FUNCTIONAL EPOXY CURING AGENT AND AN EPOXY- FUNCTIONAL OR AMINE- FUNCTIONAL SILANE.

THE COMPOSITION MAY ADDITIONALLY COMPRISE AN EPOXY RESIN AND A FILLER HAVING A FINE PARTICLE SIZE.

Concrete crack repair material and concrete structure repair mathod using the same **KR102342746 (B1).** The present invention relates to a concrete crack repair material capable of providing stable crack repair and improved performance by imparting excellent adhesion, high durability, and the like to a crack interface, and to a concrete structure repair method using the material. The concrete crack repair material of the present invention is composed of: 30-61.5 wt% of a cement raw material in which calcium sulfoaluminate cement and Portland cement are mixed in a weight ratio of 1 : 0.2-0.5; 14-20 wt% of silica powder having the average particle diameter of 0.1-1.2 mm; 6-10 wt% of magnesium powder; 1-2 wt% of graphite powder; 1-3 wt% of a fiber reinforcing material in which polypropylene fibers and aramid fibers having the average particle diameter of 60-85 μm are mixed in a weight ratio of 1 : 4.5-5.5; 0.5-2 wt% of a fluidizing agent; 6-12 wt% of calcium carbonate; 3-5 wt% of waste glass powder; 1-5 wt% of a methacrylic acid-ethylene liquid polymer;5-8 wt% of a CSA-based expansion agent for shrinkage reduction; and 1-3 wt% of a crack filler. In addition, the concrete structure repair method using the concrete crack repairing material of the present invention comprises: a) a step of cutting a crack portion in a concrete structure to form a V-shaped groove of 10-20 mm; b) a step of grinding and trimming the structure cut in the step a); and c) a step of filling the V-shaped groove of the concrete structure trimmed in the step b) with the concrete crack repair material and then hardening the same.

LIGHTWEIGHT BLOCKS WITH STONE-LIKE APPEARANCE AND METHOD OF MANUFACTURE **US2021396005 (A1).** The present disclosure describes modular blocks configured to give the appearance of natural or cut stone. An aesthetic coating composition may be applied to one or more surfaces of a block having a low-density, such as an insulating concrete form (ICF), to form an modular block having the appearance of cut stone. The aesthetic coating composition includes a binder component, such as a cementitious binder made from white Portland cement, or a polymer binder such as an acrylic binder, an aggregate component, such as a limestone aggregate component, and optionally an adhesive component. The aggregate component includes a fine sand portion and a coarse sand portion that effectively enable the appearance of cut stone after finishing of the aesthetic coating surface via

sanding, polishing, sandblasting, acid etching, acid finishing, or exposed aggregate finishing.

Polymer modified ultra rapid hardening cement concrete compositions having high strength and high durability and repairing method of road pavement using the same **KR102337094 (B1)**. The present invention relates to a polymer-modified ultra-fast hardening cement concrete composition with high strength and durability, and a road repairing method using the same. More specifically, the polymer-modified ultra-fast hardening cement concrete composition comprises 5 to 50 wt% of fine aggregate, 5 to 40 wt% of coarse aggregate, 0.1 to 10 wt% of water, 5 to 40 wt% of an ultra-fast hardening cement binder, and 1 to 30 wt% of a polymer modifier. The ultra-fast hardening cement binder includes 100 parts by weight of rapid hardening Portland cement, 20 to 40 parts by weight of calcium sulfoaluminate, 1 to 20 parts by weight of ground calcium carbonate, 1 to 20 parts by weight of electric furnace reduced slag, 1 to 20 parts by weight of titanium carbonitride, 1 to 20 parts by weight of alkali silicate, 0.1 to 10 parts by weight of graphite, and 0.1 to 10 parts by weight of magnesium fluoride. The polymer modifier includes 100 parts by weight of styrene-methyl methacrylate-butadiene copolymer, 70 to 90 parts by weight of ethylene-glycidyl methacrylate copolymer, 10 to 30 parts by weight of acetoacetoxyethyl methacrylate, 10 to 30 parts by weight of diacetone acrylamide parts by weight, 0.1 to 10 parts by weight of polyrotaxane, and 0.1 to 10 parts by weight of polyglycerol-polyglycidyl ether. According to the present invention, strength is stably expressed and high-strength characteristics are expressed in an early stage, thereby minimizing a traffic control period and providing excellent resistance to freeze-thaw, neutralization and salt damage.

Shrinkage-reducing type polymer modified quick-hardening cement concrete composite and overlay pavement method for concrete using the same **KR102337117(B1).** The present invention relates to a shrinkage-reducing polymer modified ultra-fast hardening cement concrete composition which comprises 5 to 45 wt% of a shrinkage-reducing strength developer, 10 to 75 wt% of fine aggregate, 7 to 65 wt% of coarse aggregate, 0.01 to 25 wt% of a polymer modifier, and 0.1 to 30 wt% of water. The shrinkage-reducing strength developer includes 100 parts by weight of high early strength Portland cement, 20 to 40 parts by weight of calcium sulfoaluminate, 1 to 20 parts by weight of tin oxide, 1 to 20 parts by weight of blast furnace slag, 1 to 20 parts by weight of zinc carbonate,

0.1 to 10 parts by weight of magnesium oxide, 0.1 to 10 parts by weight of sericite, and 0.1 to 10 parts by weight of calcium sulfate. The polymer modifier includes 100 parts by weight of a polymethyl methacrylate-(adamantyl)acrylate copolymer, 20 to 50 parts by weight of a styrene-butadiene-styrene copolymer, 10 to 30 parts by weight of N,N-dimethyl acrylamide, 0.1 to 10 parts by weight of phloretin sulfonate represented by chemical formula 1, and 0.1 to 10 parts by weight of polyrotaxane. According to the present invention, the shrinkage-reducing polymer modified ultra-fast hardening cement concrete composition provides excellent resistance to drying shrinkage and improved resistance to freezing/thawing, neutralization, and salt damage.

QUICK-HARDENING CONCRETE **JP2021134128 (A).** To provide quick-hardening concrete that exhibits early material age even under low temperature environments, can be demolded, and has high resistance to sulfate.SOLUTION: Quick-hardening concrete comprises: high-early-strength Portland cement; a hardening accelerator comprising calcium nitrate and/or calcium nitrite; a polymer for cement admixture; an aggregate; and water, wherein: a total unit quantity of the calcium nitrate and calcium nitrite in the hardening accelerator is 4-8 kg/m3; a unit quantity of the polymer for cement admixture is 30-63 kg/m3 in terms of solid content; and the amount of water is 18-35 pts.mass based on 100 pts.mass of the high-early-strength Portland cement

POLYMER-CEMENT MIXTURE **UA34074 (A).** The invention relates to the building materials, namely to the composition of polymer-cement mixtures based on technical alkyl resorcinols, containing portland cement as mineral binder. The engineering problem, solved by the proposed invention is the preparation of such mixture, which is hardening in water, is not giving shrinkage, providing necessary strength, having fine adhesion and low viscosity, appropriate in conducting of repairs of underwater parts of mass concrete by injection in cracks with opening 0.5-1 mm.

HIGH-STRENGTH CONCRETE **EA038711 (B1).** The invention relates to construction materials and can be used for manufacturing products of high-strength concrete in civil and industrial construction, and for manufacturing special purpose structures as well. The technical result is the creation of high-strength concrete with increased bending tensile strength, enhanced fracture resistance and increased chemical resistance

to carbon dioxide and magnesia corrosion. High-strength concrete obtained from the mix including Portland cement, sand, granite crushed stone, an additive and water contains sand having a fineness modulus of 2.3-3.0 as sand, granite crushed stone of grade 5-20 mm, and, as an additive, a complex additive represented by water solution of density =1.045 g/cm3 and hydrogen index pH 7.5, and containing polycarboxylate polymer No. 1 based on copolymer of acrylic acid and methacrylic acid ethyl ether of density =1.032 g/cm3 and hydrogen index pH 7.5; polycarboxylate polymer No. 2 based on copolymer of allyl ether and maleic acid anhydrite having density =1.025 g/cm3 and hydrogen index pH 7.0; high-molecular polymer based on potassium salts of higher fatty acids with density =1.039 g/cm3 and hydrogen index pH 9.5; silica sol with density =1.02 g/cm3 and hydrogen index pH 3.5, based on nanodispersions of silica hydrodioxide, at the following ratio of components, wt.%: the said polycarboxylate polymer No. 1 – 26.8-28.8; the said polycarboxylate polymer No. 2 – 27.8-28.8; the said high-molecular polymer – 11.3-12.1; the said silica sol – 32.1-32.3; and further contains a mineral additive consisting of micro-silica with specific surface area Sspec.=2,000 m2/kg, and dry polycarboxylate polymer based on methacrylic acid with bulk density D=0.510 g/cm3 and hydrogen index pH 5.0, at the following ratio of components, wt.%.: the said micro-silica – 98.0-99.0; the said the polycarboxylate polymer – 1.0-2.0, at the following ratio of the mix components, wt.%: Portland cement – 16.60-19.06; the said sand – 31.20-32.00; the said crushed stone – 41.13-42.00; the said complex additive – 0.15-0.25; the said mineral additive – 1.76-2.00; water – 6.70-7.15.

Composition of early strength concrete using internal curing in reinforced concrete overlay and Method for repair of old pavement using such composition **KR20210062184(A).** The present invention relates to a composition of early strength concrete using internal curing in reinforced concrete overlay for repairing and paving, and a method for repairing old pavement using the same. Early strength can be expressed by using crude steel containing calcium sulfoaluminate and a binder made of ordinary Portland cement, and the shrinkage resistance is improved by including a superabsorbent polymer or cenospheres and a shrinkage reducing agent. A dense internal tissue is formed through the internal curing action to increase abrasion resistance of a surface and improve the durability. The composition includes aggregate, a binder, SAP or cenospheres, a shrink-reducing agent and a high-performance water reducing agent.

GEOPOLYMER CONCRETE PAVEMENT CONSTRUCTION MATERIALS AND METHOD THEREOF **AU2021101075 (A4).** A composition for preparing geopolymer concrete, the composition comprises of an alkaline solution of sodium silicate and sodium hydroxide with water in a defined ratio, a definite amount of solution prepared from fine and coarse aggregate with water, a defined amount of fly ash mixed with a defined amount of ground granulated blast furnace slag, a first mixture prepared using the aggregate solution mixed with the solution of fly ash and ground granulated blast furnace slag, and a second mixture prepared using the alkaline solution with the first mixture and water. SILICATE AGGREGATE GROUND GRANULATED BLAST SODIUM FURNACE SLAG GEO POLYMER WATER CEMENT FLY ASH ORDINARY PORTLAND CEMENT preparing the pavement by excavating soil up to a predefined depth using a soil excavator, wherein the soil excavator excavates the required quantity of soil 202 placinganaggregate in a motorized mixer for uniform mixing of aggregates, wherein a definite quantity of fly ash and ground granulated blast furnace slag is added to the aggregate and mixed for 204 a predefined interval of time preparing activator liquid before construction of pavement and mixing the activator liquid with the aggregator, wherein the activator liquid is a combination of alkaline elements mixed in a predefined ratio wherein the alkaline liquid comprises of: a) dissolving a predefined quantity of sodium hydroxide pallets with a defined amount of water; b) dissolving the mixture of sodium silicate with sodium hydroxide and water in a defined ratio.

Polymer Cement Mortar Composition for repair and reinforcement of concrete structure section using graphene and repair and reinforcement method of concrete structure using same **KR102158508 (B1).** The present invention relates to a composition for repairing and reinforcing the cross section of a concrete structure containing 5 to 70 wt% of a functional binder, 5 to 90 wt% of fine aggregate, 0.1 to 10 wt% of a graphene dispersion and 0.1 to 25 wt% of water, and to a repair and reinforcement method of the concrete structure using the same. The functional binder contains, based on a total 100 wt% of the functional binder: 15 to 90 wt% of crude steel Portland cement; 5 to 50 wt% of calcium or magnesium sulfoaluminate; 1 to 40 wt% of calcium chloroaluminate; 1 to 30 wt% of hollow silica; 0.1 to 20 wt% of diatomite; 0.1 to 15 wt% of plaster; 0.1 to 15 wt% of a lithium silicate-potassium silicate mixture; 0.1 to 10 wt% of

bentonite; 0.1 to 10 wt% of emery powder; 0.1 to 10 wt% of an ethylene-vinyl acetate-vinyl chloride copolymer; 0.1 to 10 wt% of a methyl methacrylate-styrene butadiene copolymer; to 10 wt% of an acrylonitrile-butadiene-polyvinyl chloride copolymer; and 0.1 to 10 wt% of cellulose acetate. When the concrete structure is repaired by using the composition of the present invention, the flexural toughness, abrasion resistance, salt damage resistance, neutralization resistance, freezing and thawing resistance, and surface hardness of the concrete structure can be improved by using a graphene dispersion and a functional binder, thereby being able to significantly reduce the maintenance cost of the concrete structure.

Jo et al. (2006) found that polymer concrete made with unsaturated *polyester resin* from *PET* waste can achieve a very high *tensile strength* (22.4 MPa in flexural and 7.85 MPa in splitting test). Considering the replacement of fine aggregates for PET/GBFS aggregates, Choi et al. (2005) mentioned a decrease in the splitting tensile *strength* of 16% for a 25% replacement volume. Since the loss percentage is higher than for the *compressive strength* of the same mixture, this would probably mean that artificial PET aggregates have a low adhesion to the *cement paste*. Ochi et al. (2007) found that the use of treated 30 mm long of indented PET fibres can lead to a tensile strength increase for volume replacements up to 1.5%. Marzouk et al. (2007) found that the tensile strength and the compressive strength of crushed PET concrete composites have a similar loss pattern. For Albano et al. (2009) the tensile strength loss is dependent on the volume of PET waste as to the PET particles dimensions, being that the mixtures with the smallest ones present *lower tensile strength*.

Choi et al. (2009) reported that the ratio of flexural to tensile strength/compressive strength of PET waste mixtures was similar to that of current *cementitious* composites. Hannawi et al. (2010) mentioned that *cementitious composites* containing PET and *polycarbonate* wastes have similar tensile *flexural strength* performance. These authors also mentioned that a volume replacement up to 20% did not generate a relevant tensile strength loss. An increase in the replacement volume from 20% to 50% led to a 36% tensile strength loss for polycarbonate mixtures while the same replacement volume with PET waste was responsible for a tensile strength loss of 11%.

3.10. Non-Isocyanate Polyurethane Foams. Part I

Abstract: Polyurethane foams (PUFs) constitute a major class of polymeric materials, widely appreciated for their excellent mechanical strength, chemical resistance, and physical versatility. They are used in a wide variety of applications, such as insulation, cushioning, coatings, and structural parts. Traditionally, PUFs are prepared through polyaddition reactions involving polyols, diisocyanates, and water, where the in-situ generated CO2 in the reaction mixture serves as the blowing agent. However, there are significant concerns with the use of isocyanates as they are toxic, classified respiratory sensitizers, and contribute to environmental pollution. These issues have directed both researchers and industry experts to search for safer and more sustainable alternative feedstocks.

The polyaddition reaction between cyclic carbonates (CCs) and polyfunctional amines has been one promising alternative. The reaction leads to the formation of non-isocyanate polyurethanes (NIPUs), specifically polyhydroxyurethane foams (PHUFs). Foaming is achieved by using external chemical blowing agents or through self-blowing reactions, where gases are generated directly in the system. The generated foam cells – the structures that give foams their unique properties – depends largely on the gas-forming reactions.

This review focuses on the different blowing agents used in NIPUF synthesis, such as poly(methylhydrogensiloxane) (PHMS) and 1liquid fluorohydrocarbons. It also looks at recent advances in self-blowing techniques, which eliminate the need for external agents and make the process more sustainable. Special emphasis is placed on NIPUFs derived from renewable feedstocks, as these align with global trend towards green chemistry and circular materials. The review provides an overview of both externally blown and self-blown biobased NIPUFs, detailing their synthesis, performance, and potential industrial applications.

Keywords: nuclear power station, cooling systems, patents, biobased polyurethane, blowing agent, non-isocyanate polyurethane, polymeric foams, polyurethane foams, self-blowing.

Table 1

List of abbreviations used in this review

Abbreviation	Full term
CCs	cyclic carbonates
DABCO	1,4-diazabicyclo [2.2.2] octane
DSTDL	dibutyltin dilaurate
DBU	1,8-Diazabicyclo[5.4.0]undec-7-en
EC	ethylene carbonate
Abbreviation	Full term
GC	Glycerol Carbonate
LDI	L-Lysine ethyl ester diisocyanate
MOF	metal-organic framework
NIPUFs	non-isocyanate polyurethane foams
NIPUs	non-isocyanate polyurethanes
PC	propylene carbonate
PHMS	poly(methylhydrogensiloxane)
PHUFs	polyhydroxyurethane foams
PHUs	polyhydroxyurethanes
PUs	polyurethanes
PUFs	polyurethane foams
ROP	ring-Opening Polymerization
SDGs	sustainable Development Goals
SOC	spiro-orthocarbonate
TBD	triazabicyclodecene
VOCs	volatile organic compounds

1. Introduction and Overview of Non-Isocyanate Polyurethane Foams

1.1. Introduction

Polyurethanes (PUs) are some of the most versatile and widely used polymers in the world. They're appreciated for their excellent mechanical, chemical, and thermal properties, which can be tailored for a wide range of applications. Since their commercialization in the 1930s, they have become essential in industries like construction, automotive manufacturing, furniture production, and even medical devices. The ability to create materials like flexible or rigid foams, elastomers, adhesives, coatings, or thermoplastics has made PUs a key material in modern manufacturing.

But despite their usefulness, traditional polyurethanes have a major drawback: they're made using isocyanates, which are produced from highly toxic phosgene gas. While isocyanates are critical to formation of the urethane bonds that make up PUs, they're also classified as hazardous substances. Continuous exposure to isocyanates leads to serious health problems like occupational asthma and skin irritation. In addition, the production and disposal of PU materials can lead to environmental issues, such as the release of volatile organic compounds (VOCs) and accumulation of non-degradable waste.

To address these problems, researchers have been exploring the development of non-isocyanate polyurethanes as a safer, more sustainable alternative. Unlike traditional PUs, NIPUs are formed without toxic isocyanates, using safer building blocks like cyclic carbonates and primary or secondary amines to form polyhydroxyurethanes (PHUs). Adoption of this approach not only helps to reduce the health risks but also aligns with global efforts to develop greener materials and lower the environmental impact of industrial chemicals.

It's not just about health and safety. There's also regulatory pressure: laws, like the European REACH directive, have put strict limits on the use of hazardous chemicals such as isocyanates. At the same time, the polymer industry is being pushed to adopt circular economy principles by using renewable feedstocks and cutting carbon emissions. NIPU chemistry offers a promising way forward as they provide safer synthesis routes, are compatible with bio-based raw materials, and offer the potential to be recycled. That makes them a key innovation in the push for sustainable polymer science.

Recent advances in NIPU material research include the development of new cyclic carbonate monomers, better carbonation processes using CO2 as the raw material, and more efficient catalysts [Lit]. These breakthroughs open up new possibilities for designing high-performance materials. For example, studies have shown the potential of NIPUs in creating self-healing coatings, bio-based adhesives, and lightweight foams for construction, all with lower environmental impact [1-4].

1.2. Overview of Non-Isocyanate Polyurethane Foams

The main difference between NIPUFs and conventional PU foams is how they are made. Traditional foams rely on isocyanates to create urethane bonds, while NIPUFs use safer, non-toxic precursors like cyclic carbonates and amines.

NIPUFs avoid these issues because they are made using safer, non-toxic pathways. This makes them safer to produce, easier to handle, and simpler to recycle. Plus, the fact that CO2 can be used as a raw material for making cyclic carbonates adds an environmental advantage, helping reduce greenhouse gas emissions. By relying on renewable feedstocks and cutting out toxic intermediates, NIPUFs fit well with global sustainability goals, like the UN's Sustainable Development Goals (SDGs).

Some of the key benefits of NIPUFs compared to traditional PU foams include:

- **Environmental advantages:** They reduce the need for fossil fuel- based isocyanates and make it possible to use CO2, helping create materials with a lower carbon footprint.
- **Health and safety improvements:** By eliminating isocyanates, NIPUFs reduce the health risks for workers, especially in industries like construction and automotive manufacturing, where PU foams are widely used.
- **Regulatory compliance:** NIPUFs make it easier to follow strict international rules on hazardous chemicals.
- **Material performance:** Research shows that NIPUFs can match or even exceed the thermal and mechanical properties of traditional PU foams. For example, NIPUFs made from bio-based cyclic carbonates have been found to offer better flame resistance and biodegradability.

2. Synthesis Methods of Non-Isocyanate Polyurethanes

This part of the review focuses on the main approaches used to synthesize non-isocyanate polyurethanes, explaining how these methods work, what materials are used, and their key advantages and challenges. NIPUs have emerged as a greener alternative to conventional polyurethanes, which are typically produced using toxic isocyanates. As regulations on isocyanates become stricter, the need for scalable, safer alternatives is only growing.

2.1. Overview of Synthetic Strategies

There are four main methods for synthesizing NIPUs:

1) **Polycondensation:** This methodinvolves reacting polyfunctional compounds, such as polychloroformates with polyamines or polycarbamates with polyols as shown in Fig. 1. While polycondensation

can produce NIPUs, it usually requires toxic chemicals like phosgene, and the reactions generate by-products such as HCl or alcohols. It also tends to involve longer reaction times, extra purification steps, and often the use of catalysts [5,6].

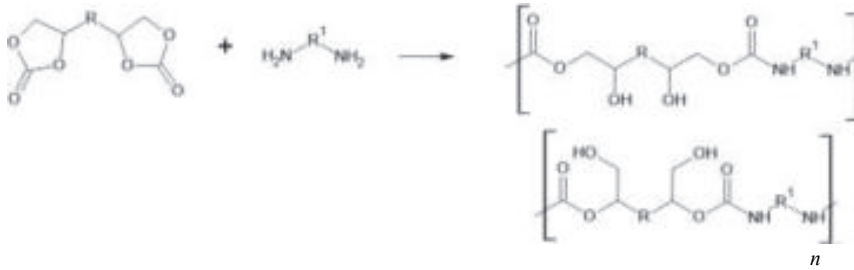


Fig. 1. General polycondensation route to non-isocyanate polyurethanes

2) Ring-Opening Polymerization (ROP): This method uses cyclic monomers like aziridine or cyclic carbamates. The benefit is that it doesn't create by-products.However, it relies on hazardous precursors that are usually made from phosgene, and the reactions need high temperatures. These safety concerns limit its use on a larger scale [6].

3) Rearrangement Reactions: Isocyanate-based rearrangements (Curtius, Hofmann, Lossen) These include reactions like Curtius, Hofmann, and Lossen rearrangements, where isocyanates are generated in situ from acyl azides or hydroxamic acids. While these methods offer some flexibility in synthesis, they still involve hazardous intermediates, which makes them less appealing for environmentally friendly production [6].

Example – Curtius rearrangement:



Fig. 2. Schematic representation of the Curtius rearrangement [6]

4) Polyaddition (Isocyanate-Free Synthesis of NIPUs): This is the most widely used method for making non-isocyanate polyurethanes. It involves the reaction of cyclic carbonates with amines to produce polyhydroxyurethanes. This method avoids the use of isocyanates and unwanted by-products, and generally does not require solvents or catalysts. By varying the reactants and their ratios, the properties of the final materials can be tailored [7].

General Reaction:

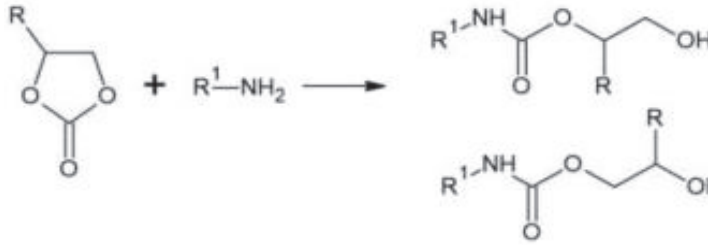


Fig. 3. General polyaddition route to non-isocyanate polyurethanes

Table 2.1

Comparative Overview of Synthesis Methods for NIPUs

Synthesis Method	Reactants	Advantages	Limitations	References
Polycondensation	Polychloroforma tes, Polyamines, Polycarbamates, Polyols	Versatile, accessible	Uses toxic phosgene, by-products	[5,6]
Ring-Opening Polymerization	Aziridines, Cyclic carbamates	No by-products	Toxic precursors, high temperature	[6]
Rearrangement Reactions	Acyl azides, Hydroxamic acids	Synthetic flexibility	Hazardous intermediate s, not green	[6]
Polyaddition	Cyclic carbonates, Amines	No by-products, no isocyanates , tunable properties	Dependence on cyclic carbonate availability	[7]

2.2. Mechanistic Insights and Innovations

The polyaddition reaction works by a nucleophilic attack, where an amine reacts with the cyclic carbonate ring to form a P-hydroxyurethane structure. Depending on the specific chemical environment, this can lead to the formation of either primary or secondary hydroxyl groups, which affect the material's mechanical properties and the degree of crosslinking.

Mechanistic Equation:

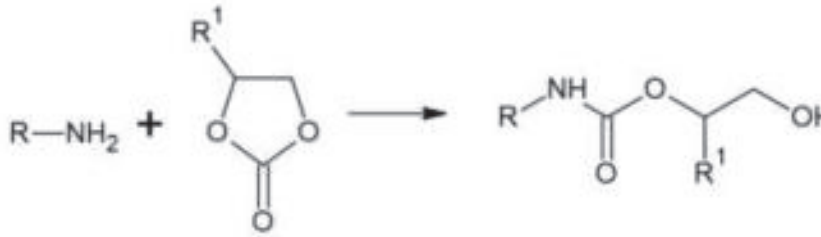


Fig. 4. Polyaddition route to non-isocyanate polyurethanes

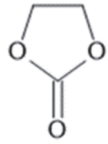
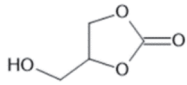
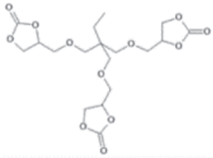
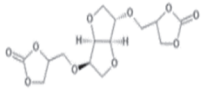
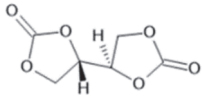
This is a typical ring-opening reaction yielding one urethane group and one hydroxyl group per cycle, without the use of isocyanates.

Recent research has focused on using bio-based raw materials and CO2-derived reactants as promising feedstocks for NIPUs [8,9]. Some of the latest innovations include:

- Organocatalytic reactions for mild and selective synthesis[10],
- Reductive carbonylation using carbamates and CO2 [11],
- Amino acid incorporation for functionalization and biocompatibility [12],
- Photopolymerization using spiro-orthocarbonates for improved curing profiles [13].

Table 2.2

Bio-Based Cyclic Carbonates & Reactivity Time (if available)

Cyclic carbonate	Source	Structure Type	Reactivity (approximate)	Notes
Ethylene Carbonate 	Petroleum-based / CO_2	5-membered	High temperature (several hours, room temperature – 60°C)	Often used as a modeling substrate
Glycerol Carbonate 	Glycerol (bio-based)	5-membered (mono)	Moderate-high temperature (60–80°C)	Renewable, biodegradable
Trimethylolpropane tricarbonate 	Vegetable oils	Multi-functional	Slower process (requires heat/catalyst)	Used for crosslinking
Isosorbide dicarbonate 	Sorbitol (biologically active)	Hard, bicyclic	Moderate	Increases the hardness of the PHU network
Erythritol carbonate 	Sugar alcohols	Polycyclic	Slower	Biocompatible, for biomedical use
Cyclic carbonates derived from CO_2	Directly from epoxides + CO_2	Various	Structure depends	Emphasis on "green chemistry"

2.3. Green Chemistry and Nanotechnology Approaches

There's been growing interest in making NIPUs more sustainable by using vegetable oil-based monomers, such as epoxidized soybean and linseed oils. These sources allow for the production of biodegradable and renewable NIPU systems [7,14].

Nanotechnology is also playing a key role. Techniques like ball milling (top- down) and crystallization (bottom-up) help disperse fillers better and improve material properties [15]. Researchers have also explored adding natural nanostructured materials - like extracts from grape seeds, mushrooms, or oats - which can improve biocompatibility, thermal stability, and mechanical strength.

2.4. Self-Blowing Strategies

Since cyclic carbonates don't naturally release CO2 during the reaction, additional blowing agents are needed to create foam. These can include substances like sodium bicarbonate [12], poly(methyl-hydrogensiloxane) [10], or fluorinated agents [7,16].

A key breakthrough came when Clark et al. [17] showed that sorbitan biscarbonate can release CO2 during aminolysis, making it possible to create foams without needing external blowing agents. Monie et al. [11] later improved on this by using thiols and amines together in tandem reactions, which produced self blowing foams with better mechanical properties.

2.5. Challenges and Future Outlook

While NIPUs offer a lot of promise, there are still challenges to overcome:

- Some amines have limited reactivity [3].
- Scaling up the use of bio-based feedstocks for industrial production remains difficult [15,18].
- Optimizing processes to create high molecular weight polymers is still a work in progress [11,14,17].

Recent studies have highlighted several innovative strategies to overcome the low reactivity of certain amines in NIPU systems. For instance, the effect of steric and electronic factors on cyclic carbonate reactivity with amines was also reported by Steblyanko et al. [19], who demonstrated that polymerization efficiency can be improved through structural optimization. In a series of patents, authors [20,21] presented

novel formulations based on hybrid cyclic carbonate systems and quaternary ammonium salt catalysis. These approaches not only enhanced the rate of polymer formation but also opened possibilities for using unconventional amines and carbonate precursors, including bio-based components. The proposed systems aim to balance reactivity, environmental safety, and processing ease—fitting within the broader green chemistry agenda. Bahr et al. [22] explored the synthesis of bio-based monomers by reacting epoxidized plant oils with CO2 to form cyclic carbonates. These monomers were then polymerized with diamines to yield NIPUs with tunable thermal and mechanical properties. Their work highlights both the opportunity and difficulty of using non-petroleum feedstocks, particularly in achieving consistency across industrial-scale batches.

Hong et al. [23] developed a multi-step synthetic route that integrates lignin- derived polyols and propylene carbonate, yielding semi-aromatic NIPU resins. These materials showed improved thermal resistance and lower water uptake compared to fully aliphatic analogs. However, the process required tight control of reaction parameters, indicating that scaling remains a technical bottleneck [23]. Yokawa and Higashihara [24] investigated molecular weight development during the step-growth polymerization of NIPUs. They reported that achieving high molecular weights (>50kDa) requires precise stoichiometric balance and suppression of premature chain termination. Their study also suggested using reactive diluents and latent curing agents to overcome viscosity and gelation issues during processing [24]. Researchers are also working on improving catalyst systems, such as zinc, tin, and quaternary ammonium salts, to make the reactions faster and more practical for large-scale manufacturing [25-27].

3. Types of Cyclic Carbonates Used in NIPU Synthesis

Cyclic carbonates are essential building blocks in NIPU synthesis, and their type plays a big role in the final properties of the material.

Datta and Wloch [28] conducted a comprehensive review of NIPU synthesis and processing, with a special focus on structure-property relationships. Their analysis highlighted how subtle differences in monomer structure, including ring size and functionality of cyclic carbonates, can influence the thermal, mechanical, and degradation behavior of the resulting polymers. This work laid the foundation for

correlating carbonate chemistry with targeted material performance. Wang et al. [29] examined new catalytic strategies to reduce reaction time and improve conversion efficiency in NIPU formulations. Their study focused on environmentally friendly catalysts and reported how variations in cyclic carbonate precursors affected polymerization kinetics and product consistency. Their findings contributed significantly to greener process engineering for polyurethanes.

Qiao et al. [30] emphasized the environmental advantages of using CO2- derived cyclic carbonates in sustainable polymer design. They investigated different pathways to incorporate captured CO2 into functional monomers suitable for NIPU synthesis, supporting the growing interest in carbon circularity. Their work also addressed technical and economic challenges associated with CO2 utilization.

Balla et al. [3] explored the role of molecular structure and reactivity in CO2-based polymer chemistry, particularly focusing on how different carbonate architectures influence the final properties of NIPUs. Their mechanistic insights helped to better understand how to tailor carbonate structures for specific application needs.

The most commonly used are five-membered cyclic carbonates like ethylene carbonate (EC) and propylene carbonate (PC). These are popular because they react well with primary amines, are easy to make by combining epoxides with CO2, and are commercially available at large scale [31].

Six-membered and fused-ring carbonates are another group. They offer better thermal stability and mechanical strength but react more slowly than five- membered carbonates. These are often used for engineering plastics or specialty NIPU products [32].

Hybrid carbonates, which combine epoxy and cyclic carbonate structures, are also gaining interest. They allow for both ring-opening and cross-linking at the same time, which can improve adhesion, foam durability, and coating performance. Researchers are exploring these systems for high-performance adhesives and coatings [33].

Organosilicon-modified carbonates are another innovative option. Their silicon content gives the final materials better flexibility, chemical resistance, and surface properties. Patents often describe them for advanced adhesives and water- repellent coatings [34].

Bio-based carbonates are derived from sources like rosin, POSS, or vegetable oils. They offer strong thermomechanical properties, are renewable, and are easier to degrade or recycle [15,35].

Spiro-orthocarbonates are a newer class of carbonates. These compounds undergo double ring-opening polymerization, which causes them to expand instead of shrink. That makes them ideal for applications like 3D printing and low-stress structural materials [36].

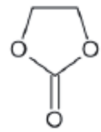
Functionalized and aromatic cyclic carbonates add even more versatility. Aromatic versions, in particular, can boost thermal and mechanical strength, making them useful for structural composites and insulation foams [37].

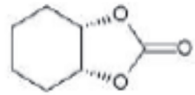
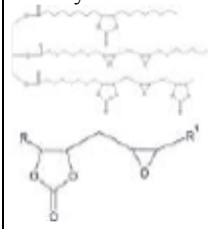
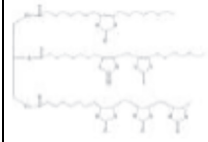
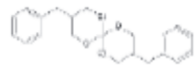
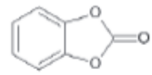
On the green chemistry side, **cooperative catalysis and eco-friendly synthesis** are growing areas of research. For example, metal-organic frameworks (MOFs) are being studied as catalysts for turning CO2 into cyclic carbonates, mimicking enzyme-like behavior. These systems lower the energy needed for reactions and are more reusable and efficient under mild conditions [38].

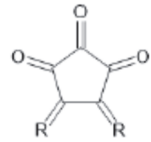
Finally, **bio-based innovations** include star-shaped glycerol-based epoxy macromonomers, which are epoxidized and then carbonated to create NIPUs. These materials show promising antibacterial properties and strong mechanical performance [39-41].

Table 3.1

Comparative Table of Cyclic Carbonates Used in NIPU Synthesis

Cyclic Carbonate Type	Examples	Key Properties	Applications
Five-Membered Cyclic Carbonates (5CCs)	Ethylene Carbonate, Propylene Carbonate, Glycerol 	High reactivity, widely available, bio-based (GC)	Flexible and rigid NIPUs, adhesives, foams
Five-Membered Cyclic Carbonates (5CCs)	Ethylene Carbonate, Propylene Carbonate, Glycerol Carbonate (GC)	High reactivity, widely available, bio-based (GC)	Flexible and rigid NIPUs, adhesives, foams

Cyclic Carbonate Type	Examples	Key Properties	Applications
Six-Membered & Fused-Ring Carbonates	Cyclohexene Carbonate, Fused-ring derivatives 	Thermal stability, mechanical strength, lower reactivity	Engineering plastics, structural composites
Hybrid Carbonates (Epoxy + Cyclic)	Epoxidized soybean oil + cyclic carbonate 	Dual functionality, cross-linking ability	Coatings, adhesives
Organosilicon-Modified Carbonates	Silane-modified carbonates 	Improved flexibility, hydrophobicity	Hydrophobic coatings, adhesives
Bio-Based Carbonates	Rosin-based, POSS-based, vegetable oil- derived 	Renewable, biodegradable, thermomechanica l strength	Sustainable foams, coatings, composites
Spiro-Orthocarbonates	Various SOC structures 	Expansion upon polymerization, low stress	3D printing, low-shrinkage resins
Functionalized and Aromatic Carbonates	Aromatic cyclic carbonates 	Enhanced thermal & mechanical properties	Structural composites, insulation foams

Cyclic Carbonate Type	Examples	Key Properties	Applications
Cooperative Catalysis Carbonates	MOF-catalyzed cyclic carbonates	Mild conditions, reusability, efficiency	Green cyclic carbonate synthesis
Bio-Based Innovations	Star-shaped glycerol epoxycarbonate macromonomers 	Antibacterial, mechanical enhancement	Medical applications, advanced composites

4. Synthesis of cyclic carbonates

The carbonation of epoxides with CO2 (shown as Equation below) is a key reaction for creating cyclic carbonates, which are essential building blocks for nonisocyanate polyurethanes. This process offers a sustainable and environmentally friendly approach, as it uses CO2 – an abundant and renewable resource – as a raw material.

In this section, the focus is on how this carbonation reaction works, what chemical conditions are needed, and the progress being made in developing better catalytic systems to make the process more efficient.

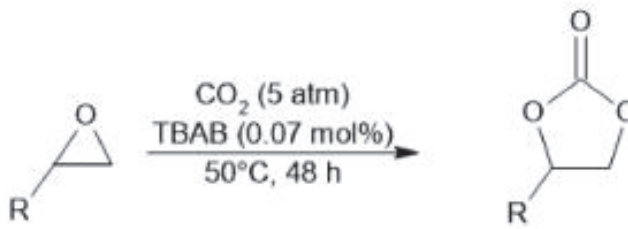


Fig. 5. Carbonation of epoxides with CO2 to form cyclic carbonates

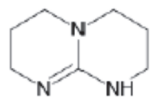
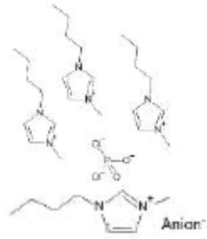
4.1. Catalysts and Conditions

The carbonation process works by reacting epoxides with CO2 in the presence of catalysts like organobases, metal salts, or ionic liquids [42-45]. These reactions typically require moderate to high pressure and temperature. To make the process more energy-efficient and eco-friendly, researchers have also been exploring solvent-free systems and milder reaction conditions [46].

Bio-Based Carbonation Systems. Using bio-based materials is another important focus. For example, epoxy soybean oil can react with CO2 to produce cyclic carbonates, which can then be used to make NIPUs by reacting with amines [47]. This approach fits with green chemistry principles, as it relies on renewable feedstocks and generates less hazardous waste.

Table 4.1

Comparative Table of Carbonation Conditions and Catalysts

Catalyst Type	Catalyst Example	Reaction Conditions (Temp/Pressure)	Efficiency / Notes
Organo bases	TBD (Triazabicyclodece 	80-120°C / 5-10 bar	High with epoxides [35]
Metal Salts	Zn (II), Al (III), Sn (IV)	100-140°C / 1030 bar	Good conversion, reusable [40]
Ionic Liquids	Imidazolium-based ILs 	70-110°C / 5-20 bar	High selectivity [36]
MOF-based Catalysts	ZIF-8, MIL-101	Mild (~80°C / ≤ 10 bar)	High yield under mild conditions [42]
Biocatalyst mimics	Polypeptide/MOF hybrids	50-80°C / ambient to 5 bar	Promising lab- scale results [37]
No Catalyst	—	>160°C / >30 bar	Low conversion (benchmark)

CO2 Fixation via Spiro-Orthocarbonate (SOC) Polymerization. Spiro- orthocarbonate polymerization is another interesting method. In this process, carbonation happens with very little internal stress, making it ideal for applications where low shrinkage is important [48].

Decarboxylation in Self-Blowing Foams. There's also a clever strategy for making self-blowing foams. Here, decarboxylation of cyclic carbonates by thiols releases CO2 directly during the reaction, which helps the foam expand without needing external blowing agents [49].

Alcohol Carbonation Routes. Finally, CO2 can react with alcohols like glycerol or ethylene glycol to form cyclic carbonates. This method uses CO2 as a carbon source and supports circular economy goals [50-52]. However, getting good catalytic performance under mild conditions is still a challenge researchers are working to solve.

Based on comparisons across different systems, the most commonly used and industrially practical catalysts for the carbonation process are organobases like TBD and metal salts such as Zn (II) or Al (III). These options strike a good balance between reactivity, efficiency, and scalability, which makes them particularly well- suited for large-scale NIPU production. Meanwhile, MOF-based catalysts are gaining attention as a greener and more sustainable solution for CO2 utilization, especially when working under milder conditions.

5. Types of Catalysts for Carbonation in NIPU Synthesis

Catalysts play a crucial role in speeding up the carbonation process, which is the reaction between CO2 and epoxides or alcohols [53,54]. The cyclic carbonates produced through this reaction are key intermediates in making non-isocyanate polyurethanes.

The most commonly used catalysts are metal-based compounds, such as Zn (II), Al (III), and Co (III). These work as Lewis acids, helping to activate the epoxide ring and make the reaction more efficient [55,56]. A good catalyst not only boosts efficiency but also allows the reaction to happen under milder conditions and improves selectivity toward the desired products.

Researchers have explored a wide range of catalyst systems for both industrial and lab-scale use. These include metal complexes, organocatalysts, ionic liquids, thiol-based systems, and heterogeneous catalysts supported on solid materials [57-59].

5.1. Types of Catalysts Used in Carbonation

There are several types of catalysts used to drive the carbonation process, each with its own benefits and challenges:

1) **Metal-Based Catalysts:** These include salts and complexes of zinc, cobalt, aluminum, and tin. They work as Lewis acids, helping to activate the epoxide ring so that CO2 can insert into the structure. These catalysts are generally effective under elevated pressures (5-30 bar) and temperatures (60-150°C) [53,55]. Zinc- based catalysts are especially popular because they're affordable and easier to scale up [60].

2) **Organocatalysts:** Organic bases like DBU and TBD have gained attention because they allow carbonation reactions to happen under milder conditions, with lower toxicity and less energy input [54,61]. They also support solvent-free reactions, which is a key advantage from a green chemistry perspective [35].

3) **Ionic Liquids:** Ionic liquids like imidazolium- and pyridinium-based systems ([BMIm][BF4], [EMIm][Cl]) offer a dual advantage – they dissolve CO_2 and also catalyze the reaction [62]. Their ability to be tuned for different tasks, low volatility, and recyclability make them appealing. However, they can be expensive, and recovering them for reuse can be tricky [56].

4) **Thiol-Based Catalysts:** Thiols can serve both as reactants and as internal catalysts in the decarboxylation of cyclic carbonates. This approach allows CO2 to be released directly during the reaction, which helps create foams without needing extra blowing agents [58]. The structure of the thiol (whether it's di-, tri-, or tetrafunctional) influences the mechanical and thermal properties of the final foam.

5) **Heterogeneous Catalysts:** Recent research highlights the potential of heterogeneous systems, including metal oxides, carbon-based materials, and especially metal-organic frameworks, for large-scale applications [63-65]. These catalysts are reusable, reduce environmental impact, and can mimic enzyme-like activity [66].

Table 5.1

Summary of Catalysts Used in the Carbonation Step of NIPU Synthesis

Catalyst Type	Examples	Conditions (Temp/Pressure)	Solvent Requirement	Advantages
Metal-Based	Zn (II), Al (III), Sn (IV)	80-150°C / 10-30 bar	Optional	High efficiency, scalable
Organocatalysts	DBU, TBD	60-120°C / 5-15 bar	No	Green, mild conditions
Ionic Liquids	[BMIm][BF_4],	70-130°C /	Yes	Dual
	[EMIm] [Cl]	5-20 bar		function, recyclable
Thiol-Based	Di-/Tri-/Tetra-thiols	Variable	Varies	Reacts + catalyzes, foam-specific
Heterogeneous	MOFs, Silica, Zeolites	60-140°C / 5-25 bar	Optional	Recyclable, stable

Among the different catalysts discussed, metal-based catalysts are still the most commonly used in industrial applications. They offer reliable performance, are relatively affordable, and are easy to scale up for large production.

However, there's growing interest in organocatalysts and ionic liquids because they have a smaller environmental footprint.

Current research is focused on developing catalysts that combine high efficiency with recyclability and compatibility with bio-based raw materials [67,68]. This way, the goal is to make the whole process more sustainable and suitable for large-scale, greener production of NIPUs.

6. Amines in NIPUF Synthesis

Amines are key building blocks in the synthesis of non-isocyanate polyurethane foams. They act as nucleophiles, reacting with cyclic carbonates to form P-hydroxyurethane linkages. This aminolysis process essentially defines the structure of the polymer and directly affects important properties like crosslinking density, foam structure, mechanical strength, thermal stability, and even biodegradability [69, 70].

6.1. Types of Amines Used

A wide range of amines has been explored in NIPU synthesis:

- Primary amines (such as ethylene diamine, hexamethylene diamine) are highly reactive with cyclic carbonates, making them ideal for fast and efficient polymerization [71].
- Secondary amines react more slowly, which can actually be beneficial when you want more control over the polymer's architecture[14].
- Fatty diamines (like PRIAMINE 1075) are bio-based alternatives that provide excellent tensile strength and flexibility [72].
- Gallic acid- and polysiloxane-modified amines can boost both the thermal and mechanical properties of the final materials [43].

6.2. Reactivity and Structure-Property Relationships

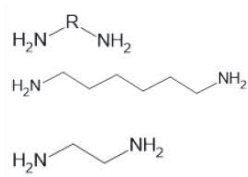
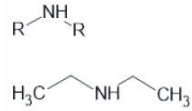
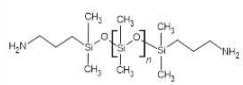
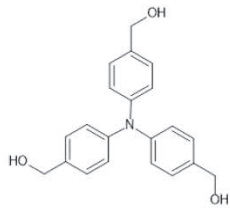
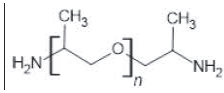
The structure of the amine plays a major role in determining the final properties of the polymer:

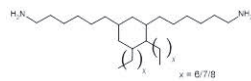
- **Linear diamines** tend to increase rigidity and also improve biodegradability [43].
- **Aromatic diamines** make the polymer stiffer and give it better thermal resistance [73,74].
- **Amine-terminated oligomers** with controlled functionality are used to build hybrid NIPU networks, helping to boost crosslinking and increase the gel content in the final material [75-79].

Amines are essential for making Non-Isocyanate Polyurethanes (NIPUs). They react with cyclic carbonates to create the urethane bonds that define the polymer. The specific amine you choose has a big influence on the material's key properties – things like hardness, elasticity, biodegradability, and thermal stability. Researchers have tested a wide variety of primary and secondary amines, along with different oligomeric and bio-based amines, to fine-tune the characteristics of NIPUs. The table below provides a summary of the most commonly used amines in NIPU synthesis.

Table 6.1

Comparative Table: Types of Amines Used in NIPU Synthesis

Amine Type	Structure / Example	Reactivity with Cyclic Carbonates	Impact on Polymer Properties	Sustainability / Source
Primary Diamines	Hexamethylene diamine, Ethylene diamine 	High, rapid aminolysis	High crosslinking, strong and rigid foams	Widely available, some bio-based variants
Secondary Amines	Diethylamine 	Moderate, slower than primary	Controlled crosslinking, improved flexibility	Synthetic, limited bio-variants
Polysiloxane-modified Amines	Amine-terminated polysiloxane 	Moderate to high	Enhances flexibility, hydrophobicity	Specialty chemical, syntheticall y modified
Gallic Acid-based Amines	Tris (hydroxyphenyl) a mine derivatives 	High	Improves thermal stability	Derived from natural phenols
Amine-Terminated Oligomers	Amine-terminated polyesters/polyethers 	Controlled, stoichiometric	Enhances toughness, tailored architecture	Can be bio-based or synthetic

Amine Type	Structure / Example	Reactivity with Cyclic Carbonates	Impact on Polymer Properties	Sustainability / Source
Fatty Diamines	PRIAMINE 1075 	High	Exceptional elongation and strength	Fully renewable, bio-based

The molar ratio between the amine and cyclic carbonate, as well as the curing temperature (typically between 10-140 °C), are critical factors for achieving the desired properties in the final material. These factors influence important characteristics like gel fraction, porosity, and hydrolytic stability. Studies by Figovsky et al. (2009) showed that careful control of these parameters leads to better performance [76].

Role in Self-Blowing Foams. Amines also play a key role in the production of self-blowing PHU foams. They react with cyclic carbonates to form the urethane linkages, and when combined with thiols, they help generate CO2 directly within the system. This reaction allows the foam to expand without needing additional external blowing agents [43,71,80].

Hybrid and Networked NIPUs. Recent patents describe the development of cyclocarbonate-epoxy-amine hybrid systems for making highly crosslinked NIPU networks. These hybrid systems have been shown to offer:

- Gel fractions over 96%
- Excellent chemical resistance
- Improved performance as composite matrices

These hybrid NIPUs help address common problems found in traditional isocyanate-based materials, like poor hydrolytic stability and environmental toxicity [72,81].

Advantages and Sustainability

- **Bio-based origins:** Many amines can be sourced from renewable materials like vegetable oils and lignin, which helps improve the overall sustainability of the process [82,83].
- **Lower toxicity:** Compared to isocyanates, amines are much safer to handle and align better with the goals of green chemistry [84].

• **Functionality control:** By modifying the chain ends or side groups of amines, researchers can fine-tune the architecture of the resulting polymers [14].

Amines are incredibly versatile and reactive building blocks in the development of NIPUs and NIPUFs. Whether it's simple linear diamines or more complex biobased and functionalized amines, they offer precise control over polymer structure, foaming behavior, and overall performance. In short, amines play a crucial role in creating safer, greener, and more durable alternatives to traditional polyurethanes.

References:

1. Kathalewar M.S., Joshi P.B., Sabnis A.S., Malshe V.C., Non-isocyanate polyurethanes: From chemistry to applications, RSC Adv 3 (2013) 4110-4129. https://doi.org/10.1039/c2ra21938g.

2. Jiang R., Zheng X., Zhu S., Li W., Zhang H., Liu Z., Zhou X., Recent Advances in Functional Polyurethane Chemistry: From Structural Design to Applications, ChemistrySelect 8 (2023). https://doi.org/10.1002/slct.202204132.

3. Balla E., Bikiaris D.N., Pardalis N., Bikiaris N.D., Toward Sustainable Polyurethane Alternatives: A Review of the Synthesis, Applications, and Lifecycle of Non-Isocyanate Polyurethanes (NIPUs), Polymers (Basel) 17 (2025) 1364. https://doi.org/10.3390/polym17101364.

4. Chen X., Li L., Jin K., Torkelson J.M., Reprocessable polyhydroxyurethane networks exhibiting full property recovery and concurrent associative and dissociative dynamic chemistry via transcarbamoylation and reversible cyclic carbonate aminolysis, Polym. Chem. 8 (2017) 6349-6355. https://doi.org/10.1039/C7PY01160A.

5. Chaib M., Thakur S., Ben Youcef H., Lahcini M., Verdejo R., Achieving rapid foaming in self-blown non-isocyanate polyurethane foams via controlled epoxy functionality in cyclic carbonates, Eur Polym J 229 (2025). https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2025.113843.

6. Ozimek J., Pielichowski K., Sustainability of Nonisocyanate Polyurethanes (NIPUs), Sustainability 16 (2024) 9911. https://doi.org/10.3390/su16229911.

7. Rayung M., Ghani N.A., Hasanudin N., A review on vegetable oil-based non isocyanate polyurethane: towards a greener and sustainable production route, RSC Adv 14 (2024) 9273-9299. https://doi.org/10.1039/d3ra08684d.

8. Guifeng L., Zhenwu K., Guomin W., Jian C., Shuping H., Can J., POSS modified rosin nonisocyanate polyurethane and preparation method of nonisocyanate polyurethane, CN105504272 (A), n.d. https://patents.google.com/patent/CN105504272A/en?oq=CN105504272+(A) (accessed January 22, 2016).

9. Bizet B., Grau E., Cramail H., Asua J.M., Crosslinked isocyanate-free poly(hydroxy urethane)s – Poly(butyl methacrylate) hybrid latexes, Eur Polym J 146 (2021) 110254. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.110254.

10. Khezraji S. El, Gonzalez Tome S., Thakur S., Ablouh E.H., Ben Youcef H., Raihane M., Lopez-Manchado M.A., Verdejo R., Lahcini M., Fast synthesis of crosslinked self-blowing poly(P-hydroxythioether) foams by decarboxylative- alkylation of thiols at room temperature, Eur Polym J 189 (2023) 111960. https://doi.org/10.1016/J.EURPOLYMJ.2023.111960.

11. Monie F., Grignard B., Thomassin J.M., Mereau R., Tassaing T., Jerome C., Detrembleur C., Chemo- and Regioselective Additions of Nucleophiles to Cyclic Carbonates for the Preparation of Self-Blowing Non-Isocyanate Polyurethane Foams, Angewandte Chemie – International Edition 59 (2020) 17033-17041. https://doi.org/10.1002/anie.202006267.

12. Booysen J., Marx S., Muller L., Vermeulen U., Grobler A., Synthesis of Novel Non-Isocyanate Polyhydroxyurethane from L-Lysine and Its Application, in: 7th International Conference on Latest Trends in Engineering and Technology (ICLTET'2015) Nov. 26-27, 2015 Irene, Pretoria (South Africa), International Institute of Engineers, 2015. https://doi.org/10.15242/IIE.E1115053.

13. Acosta Ortiz R., Duarte M.L.B., Gomez A.G.S., Sangermano M., Garda Valdez A.E., Novel diol spiro orthocarbonates derived from glycerol as anti-shrinkage additives for the cationic photopolymerization of epoxy monomers, Polym Int 59 (2010) 680-685. https://doi.org/10.1002/pi.2755.

14. Orabona F., Recupido F., Lama G.C., Polaczek K., Taddeo F., Salmi T., Di Serio M., Verdolotti L., Russo V., Cutting-edge development of non-isocyanate polyurethane (NIPU) foams: from sustainable precursors to environmental impact evaluation, Green Chemistry 27 (2025) 7403-7444. https://doi.org/10.1039/D4GC05796A.

15. Furtwengler P., Averous L., Renewable polyols for advanced polyurethane foams from diverse biomass resources, Polym Chem 9 (2018) 4258-4287. https://doi.org/10.1039/c8py00827b.

16. Liu Y., Liu H., Qin G., Gui Z., Yang Z., Liu J., Study of novel nonlinear optical material based on Poly(aryl ether ketone) and its application in SHG imaging, Opt Mater (Amst) 72 (2017) 392-396. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2017.06.032.

17. Clark J.H., Farmer T.J., Ingram I.D. V., Lie Y., North M., Renewable Self-Blowing Non-Isocyanate Polyurethane Foams from Lysine and Sorbitol, European J Org Chem 2018 (2018) 4265-4271. https://doi.org/10.1002/ejoc.201800665.

18. El Khezraji S., Ben youcef H., Belachemi L., Lopez Manchado M.A.,

Verdejo R., Lahcini M., Recent Progress of Non-Isocyanate Polyurethane Foam and Their Challenges, Polymers (Basel) 15 (2023) 254. https://doi.org/10.3390/polym15020254.

19. Steblyanko A., Choi W., Sanda F., Endo T., Addition of five-membered cyclic carbonate with amine and its application to polymer synthesis, J Polym Sci A Polym Chem 38 (2000) 2375-2380. https://doi.org/10.1002/1099-0518 (20000701)38:13<2375::AID-POLA100>3.0.CO;2-U.

20. Liu G., Kong Z., Wu G., Chen J., Huo S., Jin C., POSS modified rosin nonisocyanate polyurethane and preparation method of nonisocyanate polyurethane, CN105504272A, 2016.

21. Zhao J., Wang G., Zhang J., Yang W., Method for preparing biodegradable thermoplastic polyurethane with benzene ring structure through nonisocyanate method, CN106317406A, 2015.

22. Bahr M., Bitto A., Mulhaupt R., Cyclic limonene dicarbonate as a new monomer for non-isocyanate oligo- and polyurethanes (NIPU) based upon terpenes, Green Chemistry 14 (2012) 1447. https://doi.org/10.1039/c2gc35099h.

23. Hong H., Li Z., Wu H., Wang D., Liu L., Luo W., Yang T., Yang K., Yao J., Polyphenol lignin derived non-isocyanate polyurethane with mechanically robust and photothermal conversion performances, Int J Biol Macromol 310 (2025) 143259. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143259.

24. Yokawa K., Higashihara T., Recent progress in nonstoichiometric step-growth polymerization, Polym Chem 16 (2025) 11-26. https://doi.org/10.1039/D4PY01091D.

25. Bhattacharjee S., Chongdar S., Modak A., Bhanja P., Jena B.K., Bhaumik A., Synthesis of isocyanate-free polyurethane concocting multiple cyclic carbonates catalysed by a new microporous zinc phosphonate *via* CO_2 fixation, Green Chemistry 24 (2022) 8853-8862. https://doi.org/10.1039/D2GC02959F.

26. Tran C.-H., Lee M.-W., Lee S.-J., Choi J.-H., Lee E.-G., Choi H.-K., Kim I., Highly Active Heterogeneous Double Metal Cyanide Catalysts for Ring-Opening Polymerization of Cyclic Monomers, Polymers (Basel) 14 (2022) 2507. https://doi.org/10.3390/polym14122507.

27. Storey R.F., Mullen B.D., Desai, G.S., Sherman J.W., Tang C.N., Soluble tin(II) macroinitiator adducts for the controlled ring-opening polymerization of lactones and cyclic carbonates, J Polym Sci A Polym Chem 40 (2002) 3434-3442. https://doi.org/10.1002/pola.10448.

28. Datta J., Wloch M., Progress in non-isocyanate polyurethanes synthesized from cyclic carbonate intermediates and di- or polyamines in the context of structure-properties relationship and from an environmental point of view, Polymer Bulletin (2015). https://doi.org/10.1007/s00289-015-1546-6.

29. Wang T., Deng H., Li N., Xie F., Shi H., Wu M., Zhang C., Mechanically strong non-isocyanate polyurethane thermosets from cyclic carbonate linseed oil, Green Chemistry 24 (2022) 8355-8366. https://doi.org/10.1039/D2GC02910C.

30. Qiao C., Shi W., Brandolese A., Benet-Buchholz J., Escudero-Adan E.C., Kleij A.W., A Novel Catalytic Route to Polymerizable Bicyclic Cyclic Carbonate Monomers from Carbon Dioxide, Angewandte Chemie International Edition 61 (2022). https://doi.org/10.1002/anie.202205053.

31. Rokicki G., Piotrowska A., A new route to polyurethanes from ethylene carbonate, diamines and diols, Polymer (Guildf) 43 (2002) 2927-2935. https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00071-X.

32. Gregory G.L., Ulmann M., Buchard A., Synthesis of 6-membered cyclic carbonates from 1,3-diols and low CO_2 pressure: a novel mild strategy to replace phosgene reagents, RSC Adv 5 (2015) 39404-39408. https://doi.org/10.1039/C5RA07290E.

33. Lambeth R.H., Progress in hybrid non-isocyanate polyurethanes, Polym Int 70 (2021) 696-700. https://doi.org/10.1002/pi.6078.

34. Ecochard Y., Leroux J., Boutevin B., Auvergne R., Caillol S., From multi functional siloxane-based cyclic carbonates to hybrid polyhydroxyurethane thermosets, Eur Polym J 120 (2019) 109280. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.109280.

35. Liu W., Hang G., Mei H., Li L., Zheng S., Nanocomposites of Polyhydroxyurethane with POSS Microdomains: Synthesis via Non-Isocyanate Approach,

Morphologies and Reprocessing Properties, Polymers (Basel) 14 (2022) 1331. https://doi.org/10.3390/polym14071331.

36. Krutskikh D. V., Shapagin A. V., Plyusnina I.O., Budylin N.Yu., Shcherbina A.A., Soldatov M.A., Modification of Epoxy Coatings with Fluorocontaining Organosilicon Copolymers, Polymers (Basel) 16 (2024) 1571. https://doi.org/10.3390/polym16111571.

37. Alves M., Grignard B., Gennen S., Detrembleur C., Jerome C., Tassaing T., Organocatalytic synthesis of bio-based cyclic carbonates from CO $_2$ and vegetable oils, RSC Adv 5 (2015) 53629-53636. https://doi.org/10.1039/C5RA10190E.

38. Gamal Mohamed M., Tsai M.-Y., Wang C.-F., Huang C.-F., Danko M., Dai L., Chen T., Kuo S.-W., Multifunctional Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane (POSS) Based Hybrid Porous Materials for CO2 Uptake and Iodine Adsorption, Polymers (Basel) 13 (2021) 221. https://doi.org/10.3390/polym13020221.

39. Stansbury J.W., Synthesis and Evaluation of New Oxaspiro Monomers for Double Ring-opening Polymerization, J Dent Res 71 (1992) 1408-1412. https://doi.org/10.1177/00220345920710070901.

40. Hedrick J.L., Piunova V., Park N.H., Erdmann T., Arrechea P.L., Simple and Efficient Synthesis of Functionalized Cyclic Carbonate Monomers Using Carbon Dioxide, ACS Macro Lett 11 (2022) 368-375. https://doi.org/10.1021/acsmacrolett.2c00060.

41. Song J., Zhang Z., Hu S., Wu T., Jiang T., Han B., MOF-5/n-Bu4NBr: an efficient catalyst system for the synthesis of cyclic carbonates from epoxides and CO2 under mild conditions, Green Chemistry 11 (2009) 1031. https://doi.org/10.1039/b902550b.

42. Singh Dhankhar S., Ugale B., Nagaraja C.M., Co-Catalyst-Free Chemical Fixation of CO $_2$ into Cyclic Carbonates by using Metal-Organic Frameworks as Efficient Heterogeneous Catalysts, Chem Asian J 15 (2020) 2403-2427. https://doi.org/10.1002/asia.202000424.

43. Yu L., Zheng X., Jia K., Han C., Huang L., A kind of organic-silicon- modified bifunctionality urethane acrylate monomer and the preparation method and application thereof, CN109762008A, 2018.

44. Werner T., Tenhumberg N., Synthesis of cyclic carbonates from epoxides and CO2 catalyzed by potassium iodide and amino alcohols, Journal of CO2 Utilization 7 (2014) 39-45. https://doi.org/10.1016/j-jcou.2014.04.002.

45. Kaneko S., Shirakawa S., Potassium Iodide-Tetraethylene Glycol Complex as a Practical Catalyst for CO $_2$ Fixation Reactions with Epoxides under Mild Conditions, ACS Sustain Chem Eng 5 (2017) 2836-2840. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b00324.

46. Peng J., Wang S., Yang H.-J., Ban B., Wei Z., Wang L., Bo L., Chemical fixation of CO2 to cyclic carbonate catalyzed by new environmental- friendly bifunctional bis-P-cyclodextrin derivatives, Catal Today 330 (2019) 76-84. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.06.020.

47. Doley S., Bora A., Saikia P., Ahmed S., Dolui S.K., Blending of cyclic carbonate based on soybean oil and glycerol: a non-isocyanate approach towards the synthesis of polyurethane with high performance, Journal of Polymer Research 28 (2021) 146. https://doi.org/10.1007/s10965-021-02485-2.

48. Liu M., Liu B., Shi L., Wang F., Liang L., Sun J., Melamine-ZnI $_2$ as heterogeneous catalysts for efficient chemical fixation of carbon dioxide to cyclic carbonates, RSC Adv 5 (2015) 960-966. https://doi.org/10.1039/C4RA11460D.

49. Hirose T., Qu S., Kodama K., Wang X., Organocatalyst system for disubstituted carbonates from cycloaddition between CO2 and internal epoxides, Journal of CO2 Utilization 24 (2018) 261-265. https://doi.org/10.1016/j-jcou.2018.01.016.

50. Huh S., Direct Catalytic Conversion of CO2 to Cyclic Organic Carbonates under Mild Reaction Conditions by Metal—Organic Frameworks, Catalysts 9 (2019) 34. https://doi.org/10.3390/catal9010034.

51. Brege A., Grignard B., Mereau R., Detrembleur C., Jerome C., Tassaing T., En Route to CO2-Based (a)Cyclic Carbonates and Polycarbonates from Alcohols Substrates by Direct and Indirect Approaches, Catalysts 12 (2022) 124. https://doi.org/10.3390/catal12020124.

52. Tomishige K., Gu Y., Nakagawa Y., Tamura M., Reaction of CO2 With Alcohols to Linear-, Cyclic-, and Poly-Carbonates Using CeO2-Based Catalysts, Front Energy Res 8 (2020). https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00117.

53. Sun J., Wang L., Zhang S., Li Z., Zhang X., Dai W., Mori R., ZnCl2/phosphonium halide: An efficient Lewis acid/base catalyst for the synthesis of cyclic carbonate, J Mol Catal A Chem 256 (2006) 295-300. https://doi.org/10.1016/jzmolcata.2006.05.004.

54. Honda M., Tamura M., Nakao K., Suzuki K., Nakagawa Y., Tomishige K., Direct Cyclic Carbonate Synthesis from CO 2 and Diol over Carboxylation/Hydration Cascade Catalyst of CeO $_2$ with 2-Cyanopyridine, ACS Catal 4 (2014) 1893-1896. https://doi.org/10.1021/cs500301d.

55. He Q., O'Brien J.W., Kitselman K.A., Tompkins L.E., Curtis G.C.T., Kerton F.M., Synthesis of cyclic carbonates from CO $_2$ and epoxides using ionic liquids and related catalysts including choline chloride-metal halide mixtures, Catal. Sci. Technol. 4 (2014) 1513-1528. https://doi.org/10.1039/C3CY00998J.

56. Martmez-Ferrate O., Chacon G., Bernardi F., Grehl T., Bruner P., Dupont J., Cycloaddition of carbon dioxide to epoxides catalysed by supported ionic liquids, Catal Sci Technol 8 (2018) 3081-3089. https://doi.org/10.1039/C8CY00749G.

57. Ge Y., Liu W., Zou Y., Cheng G., Ke H., A solid Zn complex catalyst for efficient transformation of CO2 to cyclic carbonates at mild conditions, Tetrahedron 119 (2022) 132857. https://doi.org/10.1016/j.tet.2022.132857.

58. Bousquet B., Martinez A., Dufaud V., Zinc-Azatrane Complexes as Efficient Catalysts for the Conversion of Carbon Dioxide into Cyclic Carbonates, ChemCatChem 10 (2018) 843-848. https://doi.org/10.1002/cctc.201701481.

59. Appaturi J.N., Ramalingam Rajabathar. J., Gnanamani M.K., Periyasami G., Arunachalam P., Adnan R., Adam F., Wasmiah M.D., Al-Lohedan H.A., Review on Carbon Dioxide Utilization for Cycloaddition of Epoxides by Ionic Liquid-

Modified Hybrid Catalysts: Effect of Influential Parameters and Mechanisms Insight, Catalysts 11 (2020) 4. https://doi.org/10.3390/catal11010004.

60. Kessaratikoon T., Theerathanagom T., Crespy D., D'Elia V., Organocatalytic Polymers from Affordable and Readily Available Building Blocks for the Cycloaddition of CO_2 to Epoxides, J Org Chem 88 (2023) 4894-4924. https://doi.org/10.1021/acs.joc.2c02447.

61. Natongchai W., Posada-Perez S., Phungpanya C., Luque-Urrutia J.A., Sola M., D'Elia V., Poater A., Enhancing the Catalytic Performance of Group I, II Metal Halides in the Cycloaddition of CO 2 to Epoxides under Atmospheric Conditions by Cooperation with Homogeneous and Heterogeneous Highly Nucleophilic Aminopyridines: Experimental and Theoretical Study, J Org Chem 87 (2022) 2873-2886. https://doi.org/10.1021/acs.joc.1c02770.

62. Detrembleur C., Thomassin J.-M., Grignard B., Monie F., Jerome C., Self-blowing isocyanate-free polyurethane foams, WO2021004993A1, 2019.

63. Manka D., Siewniak A., Deep Eutectic Solvents as Catalysts for Cyclic Carbonates Synthesis from CO2 and Epoxides, Molecules 27 (2022) 9006. https://doi.org/10.3390/molecules27249006.

64. Diakoumakos C.D., Lubomirov Kotzev D., Non-Isocyanate-Based Polyurethane and Hybrid Polyurethane-Epoxy Nanocomposite Polymer Compositions, US20120149842A1, n.d.

https://patents.google.com/patent/US20120149842A1/en (accessed February 15, 2012).

65. Benedito A., Acarreta E., Gimenez E., Highly Efficient MOF Catalyst Systems for CO2 Conversion to Bis-Cyclic Carbonates as Building Blocks for NIPHUs (Non-Isocyanate Polyhydroxyurethanes) Synthesis, Catalysts 11 (2021) 628. https://doi.org/10.3390/catal11050628.

66. He X., Wu G., Xu L., Yan J., Yan Y., Lipase-Catalyzed Synthesis, Properties Characterization, and Application of Bio-Based Dimer Acid Cyclocarbonate, Polymers (Basel) 10 (2018) 262. https://doi.org/10.3390/polym10030262.

67. Monmagnon A., Bayle P.-A., Flaig F., Carpe C., Harfi J. El, Demadrille R., Rolere, Insights on the polymerization kinetics of non-isocyanate polyurethanes (NIPU) using in situ NMR spectroscopy, Polym Test 140 (2024) 108615. https://doi.org/10.1016/jzpolymertesting.2024.108615.

68. Huang H., Qui X., Wang C., Qiu B., Wei D., Liu S., Wu Y., Water-induced self-foaming polyhydroxy polyurethane foam and preparation method and application thereof, CN119529362A, n.d. https://patents.google.com/patent/CN119529362A/en?oq= CN119529362+(A) (accessed December 18, 2024).

69. Yu L., Jia K., Zheg X., Han C., Huang, L. A kind of organic-silicon-modified single functionality polyurethane acrylic ester monomer and the preparation method and application thereof, CN109762008A, n.d. https://patents.google.com/patent/ CN109762008A/en?oq=CN109762008A (accessed December 28, 2018).

70. de la Cruz-Martrnez F., Castro-Osma J.A., Lara-Sanchez A., Catalytic synthesis of bio-sourced organic carbonates and sustainable hybrid materials from CO2, in: 2022: pp. 189-236. https://doi.org/10.1016/bs.acat.2022.07.003.

71. Monie F., Grignard B., Thomassin J., Mereau R., Tassaing T., Jerome C., Detrembleur C., Chemo- and Regioselective Additions of Nucleophiles to Cyclic Carbonates for the Preparation of Self-Blowing Non-Isocyanate Polyurethane Foams, Angewandte Chemie 132 (2020) 17181-17189. https://doi.org/10.1002/ange.202006267.

72. Catala J., Guerra I., Garria-Vargas J.M., Ramos M.J., Garda M.T., Rodri-guez J.F., Tailor-Made Bio-Based Non-Isocyanate Polyurethanes (NIPUs), Polymers (Basel) 15 (2023) 1589. https://doi.org/10.3390/polym15061589.

73. Matsumoto K., Kokai A., Endo T., Synthesis and properties of novel poly(hydroxyurethane) from difunctional alicyclic carbonate and m- xylylenediamine and its possibility as gas barrier materials, Polymer Bulletin 73 (2016) 677-686. https://doi.org/10.1007/s00289-015-1513-2.

74. Mhatre S. V., Mahajan J.S., Epps T.H., Korley L.T.J., Lignin-derivable alternatives to petroleum-derived non-isocyanate polyurethane thermosets with enhanced toughness, Mater Adv 4 (2023) 110-121. https://doi.org/10.1039/D2MA00895E.

75. Figovsky O., Hybrid nonisocyanate polyurethane network polymers and composites formed therefrom, KR20010071470A, 2001. https://patents.google.com/patent/KR20010071470A/en?oq=KR20010071470 (accessed July 28, 2001).

76. Leykin A., Beilin D., Birukova O., Figovsky O., Shapovalov L., Nonisocyanate Polyurethanes Based on Cyclic Carbonates: Chemistry and Application. Review, Journal "Scientific Israel-Technological Advantages 9 (2009) 159-189. https://www.researchgate.net/publication/261362367_Nonisocyanate_Polyurethanes_Based_on_Cyclic_Carbonates_Chemistry_and_Application_Review (accessed August 18, 2025).

77. Ke J., Li X., Wang F., Jiang S., Kang M., Wang J., Li Q., Wang Z., Nonisocyanate polyurethane/epoxy hybrid materials with different and controlled architectures prepared from a CO 2 -sourced monomer and epoxy via an environmentally-friendly route, RSC Adv 7 (2017) 28841-28852. https://doi.org/10.1039/C7RA04215A.

78. Wazarkar K., Kathalewar M., Sabnis A., Development of epoxy-urethane hybrid coatings via non-isocyanate route, Eur Polym J 84 (2016) 812-827. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.10.021.

79. Asemani H., Zareanshahraki F., Mannari V., Design of hybrid nonisocyanate polyurethane coatings for advanced ambient temperature curing applications, 47266 (2018) 1-10. https://doi.org/10.1002/app.47266.

80. Bourguignon M., Grignard B., Detrembleur C., Water-Induced Self-Blown Non-Isocyanate Polyurethane Foams, Angewandte Chemie International Edition 61 (2022). https://doi.org/10.1002/anie.202213422.

81. He H., Sun Q., Gao W., Perman J.A., Sun F., Zhu G., Aguila B., Forrest K., Space B., Ma S., A Stable Metal-Organic Framework Featuring a Local Buffer Environment for Carbon Dioxide Fixation, Angewandte Chemie – International Edition 57 (2018) 4657-4662. https://doi.org/10.1002/anie.201801122.

82. Kotanen S., Poikelispaa M., Efimov A., Harjunalanen T., Mills C., Laaksonen T., Sarlin E., Hydrolytic stability of polyurethane/polyhydroxyurethane hybrid adhesives, Int J Adhes Adhes 110 (2021) 102950. https://doi.org/10.1016/jijadhadh.2021.102950.

83. Wolosz D., Parzuchowski P.G., Biobased non-isocyanate poly (carbonate-urethane of exceptional strength and flexibility, Polymer (Guildf) 254 (2022). https://doi.org/10.1016/jzpolymer.2022.125026.

84. Delavarde A., Savin G., Derkenne P., Boursier M., Morales-Cerrada R., Nottelet B., Pinaud J., Caillol S., Sustainable polyurethanes: toward new cuttingedge opportunities, Prog Polym Sci 151 (2024) 101805. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2024.101805.

3.11. Non-Isocyanate Polyurethane Foams. Part II

Abstract: Polyurethane foams (PUFs) constitute a major class of polymeric materials, widely appreciated for their excellent mechanical strength, chemical resistance, and physical versatility. They are used in a wide variety of applications, such as insulation, cushioning, coatings, and structural parts. Traditionally, PUFs are prepared through polyaddition reactions involving polyols, diisocyanates, and water, where the in-situ generated CO2 in the reaction mixture serves as the blowing agent. However, there are significant concerns with the use of isocyanates as they are toxic, classified respiratory sensitizers, and contribute to environmental pollution. These issues have directed both researchers and industry experts to search for safer and more sustainable alternative feedstocks.

The polyaddition reaction between cyclic carbonates (CCs) and polyfunctional amines has been one promising alternative. The reaction leads to the formation of non-isocyanate polyurethanes (NIPUs), specifically polyhydroxyurethane foams (PHUFs). Foaming is achieved by using external chemical blowing agents or through self-blowing reactions, where gases are generated directly in the system. The generated foam cells – the structures that give foams their unique properties – depends largely on the gas-forming reactions.

This review focuses on the different blowing agents used in NIPUF synthesis, such as poly(methylhydrogensiloxane) (PHMS) and liquid fluorohydrocarbons. It also looks at recent advances in self-blowing techniques, which eliminate the need for external agents and make the process more sustainable. Special emphasis is placed on NIPUFs derived from renewable feedstocks, as these align with global trend towards green chemistry and circular materials. The review provides an overview of both externally blown and self-blown biobased NIPUFs, detailing their synthesis, performance, and potential industrial applications.

Keywords: nuclear power station, cooling systems, patents, biobased polyurethane, blowing agent, non-isocyanate polyurethane, polymeric foams, polyurethane foams, self-blowing.

Table 1

List of abbreviations used in this review

Abbreviation	Full term
CCs	cyclic carbonates
DABCO	1,4-diazabicyclo [2.2.2] octane
DSTDL	dibutyltin dilaurate
DBU	1,8-Diazabicyclo[5.4.0]undec-7-en
EC	ethylene carbonate
Abbreviation	Full term
GC	Glycerol Carbonate
LDI	L-Lysine ethyl ester diisocyanate
MOF	metal-organic framework
NIPUFs	non-isocyanate polyurethane foams
NIPUs	non-isocyanate polyurethanes
PC	propylene carbonate
PHMS	poly(methylhydrogensiloxane)
PHUFs	polyhydroxyurethane foams
PHUs	polyhydroxyurethanes
PUs	polyurethanes
PUFs	polyurethane foams
ROP	ring-Opening Polymerization
SDGs	sustainable Development Goals
SOC	spiro-orthocarbonate
TBD	triazabicyclodecene
VOCs	volatile organic compounds

7. Catalysts for Urethane Formation in NIPU Synthesis

This section focuses on catalysts used in the reaction between cyclic carbonates and amines to form urethane linkages during the synthesis of nonisocyanate polyurethanes. Catalysts are crucial because they help speed up the reaction, improve selectivity, lower energy consumption, and support the development of more sustainable materials.

7.1. Overview of Recent Advances

Recent research has explored upcycling biobased polyurethane foams into thermoset networks. This approach helps promote sustainability by contributing to circular economy strategies. These foams are made from biobased polyols and polyisocyanates and can contain up to 93% renewable carbon. Using dibutyltin dilaurate (DBTDL) as a

catalyst, transcarbamoylation reactions allow reshaping PUFs into thermoset networks, making them recyclable [85,86].

Catalysts like DBTDL are key for enabling urethane bond exchange reactions, which create dynamic covalent networks. These networks show properties like stress relaxation and reprocessability, which are critical for developing recyclable thermosets from already-cured PUFs.

Biobased polyols such as Pripol® 2033 and diglycerol, when combined with L-Lysine ethyl ester diisocyanate (LDI) and Tolonate™ X FLO 100, have been used to make lightweight, high-performance foams with good thermal and mechanical stability [87].

Several patents illustrate the progress in this area:

• A bifunctional urethane acrylate monomer modified with organosilicon fragments was developed to improve coating properties such as flexibility, smoothness, and hydrophobicity. The presence of a non-isocyanate polyurethane backbone and reactive acrylate terminals enables fast drying, better adhesion, and reduced internal stress during curing. The monomer can be used in UV-curable and thermally curable systems. The synthesis is solvent-free and environmentally friendly [88].

• A polyurethane coating based on bisphenol AF and fluorinated cyclocarbonates was developed using CO**2** and perfluoro-epoxy compounds under high-pressure synthesis. The resulting nonisocyanate system exhibits excellent lyophobic and oleophobic behavior, combined with superior hardness, chemical durability, and anti-corrosion properties, offering potential as a high-performance alternative to conventional polyurethane films [89].

• This patent outlines the preparation of a gallic acid-based nonisocyanate polyurethane modified with siloxane segments. The process involves copolymerization of gallic acid-derived and organosilicon cyclic carbonates with amine curing agents. The final polymer displays enhanced thermomechanical strength while being synthesized under mild and eco-friendly conditions without hazardous reagents [90].

• A nonisocyanate polyurethane coating was developed from sorbitol-based cyclic carbonates obtained via CO**2** cycloaddition to sorbitol epoxides. After blending with diamines or polyamines, the coating formulation demonstrated high hardness, impact resistance, and biodegradability. This material provides an environmentally safe coating option, suitable for replacing traditional isocyanate- based systems [91].

• A hybrid material combining nonisocyanate polyurethane and epoxy resin was developed through a crosslinking process. The resulting coating demonstrates strong adhesion, good mechanical strength, and chemical resistance – particularly against water, gasoline, and salt spray – making it suitable for protective painting applications [92].

• This Korean patent discloses a hybrid network polymer composed of cyclocarbonate- and epoxy-functionalized oligomers crosslinked with amine- terminated oligomers. The resulting polymer network shows a high gel content and structural uniformity. It is intended for use in composite matrices with controlled reactivity and multifunctional performance [93].

• A method for synthesizing nonisocyanate polyurethane is presented, using a novel catalyst system composed of metal salts and ionic liquids. The process allows for the formation of polycyclic carbonates, which are then reacted with amines. The technique offers high catalytic activity, selectivity, and process simplicity under mild reaction conditions [94].

This invention outlines a two-step route to nonisocyanate polyurethane using renewable feedstock – epoxidized soybean oil and CO**2**. The process yields cyclic carbonates that are further reacted with amines to produce environmentally friendly NIPUs. It emphasizes low environmental impact, simplicity, and suitability for scaling up with bio-based resources [95].

7.3. Types of Catalysts

Catalysts play a key role in enabling the urethane-formation reaction between cyclic carbonates and amines during the synthesis of non-isocyanate polyurethanes. These reactions typically involve **aminolysis**, where nucleophilic amines open the cyclic carbonate rings to create hydroxyurethane linkages. The type of catalyst used can have a big impact on how quickly the reaction proceeds, how selective it is, and how sustainable the process can be overall.

Here's an overview of the main types of catalysts used in NIPU synthesis:

1) **Organobases** (like DBU, DABCO): These are effective at promoting ring-opening reactions under mild conditions, with good selectivity.

2) **Organometallic catalysts** (such as tin and zinc complexes): These can work well but raise concerns about toxicity.

3) **Ionic liquids** (especially imidazole-based compounds): Act both as solvents and catalysts, helping to improve reaction rates and selectivity.

4) **Enzymatic catalysts:** Offer a green alternative for urethane synthesis, operating under mild, bio-friendly conditions [96,97]

5) **Thiol-based systems:** Can act as both nucleophiles and catalysts, supporting decarboxylation reactions and urethane bond formation [97].

Table 7.1

Comparative Table of Catalysts for Urethane Bond Formation

Catalyst Type	Examples	Reaction Conditions	Remarks
Organobases	DBU, DABCO	60-120°C, solvent-free	Low toxicity, fast, selective
Organometallic	DBTDL, Zn (II), Sn (IV)	80-150°C	Efficient, industrial use, moderate toxicity
Ionic Liquids	[BMIm][BF_4], [EMIm][Cl]	70-130°C	Catalysis + solubilization
Enzymatic	Lipase, urease	<60°C,aqueous	Low toxicity, still in development
Thiol-based	Di-/Trifunctional thiols	Varied	Foam-specific, dual function

Catalytic systems for urethane formation in NIPUs are moving towards greener solutions that offer better recyclability and lower toxicity. Organocatalysts and thiol-based systems in particular show great potential for creating dynamic, reprocessable, and environmentally friendly polyurethane materials.

8. Types of NIPUF Foams and Blowing Agent Technologies

Non-isocyanate polyurethane foams can be classified based on their characteristics, such as density and thermal stability. A study by Monie et al. explores different types of foams, from microcellular to rigid foams, each designed for specific uses like thermal insulation or impact cushioning. One of the key features of these foams is their ability to self-blow – they generate CO**2** during the reaction between amines and thiols, which creates the foam structure. This process helps produce foams with good mechanical properties and stable cell structures [14,98].

The research also focuses on biobased self-blowing polyhydroxyurethane foams, which are classified as high-resilience

flexible foams. What makes these foams special is that they generate CO**2** during synthesis, so there's no need for external chemical blowing agents.

Recent studies have focused on biobased self-blowing polyhydroxyurethane foams classified as high-resilience flexible foams. Adjusting the thiol functionality enables tuning of compressive strength and glass transition temperature (Tg). Moreover, these foams demonstrate reprocessability, making them recyclable without compromising performance [85].

Generally, NIPU foams are categorized as rigid, semi-rigid, or flexible based on formulation and processing. Since no isocyanates are used, foaming relies on in situ CO**2** generation during polymerization, eliminating the need for external blowing agents [71].

Other variations of NIPU foams, such as POSS-modified or flame-retardant foams, help expand their applications beyond typical uses – reaching areas like construction and even aerospace. Adding materials like Laponite or PDMS can further improve the foam morphology and cell structure, leading to better overall performance [99].

Table 8.1

Classification of NIPU Foams.

Foam Type	Properties	Applications	Blowing Mechanism
Rigid	High compressive strength, low flexibility	Insulation, panels	Self-blowing (CO**2** release)
Semi-rigid	Balance of strength and elasticity	Cushioning, structural foam	CO**2** + crosslink density control
Flexible	Low density, high elasticity	Furniture, packaging	In situ CO**2** generation
POSS-modified	Thermal and mechanical stability	High-performance insulation	Modified carbonate foaming
Flame-retardant	Enhanced fire resistance	Construction, automotive	CO**2** + inorganic fillers

8.1. Foaming Agents for Non-Isocyanate Polyurethane Foams (NIPUFs)

Foam formation in NIPUs generally relies on either physical blowing agents (such as supercritical CO**2**) or chemical agents that release gas during the reaction. Bourguignon et al. [80] demonstrated a water-

induced self-blowing approach, where the hydrolysis of carbonates generates CO**2** in situ, eliminating the need for external blowing agents.

There is increasing research interest in soybean oil-based NIPU formulations as a sustainable alternative to conventional isocyanate-based foams [100]. Another common method is reactive foaming, where amines react with cyclic carbonates in the presence of catalysts to produce foams with well-controlled pore structures, as reported by Monie et al. [71].

Hybrid non-isocyanate polyurethane foams can be further improved by incorporating synthetic nanoclays as inorganic fillers. As shown by Chaib et al., the addition of such clays into self-blowing NIPU formulations enhances the cell morphology and mechanical performance of the foams, while also contributing to improved flame retardancy [101]. In another study, Kojic et al. demonstrated that increasing the fraction of spiro-orthocarbonate in photopolymerized aliphatic polycarbonate networks reduces the internal mechanical stress, as confirmed by a measurable decrease in birefringence [102].

To confirm that CO**2** was the primary foaming agent, Monie et al. [71] replaced water with heptane; no foaming occurred, verifying the essential role of CO**2**. In another experiment, the gas released during the reaction was bubbled through a calcium hydroxide solution, resulting in CaCO3 formation and further confirming CO**2** generation.

In [101], the formation of PHU foams was achieved by mixing a diamine, a dithiol, and a tricyclic carbonate, resulting in stable foams. Raman spectroscopy confirmed the presence of thioether and urethane bonds.

Hybrid NIPU foam systems that incorporate synthetic nanoclays (such as Laponite) show improved cell morphology, enhanced stiffness, and better flame retardancy [101]. In a separate study, Valette et al. demonstrated that introducing amino-telechelic PDMS as a soft segment into bio-based NIPU formulations, combined with foaming using water and/or ethanol, enabled precise control over the foam structure. The resulting samples exhibited cell diameters ranging from 130 to 3090 gm and densities from 0.055 to 0.95 g cm^3, with the PDMS content significantly influencing hysteresis, recovery, and firmness [103].

Table 8.2

Foaming Methods and Agents in NIPU Systems

Foaming Method	Blowing Agent (Specific Chemical Name)	Advantages	References
Self-blowing (thiol-based)	Poly(methylhydrogensiloxane) + glycerol carbonate → CO_2 in situ	No external blowing agents; dynamic bonding	[80]
Reactive foaming	Glycerol carbonate + hexamethylenediamine (HMDA) → CO_2	Good cell structure control	[71]
Hybrid foaming with fillers	Glycerol carbonate + HMDA + inorganic fillers (Laponite clay, $CaCO_3$)	Enhanced mechanical and fire resistance	[101]
Photoinitiated foaming	Spiro[5.5]undecane-2,8-dione (Spiro-orthocarbonate, SOC)	Reduces internal stress	[102]

9. Applications of Non-Isocyanate Polyurethane Foams

NIPUFs are already used – and continue to be developed – for a wide range of applications across different industries. These include:

1. Construction and Building Materials
2. Automotive Components
3. Furniture and Bedding
4. Packaging and Consumer Goods
5. Biomedical Applications
6. Coatings and Adhesives
7. Environmental Remediation
8. Electronics and Functional Materials

Construction and Building Materials. In the construction sector, NIPUFs are widely applied in thermal and acoustic insulation panels, sealants, and gap fillers. Their combination of low thermal conductivity, minimal water uptake, and high dimensional stability makes them especially suitable for building envelopes and HVAC systems [18]. Bourguignon et al. [80] further demonstrated a water-induced

self-blowing approach that produces NIPU foams with stable morphology and good insulating properties under ambient conditions, reinforcing their potential as eco-friendly building materials.

Automotive Components. In automotive manufacturing, NIPUFs are used for seat cushions, dashboard insulation, noise-damping materials, and lightweight interior panels. These foams maintain good mechanical strength and thermal stability, and they withstand repeated heating-cooling cycles without significant degradation. Their potential for mechanical recycling also fits with current trends toward circular manufacturing [104].

Furniture and Bedding. NIPUFs are also used in furniture and bedding products, where they can be tailored for varying rigidity, softness, and flexibility. Their non-toxic nature is particularly important in household environments such as mattresses and upholstered furniture. When produced from renewable feedstocks like castor oil or soybean oil, these foams contribute to the environmental sustainability of consumer products [103].

Packaging and Consumer Goods. Protective packaging and certain disposable consumer products are emerging markets for NIPUFs. Biodegradable and compostable NIPU variants have the potential to significantly reduce plastic waste. NIPU-based coatings for paper packaging offer a sustainable alternative to polyethylene films, maintaining barrier properties while being more environmentally friendly.

Biomedical Applications. Wang et al. developed a photosensitive nonisocyanate polyurethane acrylate (NIPUA) resin specifically for 3D printing customized orthopedic surgical guides, demonstrating high tensile and flexural strengths, good thermal stability, low hemolysis rates, and cytocompatibility with MC3T3-E1 and C2C12 cells, as well as minimal inflammatory response in vivo— supporting its suitability for patient-specific surgical tools [105].

Coatings and Adhesives. NIPUs are employed in corrosion-resistant coatings with low VOC emissions. Waterborne and UV-curable NIPU coatings have been successfully applied to metals, ceramics, and wood, offering high hardness, weather resistance, and chemical durability – making them suitable for industrial environments [106]. NIPU adhesives derived from tannin or rosin derivatives are used in wood composites, automotive parts, and eco-friendly packaging [107].

Environmental Remediation. NIPU-based nanocomposite coatings incorporating surface-treated ZnO nanoparticles have

demonstrated enhanced anticorrosive performance, likely due to the nanoparticles' ability to block microdefects and improve barrier properties. These coatings also show potential for antimicrobial activity, making them promising candidates for protective and filtration applications in contaminated environments [108].

Electronics and Functional Materials. Electronics and Functional Materials. Emerging applications of NIPU foams include lightweight electromagnetic interference (EMI) shielding and components for smart devices. Recent work demonstrates self-blown NIPU foams that, when loaded with conductive and magnetic fillers, achieve strong EMI-shielding performance while maintaining dimensional stability and mechanical resilience – highlighting their potential in flexible and wearable electronics [109].

Table 9.1

Applications of NIPUFs by Sector

Sector	Application Example	Key Advantages
Construction	Insulation panels, sealants	Thermal stability, low water uptake, ecofriendly
Automotive	Seat foams, dashboards	Lightweight, recyclable, thermal durability
Furniture	Mattresses, cushions	Softness, non-toxicity, renewable-based
Packaging	Biodegradable packaging foams	Eco-friendly, compostable
Biomedical	Scaffolds, wound dressings	Biocompatible, nontoxic
Coatings	Industrial anticorrosive layers	UV-resistance, low VOC, waterborne
Adhesives	Furniture & panel bonding	Renewable, strong adhesion

Conclusion

This review highlights the growing potential of non-isocyanate polyurethane foams as a safer and more sustainable alternative to conventional polyurethane materials. The analysis brings together current research on synthetic strategies, the use of cyclic carbonates, the role of various catalysts and amines, and the innovative approaches to foaming and material design. The relevance of this field is driven by the urgent need to replace hazardous isocyanates and transition to greener materials

that align with global sustainability goals. NIPUFs offer unique advantages, including the use of CO**2** as a raw material, the integration of bio-based feedstocks, and the ability to develop recyclable and reprocessable foams with tailored properties. Despite the significant progress, challenges remain in scaling up these technologies, optimizing reaction conditions, and ensuring consistent material performance. However, the continued development of NIPUFs – supported by innovations in catalysis, polymer design, and foaming techniques – demonstrates their real potential to transform industries ranging from construction and automotive to biomedical and electronics. This review emphasizes that NIPUFs are more than just an academic curiosity: they represent a critical step toward safer, more sustainable polymer materials. The future of polyurethane chemistry will likely be shaped by these non-isocyanate systems, and further research will play a key role in unlocking their full potential.

Historical and Industrial Milestones

It's important to acknowledge the remarkable historical milestones in the development of non-isocyanate polyurethanes. The first industrial production of NIPUs was launched back in 1978 at the Sverdlov Plant in Dzerzhinsk, USSR. This achievement was based on the pioneering work of O.L. Figovsky and colleagues, documented in Soviet Author's Certificate SU 707258. It marked a key step forward in the global effort to create safer, greener polyurethane materials.

Decades later, this early innovation inspired further breakthroughs. In 2012, Eurotech Ltd. (USA) scaled up production under the scientific leadership of Dr. Oleg Figovsky, establishing two plants dedicated to manufacturing environmentally friendly NIPU-based products. This milestone was internationally recognized with the 2015 Presidential Green Chemistry Challenge Award from the U.S. Environmental Protection Agency, celebrating their significant contribution to sustainable chemistry [109].

These achievements show that NIPUs are not just a theoretical concept – they are a practical, industrially viable solution that bridges early scientific discovery with modern green chemistry innovation. They prove that it's possible to combine technical performance with environmental responsibility, aligning with global circular economy goals.

References:

1. Kathalewar M.S., Joshi P.B., Sabnis A.S., Malshe V.C., Non-isocyanate polyurethanes: From chemistry to applications, RSC Adv 3 (2013) 4110-4129. URL: https://doi.org/10.1039/c2ra21938g.

2. Jiang R., Zheng X., Zhu S., Li W., Zhang H., Liu Z., Zhou X., Recent Advances in Functional Polyurethane Chemistry: From Structural Design to Applications, ChemistrySelect 8 (2023). URL: https://doi.org/10.1002/slct.202204132.

3. Balla E., Bikiaris D.N., Pardalis N., Bikiaris N.D., Toward Sustainable Polyurethane Alternatives: A Review of the Synthesis, Applications, and Lifecycle of Non-Isocyanate Polyurethanes (NIPUs), Polymers (Basel) 17 (2025) 1364. URL: https://doi.org/10.3390/polym17101364.

4. Chen X., Li L., Jin K., Torkelson J.M., Reprocessable polyhydroxyurethane networks exhibiting full property recovery and concurrent associative and dissociative dynamic chemistry via transcarbamoylation and reversible cyclic carbonate aminolysis, Polym. Chem. 8 (2017) 6349-6355. URL: https://doi.org/10.1039/C7PY01160A.

5. Chaib M., Thakur S., Ben Youcef H., Lahcini M., Verdejo R., Achieving rapid foaming in self-blown non-isocyanate polyurethane foams via controlled epoxy functionality in cyclic carbonates, Eur Polym J 229 (2025). URL: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2025.113843.

6. Ozimek J., Pielichowski K., Sustainability of Nonisocyanate Polyurethanes (NIPUs), Sustainability 16 (2024) 9911. URL: https://doi.org/10.3390/su16229911.

7. Rayung M., Ghani N.A., Hasanudin N., A review on vegetable oil-based non isocyanate polyurethane: towards a greener and sustainable production route, RSC Adv 14 (2024) 9273-9299. URL: https://doi.org/10.1039/d3ra08684d.

8. Guifeng L., Zhenwu K., Guomin W., Jian C., Shuping H., Can J., POSS modified rosin nonisocyanate polyurethane and preparation method of nonisocyanate polyurethane, CN105504272 (A), n.d. URL: https://patents.google.com/patent/CN105504272A/en?oq=CN105504272+(A) (accessed January 22, 2016).

9. Bizet B., Grau E., Cramail H., Asua J.M., Crosslinked isocyanate-free poly(hydroxy urethane)s – Poly(butyl methacrylate) hybrid latexes, Eur Polym J. 146 (2021) 110254. URL: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.110254.

10. Khezraji S. El, Gonzalez Tome S., Thakur S., Ablouh E.H., Ben Youcef H., Raihane M., Lopez-Manchado M.A., Verdejo R., Lahcini M., Fast synthesis of crosslinked self-blowing poly(P-hydroxythioether) foams by decarboxylative- alkylation of thiols at room temperature, Eur Polym J 189 (2023) 111960. URL: https://doi.org/10.1016/J.EURPOLYMJ.2023.111960.

11. Monie F., Grignard B., Thomassin J.M., Mereau R., Tassaing T., Jerome C., Detrembleur C., Chemo- and Regioselective Additions of

Nucleophiles to Cyclic Carbonates for the Preparation of Self-Blowing Non-Isocyanate Polyurethane Foams, Angewandte Chemie – International Edition 59 (2020) 17033-17041. URL: https://doi.org/10.1002/anie.202006267.

12. Booysen J., Marx S., Muller L., Vermeulen U., Grobler A., Synthesis of Novel Non-Isocyanate Polyhydroxyurethane from L-Lysine and Its Application, in: 7th International Conference on Latest Trends in Engineering and Technology (ICLTET'2015) Nov. 26-27, 2015 Irene, Pretoria (South Africa), International Institute of Engineers, 2015. URL: https://doi.org/10.15242/IIE.E1115053.

13. Acosta Ortiz R., Duarte M.L.B., Gomez A.G.S., Sangermano M., Garcia Valdez A.E., Novel diol spiro orthocarbonates derived from glycerol as anti-shrinkage additives for the cationic photopolymerization of epoxy monomers, Polym Int 59 (2010) 680-685. URL: https://doi.org/10.1002/pi.2755.

14. Orabona F., Recupido F., Lama G.C., Polaczek K., Taddeo F., Salmi T., Di Serio M., Verdolotti L., Russo V., Cutting-edge development of non-isocyanate polyurethane (NIPU) foams: from sustainable precursors to environmental impact evaluation, Green Chemistry 27 (2025) 7403-7444.
URL: https://doi.org/10.1039/D4GC05796A.

15. Furtwengler P., Averous L., Renewable polyols for advanced polyurethane foams from diverse biomass resources, Polym Chem 9 (2018) 4258-4287. URL: https://doi.org/10.1039/c8py00827b.

16. Liu Y., Liu H., Qin G., Gui Z., Yang Z., Liu J., Study of novel nonlinear optical material based on Poly(aryl ether ketone) and its application in SHG imaging, Opt Mater (Amst) 72 (2017) 392-396.
URL: https://doi.org/10.1016/j.optmat.2017.06.032.

17. Clark J.H., Farmer T.J., Ingram I.D. V., Lie Y., North M., Renewable Self-Blowing Non-Isocyanate Polyurethane Foams from Lysine and Sorbitol, European J Org Chem 2018 (2018) 4265-4271.
URL: https://doi.org/10.1002/ejoc.201800665.

18. El Khezraji S., Ben youcef H., Belachemi L., Lopez Manchado M.A., Verdejo R., Lahcini M., Recent Progress of Non-Isocyanate Polyurethane Foam and Their Challenges, Polymers (Basel) 15 (2023) 254.
URL: https://doi.org/10.3390/polym15020254.

19. Steblyanko A., Choi W., Sanda F., Endo T., Addition of five-membered cyclic carbonate with amine and its application to polymer synthesis, J Polym Sci A Polym Chem 38 (2000) 2375-2380. URL: https://doi.org/10.1002/1099-0518(20000701)38:13<2375::AID-P0LA100>3.0.C0;2-U.

20. Liu G., Kong Z., Wu G., Chen J., Huo S., Jin C., POSS modified rosin nonisocyanate polyurethane and preparation method of nonisocyanate polyurethane, CN105504272A, 2016.

21. Zhao J., Wang G., Zhang J., Yang W., Method for preparing biodegradable thermoplastic polyurethane with benzene ring structure through nonisocyanate method, CN106317406A, 2015.

22. Bahr M., Bitto A., Mulhaupt R., Cyclic limonene dicarbonate as a new monomer for non-isocyanate oligo- and polyurethanes (NIPU) based upon terpenes, Green Chemistry 14 (2012) 1447.
URL: https://doi.org/10.1039/c2gc35099h.
23. Hong H., Li Z., Wu H., Wang D., Liu L., Luo W., Yang T., Yang K., Yao J., Polyphenol lignin derived non-isocyanate polyurethane with mechanically robust and photothermal conversion performances, Int J Biol Macromol 310 (2025) 143259. URL: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143259.
24. Yokawa K., Higashihara T., Recent progress in nonstoichiometric stepgrowth polymerization, Polym Chem 16 (2025) 11-26.
URL: https://doi.org/10.1039/D4PY01091D.
25. Bhattacharjee S., Chongdar S., Modak A., Bhanja P., Jena B.K., Bhaumik A., Synthesis of isocyanate-free polyurethane concocting multiple cyclic carbonates catalysed by a new microporous zinc phosphonate *via* CO_2 fixation, Green Chemistry 24 (2022) 8853-8862. URL: https://doi.org/10.1039/D2GC02959F.
26. Tran C.-H., Lee M.-W., Lee S.-J., Choi J.-H., Lee E.-G., Choi H.-K., Kim I., Highly Active Heterogeneous Double Metal Cyanide Catalysts for Ring-Opening Polymerization of Cyclic Monomers, Polymers (Basel) 14 (2022) 2507. URL: https://doi.org/10.3390/polym14122507.
27. Storey R.F., Mullen B.D., Desai, G.S., Sherman J.W., Tang C.N., Soluble tin(II) macroinitiator adducts for the controlled ring-opening polymerization of lactones and cyclic carbonates, J Polym Sci A Polym Chem 40 (2002) 3434-3442. URL: https://doi.org/10.1002/pola.10448.
28. Datta J., Wloch M., Progress in non-isocyanate polyurethanes synthesized from cyclic carbonate intermediates and di- or polyamines in the context of structure-properties relationship and from an environmental point of view, Polymer Bulletin (2015). URL: https://doi.org/10.1007/s00289-015-1546-6.
29. Wang T., Deng H., Li N., Xie F., Shi H., Wu M., Zhang C., Mechanically strong non-isocyanate polyurethane thermosets from cyclic carbonate linseed oil, Green Chemistry 24 (2022) 8355-8366. URL: https://doi.org/10.1039/D2GC02910C.
30. Qiao C., Shi W., Brandolese A., Benet-Buchholz J., Escudero-Adan E.C., Kleij A.W., A Novel Catalytic Route to Polymerizable Bicyclic Cyclic Carbonate Monomers from Carbon Dioxide, Angewandte Chemie International Edition 61 (2022). URL: https://doi.org/10.1002/anie.202205053.
31. Rokicki G., Piotrowska A., A new route to polyurethanes from ethylene carbonate, diamines and diols, Polymer (Guildf) 43 (2002) 2927-2935. URL: https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00071-X.
32. Gregory G.L., Ulmann M., Buchard A., Synthesis of 6-membered cyclic carbonates from 1,3-diols and low CO **2** pressure: a novel mild strategy to replace phosgene reagents, RSC Adv 5 (2015) 39404-39408.
URL: https://doi.org/10.1039/C5RA07290E.

33. Lambeth R.H., Progress in hybrid non-isocyanate polyurethanes, Polym Int 70 (2021) 696-700. URL: https://doi.org/10.1002/pi.6078.

34. Ecochard Y., Leroux J., Boutevin B., Auvergne R., Caillol S., From multifunctional siloxane-based cyclic carbonates to hybrid polyhydroxyurethane thermosets, Eur Polym J 120 (2019) 109280.

URL: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.109280.

35. Liu W., Hang G., Mei H., Li L., Zheng S., Nanocomposites of Polyhydroxyurethane with POSS Microdomains: Synthesis via Non-Isocyanate Approach, Morphologies and Reprocessing Properties, Polymers (Basel) 14 (2022) 1331. URL: https://doi.org/10.3390/polym14071331.

36. Krutskikh D. V., Shapagin A. V., Plyusnina I.O., Budylin N.Yu., Shcherbina A.A., Soldatov M.A., Modification of Epoxy Coatings with Fluorocontaining Organosilicon Copolymers, Polymers (Basel) 16 (2024) 1571.

URL: https://doi.org/10.3390/polym16111571.

37. Alves M., Grignard B., Gennen S., Detrembleur C., Jerome C., Tassaing T., Organocatalytic synthesis of bio-based cyclic carbonates from CO_2 and vegetable oils, RSC Adv 5 (2015) 53629-53636. URL: https://doi.org/10.1039/C5RA10190E.

38. Gamal Mohamed M., Tsai M.-Y., Wang C.-F., Huang C.-F., Danko M., Dai L., Chen T., Kuo S.-W., Multifunctional Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane (POSS) Based Hybrid Porous Materials for CO2 Uptake and Iodine Adsorption, Polymers (Basel) 13 (2021) 221. URL: https://doi.org/10.3390/polym13020221. Stansbury J.W., Synthesis and Evaluation of New Oxaspiro Monomers for Double Ring-opening Polymerization, J Dent Res 71 (1992) 1408-1412. URL: https://doi.org/10.1177/00220345920710070901.

39. Hedrick J.L., Piunova V., Park N.H., Erdmann T., Arrechea P.L., Simple and Efficient Synthesis of Functionalized Cyclic Carbonate Monomers Using Carbon Dioxide, ACS Macro Lett 11 (2022) 368-375.

URL: https://doi.org/10.1021/acsmacrolett.2c00060.

40. Song J., Zhang Z., Hu S., Wu T., Jiang T., Han B., MOF-5/n-Bu4NBr: an efficient catalyst system for the synthesis of cyclic carbonates from epoxides and CO_2 under mild conditions, Green Chemistry 11 (2009) 1031.

URL: https://doi.org/10.1039/b902550b.

41. Singh Dhankhar S., Ugale B., Nagaraja C.M., Co-Catalyst-Free Chemical Fixation of CO_2 into Cyclic Carbonates by using Metal-Organic Frameworks as Efficient Heterogeneous Catalysts, Chem Asian J 15 (2020) 2403-2427. URL: https://doi.org/10.1002/asia.202000424.

42. Yu L., Zheng X., Jia K., Han C., Huang L., A kind of organic-silicon-modified bifunctionality urethane acrylate monomer and the preparation method and application thereof, CN109762008A, 2018.

43. Werner T., Tenhumberg N., Synthesis of cyclic carbonates from epoxides and CO_2 catalyzed by potassium iodide and amino alcohols, Journal of CO_2 Utilization 7 (2014) 39-45. URL: https://doi.org/10.1016/j-jcou.2014.04.002.

44. Kaneko S., Shirakawa S., Potassium Iodide-Tetraethylene Glycol Complex as a Practical Catalyst for CO **2** Fixation Reactions with Epoxides under Mild Conditions, ACS Sustain Chem Eng 5 (2017) 2836-2840.

URL: https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b00324.

45. Peng J., Wang S., Yang H.-J., Ban B., Wei Z., Wang L., Bo L., Chemical fixation of CO2 to cyclic carbonate catalyzed by new environmental-friendly bifunctional bis-P-cyclodextrin derivatives, Catal Today 330 (2019) 76-84. URL: https://doi.Org/10.1016/j.cattod.2018.06.020.

46. Doley S., Bora A., Saikia P., Ahmed S., Dolui S.K., Blending of cyclic carbonate based on soybean oil and glycerol: a non-isocyanate approach towards the synthesis of polyurethane with high performance, Journal of Polymer Research 28 (2021) 146. URL: https://doi.org/10.1007/s10965-021-02485-2.

47. Liu M., Liu B., Shi L., Wang F., Liang L., Sun J., Melamine-ZnI_2 as heterogeneous catalysts for efficient chemical fixation of carbon dioxide to cyclic carbonates, RSC Adv 5 (2015) 960-966. URL: https://doi.org/10.1039/C4RA11460D.

48. Hirose T., Qu S., Kodama K., Wang X., Organocatalyst system for

disubstituted carbonates from cycloaddition between CO2 and internal epoxides, Journal of CO2 Utilization 24 (2018) 261-265.

URL: https://doi.org/10.1016/j-jcou.2018.01.016.

49. Huh S., Direct Catalytic Conversion of CO2 to Cyclic Organic Carbonates under Mild Reaction Conditions by Metal–Organic Frameworks, Catalysts 9 (2019) 34. URL: https://doi.org/10.3390/catal9010034.

50. Brege A., Grignard B., Mereau R., Detrembleur C., Jerome C., Tassaing T., En Route to CO2-Based (a)Cyclic Carbonates and Polycarbonates from Alcohols Substrates by Direct and Indirect Approaches, Catalysts 12 (2022) 124. URL: https://doi.org/10.3390/catal12020124.

51. Tomishige K., Gu Y., Nakagawa Y., Tamura M., Reaction of CO_2 With Alcohols to Linear-, Cyclic-, and Poly-Carbonates Using CeO_2-Based Catalysts, Front Energy Res 8 (2020). URL: https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00117.

52. Sun J., Wang L., Zhang S., Li Z., Zhang X., Dai W., Mori R., ZnCl2/phosphonium halide: An efficient Lewis acid/base catalyst for the synthesis of cyclic carbonate, J Mol Catal A Chem 256 (2006) 295-300. URL: https://doi.org/10.1016/jzmolcata.2006.05.004.

53. Honda M., Tamura M., Nakao K., Suzuki K., Nakagawa Y., Tomishige K., Direct Cyclic Carbonate Synthesis from CO_2 and Diol over Carboxylation/Hydration Cascade Catalyst of CeO_2 with 2-Cyanopyridine, ACS Catal 4 (2014) 1893-1896. URL: https://doi.org/10.1021/cs500301d.

54. He Q., O'Brien J.W., Kitselman K.A., Tompkins L.E., Curtis G.C.T., Kerton F.M., Synthesis of cyclic carbonates from CO_2 and epoxides using ionic

liquids and related catalysts including choline chloride-metal halide mixtures, Catal. Sci. Technol. 4 (2014) 1513-1528. URL: https://doi.org/10.1039/C3CY00998J.

55. Martinez-Ferrate O., Chacon G., Bernardi F., Grehl T., Bruner P., Dupont J., Cycloaddition of carbon dioxide to epoxides catalysed by supported ionic liquids, Catal Sci Technol 8 (2018) 3081-3089.
URL: https://doi.org/10.1039/C8CY00749G.

56. Ge Y., Liu W., Zou Y., Cheng G., Ke H., A solid Zn complex catalyst for efficient transformation of CO_2 to cyclic carbonates at mild conditions, Tetrahedron 119 (2022) 132857. URL: https://doi.org/10.1016/j.tet.2022.132857.

57. Bousquet B., Martinez A., Dufaud V., Zinc-Azatrane Complexes as Efficient Catalysts for the Conversion of Carbon Dioxide into Cyclic Carbonates, ChemCatChem 10 (2018) 843-848. URL: https://doi.org/10.1002/cctc.201701481.

58. Appaturi J.N., Ramalingam Rajabathar. J., Gnanamani M.K., Periyasami G., Arunachalam P., Adnan R., Adam F., Wasmiah M.D., Al-Lohedan H.A., Review on Carbon Dioxide Utilization for Cycloaddition of Epoxides by Ionic Liquid- Modified Hybrid Catalysts: Effect of Influential Parameters and Mechanisms Insight, Catalysts 11 (2020) 4. URL: https://doi.org/10.3390/catal11010004.

59. Kessaratikoon T., Theerathanagorn T., Crespy D., D'Elia V., Organocatalytic Polymers from Affordable and Readily Available Building Blocks for the Cycloaddition of CO_2 to Epoxides, J Org Chem 88 (2023) 4894-4924. URL: https://doi.org/10.1021/acs.joc.2c02447.

60. Natongchai W., Posada-Perez S., Phungpanya C., Luque-Urrutia J.A., Sola M., D'Elia V., Poater A., Enhancing the Catalytic Performance of Group I, II Metal Halides in the Cycloaddition of CO_2 to Epoxides under Atmospheric Conditions by Cooperation with Homogeneous and Heterogeneous Highly Nucleophilic Aminopyridines: Experimental and Theoretical Study, J Org Chem 87 (2022) 2873-2886. URL: https://doi.org/10.1021/acs.joc.1c02770.

61. Detrembleur C., Thomassin J.-M., Grignard B., Monie F., Jerome C., Selfblowing isocyanate-free polyurethane foams, WO2021004993A1, 2019.

62. Manka D., Siewniak A., Deep Eutectic Solvents as Catalysts for Cyclic Carbonates Synthesis from CO_2 and Epoxides, Molecules 27 (2022) 9006. URL: https://doi.org/10.3390/molecules27249006.

63. Diakoumakos C.D., Lubomirov Kotzev D., Non-Isocyanate-Based Polyurethane and Hybrid Polyurethane-Epoxy Nanocomposite Polymer Compositions, US20120149842A1, n.d. URL: https://patents.google.com/patent/US20120149842A1/en (accessed February 15, 2012).

64. Benedito A., Acarreta E., Gimenez E., Highly Efficient MOF Catalyst Systems for CO2 Conversion to Bis-Cyclic Carbonates as Building Blocks for NIPHUs (Non-Isocyanate Polyhydroxyurethanes) Synthesis, Catalysts 11 (2021) 628. URL: https://doi.org/10.3390/catal11050628.

65. He X., Wu G., Xu L., Yan J., Yan Y., Lipase-Catalyzed Synthesis, Properties Characterization, and Application of Bio-Based Dimer Acid Cyclocarbonate, Polymers (Basel) 10 (2018) 262.
URL: https://doi.org/10.3390/polym10030262.
66. Monmagnon A., Bayle P.-A., Flaig F., Carpe C., Harfi J. El, Demadrille R., Rolere, Insights on the polymerization kinetics of non-isocyanate polyurethanes (NIPU) using in situ NMR spectroscopy, Polym Test 140 (2024) 108615. URL: https://doi.org/10.1016/jzpolymertesting.2024.108615.
67. Huang H., Qui X., Wang C., Qiu B., Wei D., Liu S., Wu Y., Water-induced self-oaming polyhydroxy polyurethane foam and preparation method and application thereof, CN119529362A, n.d. URL: https://patents.google.com/patent/CN119529362A/en?oq=CN119529362+(A) (accessed December 18, 2024).
68. Yu L., Jia K., Zheg X., Han C., Huang, L. A kind of organic-silicon-modified single functionality polyurethane acrylic ester monomer and the preparation method and application thereof, CN109762008A, n.d.
URL: https://patents.google.com/patent/CN109762008A/en?oq=CN109762008A (accessed December 28, 2018).
69. de la Cruz-Martinez F., Castro-Osma J.A., Lara-Sanchez A., Catalytic synthesis of bio-sourced organic carbonates and sustainable hybrid materials from CO2, in: 2022: pp. 189-236.
URL: https://doi.org/10.1016/bs.acat.2022.07.003.
70. Monie F., Grignard B., Thomassin J., Mereau R., Tassaing T., Jerome C., Detrembleur C., Chemo- and Regioselective Additions of Nucleophiles to Cyclic Carbonates for the Preparation of Self-Blowing Non-Isocyanate Polyurethane Foams, Angewandte Chemie 132 (2020) 17181-17189.
URL: https://doi.org/10.1002/ange.202006267.
71. Catala J., Guerra I., Garcia-Vargas J.M., Ramos M.J., Garcia M.T., Rodriguez J.F., Tailor-Made Bio-Based Non-Isocyanate Polyurethanes (NIPUs), Polymers (Basel) 15 (2023) 1589. URL: https://doi.org/10.3390/polym15061589.
72. Matsumoto K., Kokai A., Endo T., Synthesis and properties of novel poly(hydroxyurethane) from difunctional alicyclic carbonate and m-xylylenediamine and its possibility as gas barrier materials, Polymer Bulletin 73 (2016) 677-686. URL: https://doi.org/10.1007/s00289-015-1513-2.
73. Mhatre S. V., Mahajan J.S., Epps T.H., Korley L.T.J., Lignin-derivable alternatives to petroleum-derived non-isocyanate polyurethane thermosets with enhanced toughness, Mater Adv 4 (2023) 110-121.
URL: https://doi.org/10.1039/D2MA00895E.
74. Figovsky O., Hybrid nonisocyanate polyurethane network polymers and composites formed therefrom, KR20010071470A, 2001. URL: https://patents.google.com/patent/KR20010071470A/en?oq=KR20010071470 (accessed July 28, 2001).
75. Leykin A., Beilin D., Birukova O., Figovsky O., Shapovalov L., Nonisocyanate Polyurethanes Based on Cyclic Carbonates: Chemistry and

Application. Review, Journal "Scientific Israel-Technological Advantages 9 (2009) 159-189. URL: https://www.researchgate.net/publication/261362367_ Nonisocyanate_Polyurethanes_Based_on_Cyclic_Carbonates_Chemistry_and_ Application_Review (accessed August 18, 2025).

76. Ke J., Li X., Wang F., Jiang S., Kang M., Wang J., Li Q., Wang Z., Non isocyanate polyurethane/epoxy hybrid materials with different and controlled architectures prepared from a CO **2** -sourced monomer and epoxy via an environmentally-friendly route, RSC Adv 7 (2017) 28841-28852.

URL: https://doi.org/10.1039/C7RA04215A.

77. Wazarkar K., Kathalewar M., Sabnis A., Development of epoxy-urethane hybrid coatings via non-isocyanate route, Eur Polym J 84 (2016) 812-827. URL: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.10.021.

78. Asemani H., Zareanshahraki F., Mannari V., Design of hybrid nonisocyanate polyurethane coatings for advanced ambient temperature curing applications, 47266 (2018) 1-10. URL: https://doi.org/10.1002/app.47266.

79. Bourguignon M., Grignard B., Detrembleur C., Water-Induced Self-Blown Non-Isocyanate Polyurethane Foams, Angewandte Chemie International Edition 61 (2022). URL: https://doi.org/10.1002/anie.202213422.

80. He H., Sun Q., Gao W., Perman J.A., Sun F., Zhu G., Aguila B., Forrest K., Space B., Ma S., A Stable Metal-Organic Framework Featuring a Local Buffer Environment for Carbon Dioxide Fixation, Angewandte Chemie – International Edition 57 (2018) 4657-4662.

URL: https://doi.org/10.1002/anie.201801122.

81. Kotanen S., Poikelispaa M., Efimov A., Harjunalanen T., Mills C., Laaksonen T., Sarlin E., Hydrolytic stability of polyurethane/polyhydroxyu-rethane hybrid adhesives, Int J Adhes Adhes 110 (2021) 102950.

URL: https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.102950.

82. Wolosz D., Parzuchowski P.G., Biobased non-isocyanate poly (carbonate- urethane^ of exceptional strength and flexibility, Polymer (Guildf) 254 (2022). URL: https://doi.org/10.1016/jzpolymer.2022.125026.

83. Delavarde A., Savin G., Derkenne P., Boursier M., Morales-Cerrada R., Nottelet B., Pinaud J., Caillol S., Sustainable polyurethanes: toward new cutting-edge opportunities, Prog Polym Sci 151 (2024) 101805.

URL: https://doi.org/10.1016/jzprogpolymsci.2024.101805.

Глава 4

НЕКОТОРЫЕ МЫСЛИ О НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

4.1. Управление инновациями

Что нужно делать, чтобы сбылись прогнозы футурологов, а обозначенное разработчиками обрело реальные формы? Можно ли управлять этими процессами? Управление инновациями – это технология принятия решений, включающая в себя обобщение свершений в рассматриваемой сфере наук и производств, анализ уже закрепившихся в рассматриваемой сфере приемов, методов и технологий реализации инноваций и прогноз их развития.

Сегодня, пожалуй, никто не станет оспаривать значение науки для развития цивилизации. Однако мало кто задается вопросом, способна ли наука обеспечить это развитие. Ведь развитие самой науки обязано опережать развитие цивилизации, к тому же «научное пространство» непрерывно расширяется и усложняется, требуя постоянного совершенствования инфраструктуры науки. Отсюда непрерывный рост ее потребности в ресурсах (от материальных до кадровых).

Упомянув о «научном пространстве», не мешало бы его определить. Нам же достаточно указать, что «научное пространство» включает функциональные блоки (фундаментальные исследования, прикладная наука, проектирование и разработка технологий, продуктов) и региональные секторы: азиатский, американский, европейский, российский и т.д. (принадлежность к тому или иному из них определяется не столько географическим положением, сколько ментальностью общества, т. е. сложившейся в нем системой ценностей и представлений).

Для системного управления наукой не менее важно учитывать неоднородное распределение ресурсов в «научном пространстве», ее бурное развитие в одних странах и отсутствие (или угасание) в других. Сегодня грамотное управление наукой предполагает учет многих факторов. Хотя стремительное развитие некоторых ее направлений заметно влияет на локальное и даже глобальное развитие, без должного управления это может привести к серьезному истощению

бюджетных и других ресурсов. Одна из целей управления наукой как раз и состоит в том, чтобы обеспечить ее опережающее развитие по отношению к другим сферам деятельности с учетом отмеченной неоднородности. Перестраивая организацию науки и управление ею, не мешало бы задуматься и над тем, что это даст носителю и производителю научной мысли – ученому. Аспектов здесь немало – от отбора наиболее способных к такому «производству» и легко адаптирующихся к функционированию в «научном пространстве» людей до систем их жизнеобеспечения, влияющих на эффективность работы и миграцию ученых. Миграция в принципе процесс полезный, обеспечивающий перераспределение научных кадров в соответствии с распределением материальных ресурсов (иными словами, более эффективное расходование этих ресурсов) и усиление тех научных центров, которые в этом наиболее нуждаются, создавая условия для привлечения сотрудников. Увы, при существующей системе подготовки научных кадров, когда на образование тратятся бюджетные средства конкретных государств, становящихся в итоге донорами научных кадров, миграция порождает противоречия интересов разных стран даже в пределах одного сектора «научного пространства». Думается, используя новые формы обучения и возможности единого информационного пространства, можно снизить миграцию, не снижая эффективности использования научных кадров.

Все чаще звучат выражения «научное сообщество» и даже «научное братство». Так говорят о людях науки вообще или о представителях какой-то ее области, об ученых разных континентов или одного сектора «научного пространства». В связи с этим возникает вопрос, может ли ученый уже сегодня считаться гражданином мира, обладающим правом свободно перемещаться в «научном пространстве». Понятно, что пока в каждом его секторе есть закрытые зоны. Но ученые, не связанные условиями секретности, уже сегодня могли бы обрести упомянутый статус. Устранение препятствий для свободного перемещения ученых и разумное сочетание их контактов (реальных и виртуальных) помогло бы развитию науки без серьезных дополнительных затрат.

Соотношение научных блоков (фундаментальные исследования, прикладная наука, разработка технологий и продуктов) меняется под влиянием исторических событий, обеспеченности ресурсами и т. п. Так, успехи фундаментальных исследований не всегда

сопровождались адекватным ростом прикладной науки или созданием новых продуктов и технологий, и наоборот. Можно, конечно, и дальше уповать на эволюцию науки и ее самоорганизацию для роста инновационной отдачи, но возможности системной методологии уже сегодня способны изменить соотношение и взаимодействие блоков. Увы, в Европе (и особенно в России) создание соответствующих институтов пока не сыграло значимой роли в разработке системной модели организации и управления наукой.

Не секрет, что фундаментальная наука – наиболее «массивный» и инерционный блок научного «пространства» (оборудование и другие компоненты ее «материальной части» требуют огромных денег и площадей), а затраты на одного сотрудника в ней выше, чем в прикладной науке, притом что «отдача» ниже. Кроме того, эта «матчасть», как правило, «привязана» к конкретному учреждению и малоподвижна. Прикладной же науке, отличающейся разнообразием тем и «мобильностью» (способностью менять их), часто недостает оборудования и других возможностей фундаментальной науки. Так нужно ли столько прикладных научных центров, пытающихся объять необъятное число тем? Во многих странах, создавая новую экономику на основе науки, наряду с форпостами фундаментальной науки используют так называемые теплицы высоких технологий, где «выращивают» венчурные и «startup» компании.

Повысить инновационную отдачу фундаментальных и прикладных наук призвана концепция виртуального института (Virtual Institute Program – VIP), в которой знание адресуется непосредственно производству и нет проблемы трансферта технологий. VIP связывает лаборатории с теплицами высоких технологий. В большинстве стран, где используется традиционная схема организации науки, эту задачу решали специальные организации, создававшиеся для каждой области науки и техники и становившиеся тяжким бременем для экономики (особенно в небольших странах). С появлением VIP это перестало быть нужным. Теперь создаются виртуальные институты, в которых сотрудничают профессора, работающие, как и прежде, в своих лабораториях своих университетов и привлекающие соисполнителями конкретной программы своих сотрудников. Кроме того, в рамках VIP могут регулярно проходить конкурсы на лучшие междисциплинарные идеи и совместные проекты университетов и академических структур. Такой подход обладает рядом преимуществ: программы выполняются быстрее (за 3–5 лет);

благодаря более эффективному расходованию средств (сокращаются административные и организационные расходы) разработки обходятся дешевле; в работах постоянно участвуют, сменяя друг друга, ученые мирового уровня; выполнение программ отличается гибкостью (каждые 3–5 лет создаются новые институты).

Особо нуждается в реформе проектная деятельность. Уже сегодня она могла бы не только обеспечить выполнение многих проектов, но и пополнить бюджет фундаментальных и прикладных наук. В России главное препятствие – отсутствие инфраструктуры. Нельзя сказать, что ничего не делается (создаются реестры проектов, системы экспертных оценок и т. д.), но этого недостаточно. Между тем в мире уже используются системные модели «промышленного производства» проектов, включая регистрацию новаций (от идей до прототипов), формализацию и автоматизацию экспертных оценок, всех этапов проектирования, сопровождения проектов и т. д. Современные технические средства и программное обеспечение позволяют выйти на новый уровень проектирования, в значительной мере определяющий конкурентоспособность экономики.

В России основой финансирования (по крайней мере академической науки) остается бюджет, а главной задачей – оптимизация расходов для повышения ее эффективности. Как при всей важности всех научных направлений учесть их «вес» (ресурсоемкость), разную «скорость исследований» и востребованность, соответствие мировым стандартам? Сегодня некоторые фундаментальные исследования имеют грандиозные масштабы и стоимость, а также глобальное значение, поэтому все чаще для их выполнения приходится концентрировать средства заинтересованных стран в крупнейших международных центрах. Такой подход к управлению наукой также смоделирован. В мире немало государственных и частных фондов, выделяющих гранты или инвестиции на инновации. Увы, эти огромные деньги, подчас расходуемые неэффективно, пока не доходят до России. В российской действительности наличествует сегодня стратегически важный ресурс (помимо нефти) – невостребованные проекты технологий и продуктов, из которых часть выполнена на уровне прототипа. При этом расклад таков: в России масса невостребованных проектов, а на Западе полно компаний-теней (shadow companies), занятых поисками проектов (на уровне действующих моделей и прототипов). Если такая компания найдет перспективный проект, ее

стоимость возрастет в тысячи раз. Хотелось бы надеяться, что со временем так же станут действовать и российские инвесторы.

Выполненный еще в 1995 г. анализ состояния законченных НИОКР по всем направлениям науки и техники показал, что «к тому времени никаких «заделов» уже не осталось. Россия фактически утратила научно-технический потенциал, созданный в советские времена». Произошло это во многом из-за резкого сокращения финансирования, «утечки мозгов» и наплевательского отношения к правам интеллектуальной собственности – процессов, наметившихся еще в СССР. Увы, за прошедшие годы ситуация не улучшилась. Сегодня, по данным ОЭСР, в России 2/3 патентов – иностранные (что намного больше, чем в Европе, США или Японии). Таким образом, утверждение, что сегодня Россия – страна, имеющая огромный научно-технический потенциал, увы, миф. Признав, что позиции утрачены, необходимо начинать их планомерно восстанавливать.

Технологии в мире развиваются все быстрее. В развитых странах никто не пользуется мобильным телефоном или компьютером 10 и даже 5 лет. То же относится и к большинству других высокотехнологичных продуктов и услуг. Проникнуть же на более стабильные рынки продуктов «попроще» (скажем, бытовой техники или детских игрушек) не менее сложно – они давно заняты.

В краткосрочной перспективе высокие цены на нефть и другое сырье еще поддержат российскую экономику и даже обеспечат ей некоторый рост. Однако стратегически сырьевая экономика, разумеется, бесперспективна.

Без развития фундаментальной и прикладной науки России не выйти из системного кризиса. Нужен качественный рывок в развитии науки и техники, позволяющий (как показывает опыт Израиля, Ирландии, Финляндии, Японии и некоторых других стран) даже компенсировать недостающие энергетические и материальные ресурсы. И здесь трудно переоценить роль частных инвестиций в новейшие технологии. Пока российских инвесторов отечественный «хайтек» не привлекает. Мировая же практика показывает, что вложения в наукоемкие технологии – самые эффективные, хотя и наиболее рискованные. Снизив риск, удалось бы привлечь капитал в инновации, причем не только на стадии производства, но и на стадии исследований и разработок.

Каковы же предпосылки для роста научно-технического потенциала?

Во-первых, по-прежнему высокий уровень образования, несмотря на пропасть между 60-летними профессорами и 25-летними аспирантами и отсутствие современных учебников. (Обойдя в Москве многие книжные магазины и выразив недоумение в связи с отсутствием современных, в том числе переводных, учебников по физике, биохимии, молекулярной биологии и другим быстро развивающимся областям науки (единственным исключением оказались учебники «по компьютерным делам»), автор этой книги был сражен наповал убийственным ответом «специалистов»: «Учебники не стареют»!) Хочется напомнить, что под образованием понимается не сумма застывших знаний, а умение быстро усвоить новые. Это подтверждают, в частности, феноменальный успех российских специалистов за рубежом и их стремительная адаптация к самым высоким западным требованиям.

Во-вторых, наличие обширной российской «интеллектуальной ойкумены» по всему миру. Опыт развитых в научном отношении стран (Великобритании, Германии и даже Китая) показывает, что отъезд ученых из страны вполне обратим.

В-третьих, собственный потенциал инвестиций. Как известно, по числу миллиардеров Россия уже вышла на второе место в мире, а миллионеров в одной Москве… А ведь многие из них имеют высшее образование и опыт работы в науке.

Законы, способствующие развитию наукоемких областей, осмысленная политика в экономической сфере, защита акционеров венчурных фондов, избавление (хотя бы технологичных производств) от всевозможных «крыш» могли бы кардинально изменить отношение российского бизнеса к науке.

Удивительно быстро в России развивается, например, мобильная связь: во многих городах она сегодня работает лучше, чем в США. Подобные прорывы возможны и в других областях. При дальновидных и скоординированных действиях власти и бизнеса ситуация с наукоемкими технологиями в считанные годы может измениться не на проценты, а в десятки раз.

России был бы полезен опыт венчурного финансирования таких стран, как, например, США или Израиль, где технический рост (при малом населении, территории, природных богатствах и постоянной угрозе войны) просто поражает. А ведь обусловлен он во многом выходцами из СССР, т.е. малой частью интеллектуального

потенциала, которым располагает Россия. Уже одно это позволяет верить в технологическую революцию в России в ближайшие годы.

Контакты с выходцами из научных школ СССР, имеющими опыт работы в странах с развитой современной экономикой, – серьезное подспорье в создании в России высокотехнологичных производств.

Венчурное финансирование в каждом секторе «научного пространства» и в каждой стране имеет свою специфику. Так, в Израиле большинство инвесторов предпочитают компактные и конкретные проекты (что связано со скромными размерами страны и финансовыми ресурсами), а в США и Западной Европе – «пакеты», т.е. группы близких по тематике (однородных) проектов.

Работая в конкретной области техники и располагая квалифицированными экспертами и развитой системой маркетинговых исследований по всему миру, солидная инвестиционная компания в состоянии отбирать перспективные для рынка проекты. Но, конечно, нельзя рассчитывать, что все из них удастся превратить в коммерческие. По данным Министерства промышленности и торговли Израиля, успешно реализуются 50% проектов (по данным Израильской ассоциации изобретателей – 40%).

Зато успешный проект приносит прибыль, в десятки раз превышающую не только затраты на его осуществление, но и расходы на остальные, не столь успешные или даже убыточные проекты (ярким подтверждением может служить, например, феноменальный успех разработки популярной информационнопоисковой системы «Google», инициированной выходцем из России). На этом и основана стратегия венчурного финансирования. Убыточных проектов не избежать, хотя «пакетное» финансирование делает инвестиции менее рискованными и более эффективными.

Пусть, например, на каком-то этапе уже ясно, что для дальнейшего финансирования пригодны 6 проектов из 15. Инвестор (компания, венчурный фонд и т.п.) выкупает 30,1% акций во всех 6 эффективных проектах, обеспечивая себе право управления. Это необходимо, ибо, как правило, сами авторы проектов – творческие личности – не способны вести дела после завершения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и перехода к произ-

водству. На эту покупку еще на этапе подготовки заявки на НИР тратится, скажем, по 100 тыс. за идею (это заранее оговаривается с авторами), т.е. 600 тыс. долл., а с учетом возможных потерь от 9 «пустых» проектов – 1,5 млн долл.

Анализ мирового опыта «пакетного» инвестирования в технологические проекты показывает, что, несмотря на различные способы их реализации (производство на собственных или арендованных мощностях, совместные предприятия со стратегическими партнерами, продажа лицензий и т. д.), прибыль от одного успешного проекта составляет в среднем около 1,7 млн долл. Значит, за 6 проектов можно «выручить» около 10 млн долл. (половина достается инвестору). Вычтя затраты (1,5 млн), получим чистую прибыль 3,5 млн долл., что гораздо выше доходности банковских вкладов или акций, обращающихся на бирже.

Для успешной коммерциализации научно-технических проектов активный маркетинг необходим еще на начальной стадии их разработки. Работая в определенной области инноваций, инвестор предпочитает проводить маркетинг (включая экспонирование на международных выставках) не каждого отдельного проекта, а нескольких однотипных. А нередко, «продвигая» один проект, удается продать и другой. Впрочем, как правило, особенности «бизнеса технологических проектов» (как и их конкретные детали и суммы инвестиций в них) представляют коммерческую тайну.

Любопытно, что во время массового приезда эмигрантов в Израиль предложенных идей было гораздо больше, чем денег. В Америке сегодня все наоборот: число венчурных фондов (их десятки тысяч) значительно превышает количество идей (отчасти из-за этого в США и преобладает «пакетное» финансирование).

Думается, предпочтительнее оно и для России. Прежде всего проекты могут «оплодотворять» друг друга. По нашим оценкам, России вполне под силу «пакетное» финансирование и научно-техническое обеспечение (при участии работающих за рубежом российских специалистов, которых тем самым удалось бы вовлечь в программу возрождения страны) в 50-60 областях. А это огромные масштабы преобразований!

Впрочем, после столь оптимистичных прогнозов настало время развеять еще один миф – о существовавшем в СССР мощном

технологическом потенциале, якобы разрушенном во время реформ. На самом деле в СССР вообще не было конкурентоспособных коммерческих продуктов и технологий (за исключением некоторых видов самолетов и оружия), хотя и была более чем достойная наука. Но претворение ее достижений в технологии требует других специалистов – не только инженеров, но и специалистов по маркетингу и финансовой стратегии, а также эффективного гарантийного обслуживания по всему миру, чего в СССР никогда не было. С учетом этого не грех повторить – представители «русской» научно-технической школы, получившие опыт в высокотехнологичных фирмах Америки и Европы, могли бы стать гигантским подспорьем и при продуманном взаимодействии властей с этой «интеллектуальной диаспорой» преобразить страну, как это происходит в Китае.

Сегодня Россия делает первые шаги на пути к венчурному финансированию. Поэтому естественно не просто использовать западный опыт, но и создавать совместные венчурные фонды, технопарки и технологические фирмы. В то же время российские инвесторы, видимо, все еще не могут свыкнуться с мыслью о неизбежности неудачных технопроектов при любой экспертизе. Успешно развивающиеся «хайтек»-фирмы в России при ближайшем рассмотрении оказываются не самостоятельными, а выполняющими заказы американских, европейских или японских компаний, демонстрируя, таким образом, своеобразный «оффшорный хайтек».

«Пакетное» финансирование проектов в России, похоже, пока отсутствует вовсе. Часто выдвигаемые российской стороной требования полного контроля над проектом уже после первого раунда финансирования (независимо от вложений на предшествующих этапах) также не соответствуют мировым стандартам. Увы, и действующее законодательство не способствует развитию высокотехнологичных производств. Без по-настоящему независимых фондов, финансирующих науку, прогресса не достичь. Только осознание того, что инвестирование в технологии не менее выгодно, чем, скажем, в добычу сырья или торговлю, способно изменить ситуацию. И не надо уповать на государственное финансирование науки, особенно прикладной – именно частному капиталу предстоит стать ее основным инвестором.

Не стоит и замыкаться в границах страны – наука и технологии интернациональны, надо активнее кооперироваться с разработ-

чиками из других стран, в том числе за счет многочисленных фондов, финансирующих совместные исследования. Началом такой кооперации могло бы стать проведение встречи (семинара) с участием ответственных чиновников Правительства РФ, Администрации Президента РФ, Совета Федерации и Государственной Думы, а также потенциальных российских венчурных инвесторов с руководителями американских и европейских фондов, имеющих успешный опыт в этой области

Но превращение науки в основу экономики страны и подлинная реформа управления наукой, конечно, немыслимы и без непрерывно растущей потребности в ней самого общества.

Подведем итоги серии постов о секретах изобретательства. Она была посвящена новой синергетической методике изобретательства, основанной на использовании системного анализа и синергетики систем, средств и методов управления процессами на лимитирующих уровнях и обеспечения их комплиментарности (если хотите, гармонизации). У новой методики нет новых теоретических основ. Все те же известные системный анализ, синергетика, логика, диалектика, много традиционных и новых методов внешнего воздействия. Все то же внимание к характеристикам системы, прежде всего на ее лимитирующих определяющих уровнях. Разве что отличие лишь в том, что в методике предложены еще и средства и методы использования всего этого для решения конкретных изобретательских задач на основе принципа соответствия (мы назвали его принципом комплиментарности или гармонизации) внешних воздействий на лимитирующих уровнях системы с учетом характеристик основных процессов на них. Кроме того, чтобы найти инновационные решения при оптимизации действующих систем или создании новых в рамках среднего и малого бизнеса, был предложен новый алгоритм изобретательства:

• *Сформулировать проблему и конкретизировать задачу создания творческого решения, исходя из концепции устойчивого развития, национальной идеи, программ власти, производственных задач, личных задач и т.д.*

• *Проведение системного анализа, в частности, анализа жизненного цикла системы с целью определения так называемого лимитирующего (определяющего) уровня в оптимизируемой системе (существующей или создаваемой).*

• *Определение, выявление противоречий между одновременными и совместными процессами на этом уровне.*

• *Поиск методов создания гармонии между противоречиями изменением внутренних параметров системы, или наложением внешних возмущений на основе законов синергетики.*

• *Оптимизация гармонизирующих факторов с использованием методов физического и математического моделирования (преимущественно методов математического планирования эксперимента) вместе с внутренними эффектами адаптивности системы или воздействия внешних факторов воздействия, параметры которых соответствуют основным характеристикам системы на лимитирующем уровне.*

• *Переход к программе реализации найденного решения путем инновационного инжиниринга (защита интеллектуальной собственности, создание информационного поля и промоушн инновационного решения, бизнес-планирование, инициирование создания кластера, подбор проектного менеджера, поиск инвестиций и т.д.), являющегося частью стратегии технологического бизнеса, а не формального и неэффективного трансферта технологий.*

Главное в этом методе то, что не ставится задача устранения противоречий, как в известных традиционных подходах, а проводится поиск или создание новых методов и определение оптимальных параметров противоречий для их гармонизации в объекте изобретательства. Сложность в том, что для уверенного использования этой методики изобретательства необходимо не только знать, что существуют те или иные способы и средства воздействия на системы, но и уметь их выбрать или предложить новые. И последнее в преамбуле. Излагаемая методика изобретательства не появилась на пустом месте. Она, по возможности, вобрала в себя все лучшее, что было предложено более ранними методиками. В то же время изобретатели, освоившие одну из традиционных методик поиска нестандартных решений и настроенные на ее дальнейшее использование, вполне могут использовать изложенные автором некоторые новые секреты изобретательства для усиления своих позиций, углубления найденных ими решений.

Далее кратко излагаются наиболее известные технологии решения творческих задач, иногда с некоторыми замечаниями, касающимися возможности их (полностью или отдельных их элементов) привлечения при использовании методики, изложенной в авторской школе синергетического изобретательства.

Специалист решает задачи в своей области, на высоком профессиональном уровне, опираясь на накопленные им знания и опыт. Когда же он сталкивается с принципиально новой задачей, для решения которой требуются знания из других областей науки и техники, то появляется барьер, пытаясь обойти который, специалист решает задачу перебором большого количества вариантов. Часто решение такой задачи находится на стыке нескольких областей знаний, и заранее трудно определить каких именно. В науке такой процесс перебора вариантов называют «метод проб и ошибок». Пытаясь решить задачу, специалист применяет известные ему решения и методики, подсказанные опытом, которые в данном случае не помогают, а тормозят процесс. Ведь, эти решения, как правило, уже были опробованы, иначе бы не возникла задача.

Явление, когда память подсказывает известные решения, получила название психологической инерции. Именно она мешает выйти из области привычных решений и используемых методов, поэтому вектор психологической инерции всегда направлен в сторону слабых решений. Вторая составляющая традиционного мышления – узкий взгляд на исследуемый объект (отсутствие системного мышления). Созданы методы, интенсифицирующие «метод проб и ошибок», например, «мозговой штурм», «морфологический анализ» и другие. Они всего лишь позволяют увеличить количество проб в единицу времени. Метод проб и ошибок (в просторечии также «метод тыка») является врожденным методом мышления человека. Также этот метод называют методом перебора вариантов. Он не является полностью хаотическим и нецелесообразным, а обычно интегрирует в себе прошлый опыт и новые условия для решения задачи.

Достоинства метода:

- Этому методу не надо учиться.
- Методическая простота решения.
- Удовлетворительно решаются простые задачи (не более 10 проб и ошибок).

Недостатки метода:

- Использование традиционного метода проб и ошибок приводит к неоправданно большим затратам времени и средств на проектирование и производство; получению идей низкого уровня; опаздыванию изобретений.
- Плохо решаются задачи средней сложности (более 20-30 проб и ошибок) и практически не решаются сложные задачи (более 1000 проб и ошибок).

• Нет приемов решения.

• Нет алгоритма мышления, мы не управляем процессом «думанья». Идет почти хаотичный перебор вариантов.

• Неизвестно, когда будет решение и будет ли вообще.

• Отсутствуют критерии оценки силы решения, поэтому не ясно, когда прекращать думать. А вдруг в следующее мгновение придет гениальное решение?

• Требуются большие затраты времени и волевых усилий при решении трудных задач.

Считается, что для метода проб и ошибок выполняется правило: «первое пришедшее в голову решение – слабое». Объясняют этот феномен тем, что человек старается поскорее освободиться от неприятной неопределенности и делает то, что пришло в голову первым.

«Мозговой штурм» (англ. brainstorming) – один из наиболее популярных методов стимулирования творческой активности. Позволяет найти решение сложных проблем путем применения специальных правил обсуждения. Широко используется во многих организациях для поиска нетрадиционных решений самых разнообразных задач. Метод мозгового штурма был разработан Алексом Осборном в 1953 г. Метод основан на допущении, что одним из основных препятствий для рождения новых идей является «боязнь оценки»: люди часто не высказывают вслух интересные неординарные идеи из-за опасения встретиться со скептическим либо даже враждебным к ним отношением со стороны руководителей и коллег. Целью применения мозгового штурма является исключение оценочного компонента на начальных стадиях создания идей. Классическая техника мозгового штурма, предложенная Осборном, основывается на двух основных принципах: «отсрочка вынесения приговора идее» и «из количества рождается качество».

Этот подход предполагает применение нескольких правил:

• Критика исключается: на стадии генерации идей высказывание любой критики в адрес авторов идей (как своих, так и чужих) не допускается. Работающие в интерактивных группах должны быть свободны от опасений, что их будут оценивать по предлагаемым ими идеям.

• Приветствуется свободный полет фантазии: люди должны попытаться максимально раскрепостить свое воображение. Разрешено высказывать любые, даже самые абсурдные или фантастиче-

ские идеи. Не существует идей настолько несуразных либо непрактичных, чтобы их нельзя было высказать вслух.

• Идей должно быть много: каждого участника сессии просят представить максимально возможное количество идей.

• Комбинирование и совершенствование предложенных идей: на следующем этапе участников просят развивать идеи, предложенные другими, например, комбинируя элементы двух или трех предложенных идей.

• На завершающем этапе производится отбор лучшего решения исходя из экспертных оценок.

Были проведены многочисленные экспериментальные исследования с целью сравнения количества и качества идей, созданных группами в процессе мозгового штурма и людьми, работающими индивидуально. Результаты свидетельствуют о том, что при условии правильного применения данной техники интерактивные группы нередко генерируют большее количество значимых идей, чем отдельные индивиды. Однако на сегодняшний день не существует доказательств в пользу более высокого качества идей, генерируемых группами.

В последние годы широкое распространение получил «электронный мозговой штурм» (online brainstorming), использующий интернет-технологии. Он позволяет почти полностью устранить «боязнь оценки», так как обеспечивает анонимность участников, а также дает возможность решить ряд проблем традиционного мозгового штурма. К последним, в частности, относится так называемое «блокирование продуктивности»: поскольку участники группы представляют идеи поочередно, то люди в ожидании своей очереди могут передумать или испугаться публично высказывать свою идею либо просто ее забывают.

Мозговой штурм дает возможность объединить в процессе поиска решений очень разных людей, а если группе удается найти решение, то ее участники обычно становятся стойкими приверженцами его реализации. В настоящее время метод мозгового штурма может быть эффективно использован организациями для улучшения качества работы в командах.

«Морфологический анализ» – едва ли не первый пример использования системного подхода в области изобретательства. Метод разработан известным швейцарским астрономом Ф. Цвикки. Благодаря этому методу ему удалось за короткое время получить

значительное количество оригинальных технических решений в ракетостроении. Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы, причем независимо от того, что в исходной задаче речь идет только об одной конкретной системе, обобщаются изыскания на все возможные системы с аналогичной структурой и в итоге дается ответ на более общий вопрос.

«Метод контрольных вопросов» (МКВ) – один из методов психологической активизации творческого процесса. Цель метода – с помощью наводящих вопросов подвести к решению задачи. Списки таких вопросов предлагались многими авторами с 20-х гг. прошлого века. Изобретатель отвечает на вопросы, содержащиеся в списке, рассматривая свою задачу в связи с этими вопросами. В США наибольшее распространение получил список вопросов А.Осборна. В этом списке 9 групп вопросов типа: «что можно в техническом объекте уменьшить?» и т.д. Каждая группа вопросов содержит подвопросы. Например, вопрос «Что можно уменьшить?» включает подвопросы: «можно ли что-нибудь уплотнить, сжать, сгустить, конденсировать, применить способ миниатюризации? укоротить? сузить? отделить? раздробить?».

В США используется также список вопросов СУС (Система усовершенствованных методов), рекомендованная Министерством внутренних дел США всем компаниям, фирмам и т.д. В списке вопросы типа: «Можем ли мы упростить операцию, совмещая ее с подобными действием? Можем ли мы улучшить работу переменной последовательности?». В 1965 г. в американском журнале «Продакт инжиниринг» (№ 27) был опубликован еще один список вопросов (Как эта проблема была бы решена в прошлом? В эпоху доисторической техники? В будущем? Создавалось ли что-нибудь аналогичное в прошлом в какой-либо области техники? Можно ли рассредоточивать части и детали? Изменить последовательность операций? Как бы решалась эта проблема под водой? В космосе и т.д.).

Один из наиболее полных и удачных списков вопросов принадлежит английскому изобретателю Т. Эйлоарту. Текст списка опубликован в журнале ИР (№ 5, 1970 г.).

Существует также список вопросов математика Д. Пойа. Этот список отличается тем, что вопросы в нем составляют определенную систему (в изобретательских списках вопросы можно менять местами). Но список Д.Пойа предназначен преимущественно для решения учебных математических задач.

К МКВ относится также «селфсторминг», предложенный С.И. Чурюмовым и Е.С. Жариковым. В «селфсторминге» используются те же наводящие вопросы, хотя они и названы «операторами»: оператор обобщения, оператор частного случая, фантастический оператор, практический оператор (нужно обнаружить сферу практического приложения идеи) и т.д.

Область применения: МКВ является усовершенствованием метода проб и ошибок. В сущности, каждый вопрос является пробой (или серией проб). Составляя списки вопросов, их авторы, естественно, отбирают из изобретательского опыта наиболее сильные вопросы. Поэтому МКВ сильнее обычного метода проб и ошибок. Но отбор вопросов без понимания внутренней механики изобретательства приводит к накоплению в списках внешних, поверхностных вопросов. Поэтому область применения МКВ – задачи второго уровня (уровни приведены ниже).

ТРИЗ разработал Г.С. Альтшуллер (1926–1998 гг.). Он предложил отказаться от метода проб и ошибок и направленно искать решение, разработал «систему законов развития техники». Один из этих законов гласит, что техника развивается через выявление и разрешение противоречий. В этом принципиальное отличие изобретательского от рутинного мышления и изобретательской задачи от конструкторской. Работы Г.С. Альтшуллера продолжают его многочисленные ученики и последователи во многих странах мира.

Согласно ТРИЗу при рутинном мышлении ищется компромисс, т.е. пытаются немного улучшить одни параметры, но невольно ухудшают другие параметры. В изобретательском мышлении ищут противоречие, лежащее в глубине проблемы. Разрешая противоречие, получают решение якобы без недостатков. Заметим, что «решений без недостатков» не бывает, иначе не было бы развития человечества.

В ТРИЗе принято делить задачи на пять уровней:

1. Решение таких задач не связано с устранением технических противоречий и приводит к мельчайшим изобретениям («неизобретательские изобретения»). Задача первого уровня и средства ее решения лежат в пределах одной профессии, решение задачи под силу каждому специалисту. Сами изменения локальны: незначительно перестраивая объект, они не отражаются на иерархии систем.

2. Задачи с техническими противоречиями (ТП), легко преодолеваемыми с помощью способов, известных применительно к родственным системам.

3. Противоречие и способ его преодоления находятся в пределах одной науки, т.е. механическая задача решается механически, химическая задача – химически. В итоге – добротное среднее изобретение.

4. Синтезируется новая техническая система. Поскольку эта система не содержит технических противоречий, иногда создается впечатление, что изобретение сделано без преодоления ТП. На самом же деле ТП было, однако относилось оно к прототипу – старой технической системе. В задачах четвертого уровня противоречия устраняются средствами, подчас далеко выходящими за пределы науки. Нередко найденный принцип является «ключом» к решению других задач.

5. Изобретательская ситуация представляет собой клубок сложных проблем. Это изобретение создает принципиально новую систему, она постепенно обрастает изобретениями менее крупными. Возникает новая отрасль техники.

Заметим, что задачи 4-го и 5-го уровней ТРИЗом решаются редко. Очень редко объектом использования ТРИЗа являются многостадийные химические, металлургические, пищевые и другие промышленные производства. Чаще всего решаются задачи одной-двух стадий. Нам пришлось заниматься многостадийными линейными и сетчатыми техническими системами, для чего пришлось многое менять на стадиях анализа и синтеза.

Известно, что постулат – это положение или принцип, не отличающийся самоочевидностью, но принимаемый за истину без доказательств и служащий основой для построения какой-нибудь научной теории. Вот постулаты ТРИЗа:

1. Техника развивается закономерно. При решении задач и развитии систем необходимо использовать законы развития техники – это наиболее общие закономерности и тенденции развития техники, выявленные в результате анализа патентного фонда и истории развития техники. Система законов, прежде всего, применяется при прогнозировании развития технических систем для получения решений следующих поколений. Кроме того, законы используются для поиска и выбора задач, оценки уровня существующей системы, оценки уровня и качества полученного решения.

2. Любую изобретательскую задачу можно классифицировать, и в соответствии с видом задачи подбирается вид решения.

3. Для решения сложных изобретательских задач необходимо выявить и разрешить противоречие, находящееся в глубине задачи.

4. Не ясно, о каких именно законах развития техники, которые необходимо использовать, идет речь. Откуда они появились (анализ патентного фонда и даже история развития техники не могут быть источником законов). Законов известно много. Только в моем учебном пособии «Теория технических систем» и монографии с тем же названием об этом написано свыше 400 страниц. Кроме того, вряд ли можно отнести к постулатам ТРИЗа утверждения о том, что любую задачу можно классифицировать (с позиций системного анализа правильнее употребить термин «декомпозировать»), как и то, что для более сложных задач «нужно выявить и разрешить противоречие», которое находится где-то в глубине.

ТРИЗ – это теория, позволяющая без перебора вариантов получать сильные решения путем выявления и разрешения противоречий. Противоречие – это явление, при котором улучшение одних параметров системы приводит к недопустимому ухудшению других. Выявление и разрешение противоречий как-то очень напоминает «Закон единства и борьбы противоположностей» (впрочем, единством ТРИЗ занимается мало, больше борьбой), который читатели постарше, возможно, помнят из гегелевской диалектики. Процесс решения задач с помощью ТРИЗа отличается тем, что максимально обостряют противоречие. Для этого максимально улучшают необходимые параметры системы, тем самым невольно максимально ухудшают другие параметры. При максимальном улучшении параметров ориентируются на идеальное решение. Такой анализ проблемы позволяет определить причинно-следственные связи, выявляя первопричину данной проблемы – ее корень, и удалить эту причину, т.е. разрешить противоречие и избавиться от недостатков.

В соответствии с ТРИЗом, первоначально с помощью аналитических инструментов ТРИЗа исходную задачу преобразуют в типовую (стандартную) для ТРИЗа задачу – в модель задачи. С помощью синтетических инструментов ТРИЗа получают типовое для ТРИЗа решение (модель решения). Следует отметить, что модель решения не только определяет структуру будущей системы, но и предъявляет конкретные требования к ее параметрам, выявляя круг областей знаний, а, соответственно, и специалистов, которые требуются для

реализации предложенного решения. Затем с помощью специалистов, которые необходимы для реализации модели решения, и специалистов, поставивших задачу, находят конкретное решение, как правило, высокого уровня.

Иными словами, задачу сначала формализуют, потом ищут формальное решение, потом с помощью неведомых специалистов вновь переходят к решению конкретной задачи. Не слишком ли много формализма?

Функции ТРИЗа (по мнению его авторов) чрезвычайно многообразны:

1. Решение изобретательских задач любой сложности и направленности без перебора вариантов.

2. Прогнозирование развития технических систем (ТС) и получение перспективных решений (в том числе и принципиально новых).

3. Развитие творческого воображения.

Вдобавок в качестве вспомогательных функций ТРИЗа можно назвать:

1. Выявление проблем при работе с техническими системами и при их развитии.

2. Выявление и устранение причин брака и аварийных ситуаций.

3. Максимально эффективное использование ресурсов природы и техники для решения многих проблем.

4. Объективная оценка решений.

5. Систематизирование знаний любых областей деятельности, позволяющее значительно эффективнее использовать эти знания и на принципиально новой основе развивать конкретные науки.

6. Выявление и разрешение «узких мест».

7. Снижение себестоимости изделий и технологий.

8. Повышение потребительских качеств изделий.

9. Облегчение и охрана труда.

10. Выявление и устранение причин брака и аварийных ситуаций.

Структура ТРИЗа

В состав ТРИЗа входят:

– законы развития технических систем (ТС);

– информационный фонд ТРИЗа;

– структурный анализ ТС;

– алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ;

– метод выявления и прогнозирования аварийных ситуаций и нежелательных явлений («диверсионный» подход);

– методы системного анализа и синтеза;

– функционально-стоимостный анализ;

– методы развития творческого воображения;

– законы развития технических систем;

– информационный фонд (система инструментов, используемых для разрешения противоречия);

– система стандартов на решение изобретательских задач;

– указатели физических, химических, биологических и математических эффектов, специально разработанных для изобретателей;

– приемы устранения противоречий и таблицы их применения;

– методики выявления и применения ресурсов природы и техники.

Наиболее эффективная из созданных за рубежом методика психологической активизации творчества – синектика (предложена В. Дж. Гордоном), является развитием и усовершенствованием метода мозгового штурма. При синектическом штурме допустима критика, которая позволяет развивать и видоизменять высказанные идеи. Этот штурм ведет постоянная группа. Ее члены постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения. Один из инструментов синектического мозгового штурма – аналогии. В методе синектики применены четыре вида аналогий: прямая, символическая, фантастическая, личная. При прямой аналогии рассматриваемый объект сравнивается с более или менее похожим аналогичным объектом в природе или технике. Символическая аналогия требует в парадоксальной форме сформулировать фразу, буквально в двух словах отражающую суть явления. При фантастической аналогии необходимо представить фантастические средства или персонажи, выполняющие то, что требуется по условиям задачи. Личная аналогия (эмпатия) позволяет представить себя тем предметом или частью предмета, о котором идет речь в задаче. Что дает такое перевоплощение? Оно значительно уменьшает инерцию мышления и позволяет рассматривать задачу с новой точки зрения.

Для того чтобы найти инновационные решения в технике, автором предложен принципиально новый способ изобретательства.

В отличие от наиболее разработанного пока ТРИЗа, в этом способе не ставится задача устранения противоречий, а проводится поиск методов и оптимальных параметров их гармонизации. Более подробное описание и примеры использования этого метода можно найти на портале «Технологический бизнес». Это портал преимущественно для дистанционного обучения профессионалов, выпускников вузов инженерного профиля, специалистов, бизнесменов, предпринимателей, чиновников, депутатов, ученых, в первую очередь субъектов малого и среднего бизнеса и т.д. Его цель – не только дать им информацию и расширить их профессиональный кругозор, но, что более важно, обучить инновационной технике и технологии бизнеса, обеспечить развитие творческих способностей, склонностей создавать инновационные решения.

Кроме того, на этом портале есть сайт авторской школы синергетического изобретательства, обучающий центр консалтинга тренингов, коучинга, экспертизы, аудита для развития творческих способностей профессионалов при решении конкретных проблем реального производства, виртуальный он-лайновый технологический бизнес-инкубатор (теплица) и другое. Портал основан только на авторских методиках, монографиях, научных статьях, описаниях многих патентов, результатах коммерциализации результатов автора Вильяма Задорского и его учеников.

Программа авторской школы синергетического изобретательства:

Урок 1. Введение. Зачем изобретать? Прогнозирование научно-технологического и инновационного развития. Характерные черты 6-го технологического уклада. Концепция устойчивого развития. Индексы устойчивого развития и методы их определения. Экономические, социальные и политические проблемы Украины и креативные методы реформирования страны. Национальная идея устойчивого развития страны и стратегия развития региона. От олигархически-мафиозного капитализма к народному капитализму. Технологический бизнес как альтернатива неэффективному трансферту технологий. Технологический бизнес и технологическое преобразование экономики страны.

Урок 2. Методы поиска оптимальных решений и анализ примеров их использования. Мозговой штурм и его разновидности. Основные этапы мозгового штурма: погружение в проблему, формирование команд генераторов и критиков – экспертов идей, постановка задачи, генерирование вариантов решения задачи группой генерато-

ров, экспертиза предложений, отбор оптимальных, выработка рекомендаций по реализации. Морфологический анализ. Метод контрольных вопросов для психологической активизации творческого процесса. Список контрольных вопросов по А.Ф.Осборну. Современная технология решения задач – ТРИЗ. АРИЗ. Функционально-стоимостный анализ (ФСА) – метод технико-экономического исследования и оптимизации систем. Методы развития творческого воображения для уменьшения психологической инерции при решении творческих задач: приемы фантазирования и специальных методов, прямая, символическая, фантастическая, личная аналогии. Синектика. Мозговой штурм конкретной актуальной задачи по выбору участников школы.

Урок 3. Средства и методы креативного технологического бизнеса. Алгоритм поиска оптимальных решений. Системный анализ в изобретательстве. Теория и практика, средства и методы использования. Свойства систем. Законы развития технических систем. Методы системного анализа и синтеза (системный, целевой, функциональный и компонентно-структурный подходы, анализ и синтез потребностей). Системный подход для развития творческого мышления. Алгоритм изобретательства на основе системного подхода. Декомпозиция систем. Свойства уровней иерархии. Критический уровень иерархии и его свойства. Базы данных режимно-технологических и аппаратурно-конструктивных методов оптимизации систем. Принцип соответствия и его использование. Примеры использования. Синергетика и диссинергия – науки о взаимодействии систем. Использование синергетических методов в технологическом бизнесе. Алгоритм. Базы данных средств и методов. Понятие о гибкости и адаптивности систем. Управление гибкостью с целью оптимизации. Кластерные подходы. Методы создания и управления.

Урок 4. Тактика поиска креативных решений на основе системного анализа. Решение практических задач по поиску креативных решений в науке, технике, экономике. Изучение структуры сложных систем, приемов декомпозиции по вертикали и горизонтали, построение сетевых структур. Взаимосвязь, прямое и обратное влияние различных иерархических уровней системы (интерэктность) и получение вследствие этого нового качественного и количественного результата (эмерджентность). Системные методы энергосбережения (одновременно с совершенствованием технологии улучшаются экологические и энергетические показатели объекта). Энергетический аудит как часть комплексного эколого-, энерго-, технологического

аудита. Основные тактические принципы: индустриально-аграрный симбиоз – использование рециркуляции потоков энергии и вторичного сырья техногенного происхождения; работа на всех трех основных стадиях – производства, транспортировки и преобразования, потребления энергии, ресурсосбережение, рекуперация, утилизация низкопотенциальных энерговыбросов.

Урок 5. Использование современных информационных технологий в изобретательстве при решении практических задач. Интернет-грамотность в области изобретательства. Использование современных информационных технологий и возможностей сети Интернет в элитарном образовании. Информационно-поисковые системы сети Интернет, современные методики поиска информации: патентной, научной, коммерческой и прочей. Основы технологического бизнеса. Поиск партнеров и инвесторов. Современный технологический бизнес с использованием информационных технологий. Стратегия развития технологических бизнесов. Международные требования к содержанию и оформлению веб-сайтов и страниц, подготовка бизнес-предложений и планов, бренд-технологии, работа на международных инвестиционных и инновационных рынках. Практические занятия в он-лайновом режиме по изучению навигации в Интернете по работе с поисковыми специализированными серверами.

Уроки 6-9. Освоение метода коучинга. Формирование творческих групп создания стартапов. Выбор тематики стартапов по интересам. Практическое освоение методики системного анализа выбранного объекта (системы). Освоение методов активации деятельности мозга. Методы определения лимитирующего уровня. Практическое освоение методов анализа кинетики процессов на лимитирующем иерархическом уровне. Изучение методов ускорения лимитирующих процессов. Изучение методов замедления быстрых нежелательных процессов. Принцип гармонизации неравновесных процессов. Освоение средств и методов его применения. Принцип соответствия внешних воздействий кинетике лимитирующих стадий процесса и методов управления соответствием. Освоение синергетических методов управления процессами. Слияние, поглощение и выделение как формы воздействия на активность развития стартапа. Деловые игры, мозговые штурмы, семинары, проблемные конференции. Обсуждение домашних заданий: рефератов, курсовых работ по тематике выбранного стартапа. Составление деловых предложений по выбранному стартапу. Методы формирования команды по стартапу и его развитию. Формирование предложений по созда-

нию кластера для продолжения работы над стартапом. Подготовка оферт.

Урок 10. Подведение итогов обучения в школе. Современные организационные и методические средства и методы обеспечения креативного образования. Формирование конструктивных предложений по их совершенствованию участниками школы. Мозговой штурм по созданию оптимального алгоритма перехода от неэффективного трансферта технологий к технологическому бизнесу. Отбор конкретных предложений для формирования кластеров технологического бизнеса.

Предложенная профессором Вильямом Задорским методология управления инновациями привлекательна в плане ее практического применения. Она претендует на обобщение опыта, накопленного предшественниками, с выходом на новые рубежи в создании инноваций. Будет интересно посмотреть на реальные достижения учеников и последователей профессора Задорского.

А теперь на примере биотехнологий рассмотрим, что уже было свершено по части целенаправленного управления инновациями. Как благодаря инновациям сформировалась целая отрасль – биотехнология.

Биотехнология как наука – дисциплина, изучающая возможности использования живых организмов, их систем или продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач, а также возможности создания живых организмов с необходимыми свойствами методом генной инженерии. Биотехнология основана на генетике, молекулярной биологии, биохимии, эмбриологии и клеточной биологии, а также прикладных дисциплинах – химической и информационной технологиях и робототехнике.

Биотехнологией часто называют применение генной инженерии в XX–XXI вв., но термин относится и к более широкому комплексу процессов модификации биологических организмов для обеспечения потребностей человека, начиная с модификации растений и животных путем искусственного отбора и гибридизации. С помощью современных методов традиционные биотехнологические производства получили возможность улучшить качество пищевых продуктов и увеличить продуктивность живых организмов.

До 1971 г. термин «биотехнология» использовался большей частью в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. С 1970 г. ученые применяют термин в области рекомбинантной ДНК и культур клеток, выращиваемых in vitro. В наше время биотехнология

стала одной из отраслей промышленности. Научные дисциплины трансформировались в инженерию и медицинские практики.

Биоинженерия (или биомедицинская инженерия) – это дисциплина, направленная на углубление знаний в области инженерии, биологии и медицины и укрепление здоровья человечества за счет междисциплинарных разработок, которые объединяют инженерные подходы с достижениями биомедицинской науки и клинической практики. Биоинженерия/биомедицинская инженерия – это применение технических подходов для решения медицинских проблем в целях улучшения охраны здоровья. Эта инженерная дисциплина направлена на использование знаний и опыта для нахождения и решения проблем биологии и медицины. Биоинженеры работают на благо человечества, имеют дело с живыми системами и применяют передовые технологии для решения медицинских проблем. Специалисты по биомедицинской инженерии могут участвовать в создании приборов и оборудования, в разработке новых процедур на основе междисциплинарных знаний, в исследованиях, направленных на получение новой информации для решения новых задач.

Среди важных достижений биоинженерии можно упомянуть разработку искусственных суставов, магнитно-резонансной томографии, кардиостимуляторов, артроскопии, ангиопластики, биоинженерных протезов кожи, почечного диализа, аппаратов искусственного кровообращения. Также одним из основных направлений биоинженерных исследований является применение методов компьютерного моделирования для создания белков с новыми свойствами, а также моделирования взаимодействия различных соединений с клеточными рецепторами в целях разработки новых фармацевтических препаратов («drug design»).

Биомедицина – раздел медицины, изучающий с теоретических позиций организм человека, его строение и функцию в норме и патологии, патологические состояния, методы их диагностики, коррекции и лечения. Биомедицина включает накопленные сведения и исследования, в большей или меньшей степени общие медицине, ветеринарии, стоматологии и фундаментальным биологическим наукам, таким, как химия, биологическая химия, биология, гистология, генетика, эмбриология, анатомия, физиология, патология, биомедицинский инжиниринг, зоология, ботаника и микробиология.

Наномедицина – слежение, исправление, конструирование и контроль над биологическими системами человека на молекулярном уровне, используя наноустройства и наноструктуры. В мире уже

созданы ряд технологий для наномедицинской отрасли. К ним относятся адресная доставка лекарств к больным клеткам, лаборатории на чипе, новые бактерицидные средства.

Биофармакология – раздел фармакологии, который изучает физиологические эффекты, производимые веществами биологического и биотехнологического происхождения. Фактически биофармакология – это плод конвергенции двух традиционных наук – биотехнологии, а именно той ее ветви, которую именуют «красной», медицинской биотехнологией, и фармакологии, ранее интересовавшейся лишь низкомолекулярными химическими веществами, в результате взаимного интереса. Объекты биофармакологических исследований – изучение биофармацевтических препаратов, планирование их получения, организация производства. Биофармакологические лечебные средства и средства для профилактики заболеваний получают с использованием живых биологических систем, тканей организмов и их производных, посредством биотехнологии, т.е. лекарственных веществ биологического и биотехнологического происхождения.

Биоинформатика – совокупность методов и подходов, включающих:

– математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике (геномная биоинформатика);

– разработку алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры белков (структурная биоинформатика);

– исследование стратегий, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информационной сложности биологических систем.

В биоинформатике используются методы прикладной математики, статистики и информатики. В частности, выравнивание последовательностей – биоинформатический метод, основанный на размещении двух или более последовательностей мономеров ДНК, РНК или белков друг под другом таким образом, чтобы легко увидеть сходные участки в этих последовательностях. Сходство первичных структур двух молекул может отражать их функциональные, структурные или эволюционные взаимосвязи. Алгоритмы выравнивания последовательностей также применяются в NLP. Биоинформатика используется в биохимии, биофизике, экологии и в других областях.

Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, т.е. формы живого в природе и их

промышленные аналоги. Проще говоря, бионика – это соединение биологии и техники. Бионика рассматривает биологию и технику совсем с новой стороны, объясняя, какие общие черты и какие различия существуют в природе и в технике.

Различают:

– биологическую бионику, изучающую процессы, происходящие в биологических системах;

– теоретическую бионику, которая строит математические модели этих процессов;

– техническую бионику, применяющую модели теоретической бионики для решения инженерных задач.

Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками: электроникой, навигацией, связью, морским делом и другими.

Клонирование (клон – группа генетически идентичных организмов или клеток) – появление естественным путем или получение нескольких генетически идентичных организмов путем бесполого (в том числе вегетативного) размножения. Термин «клонирование» в том же смысле нередко применяют и по отношению к клеткам многоклеточных организмов. Клонированием называют также получение нескольких идентичных копий наследственных молекул (молекулярное клонирование) и биотехнологические методы, используемые для искусственного получения клонов организмов, клеток или молекул. В частности, клонирование человека – прогнозируемая методология, заключающаяся в создании эмбриона и последующем выращивании из эмбриона людей, имеющих генотип того или иного индивида, ныне существующего или ранее существовавшего. Пока технология клонирования человека не отработана. В настоящее время достоверно не зафиксировано ни одного случая клонирования человека. И здесь встает ряд как теоретических, так и технических вопросов. Однако уже сегодня есть методы, позволяющие с большой долей уверенности говорить, что в главном вопрос технологии решен. Опасения вызывают такие моменты, как большой процент неудач при клонировании и связанные с этим возможности появления неполноценных людей. А также вопросы отцовства, материнства, наследования, брака и многие другие.

С точки зрения основных мировых религий (христианство, ислам, иудаизм) клонирование человека является или проблематичным актом, или актом, выходящим за рамки вероучения и требующим у богословов четкого обоснования той или иной позиции рели-

гиозных иерархов. В некоторых государствах использование данных технологий применительно к человеку официально запрещено: Франция, Германия, Япония. Эти запреты, однако, не означают намерения законодателей названных государств воздерживаться от применения клонирования человека в будущем, после детального изучения молекулярных механизмов взаимодействия цитоплазмы ооцита-реципиента и ядра соматической клетки-донора, а также совершенствования самой техники клонирования.

Гибридизация – процесс образования или получения гибридов, в основе которого лежит объединение генетического материала разных клеток в одной клетке. Может осуществляться в пределах одного вида (внутривидовая гибридизация) и между разными систематическими группами (отдаленная гибридизация, при которой происходит объединение разных геномов). Для первого поколения гибридов часто характерен гетерозис, выражающийся в лучшей приспособляемости, большей плодовитости и жизнеспособности организмов. При отдаленной гибридизации гибриды часто стерильны.

Генная инженерия. На этой технологии следует остановиться отдельно, потому как злободневно на фоне пандемии COVID-19 образца 2020 г.

Несмотря на то, что первые успешные опыты по трансформации клеток экзогенной ДНК были поставлены еще в 1940-е гг. Эйвери, Маклеодом и Маккарти, первый коммерческий препарат человеческого рекомбинантного инсулина был получен только в начале 1980-х гг. Введение чуждых для генома бактериальных клеток генов производят с использованием так называемых векторных ДНК. Например плазмиды, присутствующие в бактериальных клетках, а также бактериофаги и другие мобильные генетические элементы могут быть использованы в качестве векторов для переноса экзогенной ДНК в клетку реципиента:

– вырезанием его из геномной ДНК хозяина при помощи рестрицирующей эндонуклеазы, катализирующей разрыв фосфодиэфирных связей между определенными азотистыми основаниями в ДНК на участках с определенной последовательностью нуклеотидов;

– химико-ферментативным синтезом;

– синтезом кДНК на основе выделенной из клетки матричной РНК при помощи ферментов ревертазы и ДНК-полимеразы, при этом изолируется ген, не содержащий незначащих последовательностей и способный экспрессироваться при условии подбора подходящей

промоторной последовательности в прокариотических системах без последующих модификаций, что чаще всего необходимо при трансформации прокариотических систем эукариотическими генами, содержащими интроны и экзоны.

После этого обрабатывают векторную молекулу ДНК рестриктазой с целью образования двуцепочечного разрыва, и в образовавшуюся «брешь» производится «вклеивание» гена в вектор, используя фермент ДНК-лигазу, а затем такими рекомбинантными молекулами трансформируют клетки реципиента, например, клетки кишечной палочки. При трансформации с использованием в качестве вектора, например, плазмидной ДНК необходимо, чтобы клетки были компетентными для проникновения экзогенной ДНК в клетку, для чего например, используют электропорацию клеток реципиента. После успешного проникновения в клетку экзогенная ДНК начинает реплицироваться и экспрессироваться в клетке.

Трансгенные растения – это те растения, которым «пересажены» гены других организмов. Картофель, устойчивый к колорадскому жуку, был создан путем введения гена, выделенного из генома почвенной тюрингской бациллы Bacillus thuringiensis, вырабатывающий белок Cry, представляющий собой протоксин, в кишечнике насекомых этот белок растворяется и активируется до истинного токсина, губительно действующего на личинок и имаго насекомых. У человека и других теплокровных животных подобная трансформация протоксина невозможна, и соответственно этот белок для человека нетоксичен и безопасен. Опрыскивание спорами Bacillus thuringiensis использовалось для защиты растений и до получения первого трансгенного растения, но с низкой эффективностью. Продукция эндотоксина внутри тканей растения существенно повысила эффективность защиты, а также экономическую эффективность ввиду того, что растение само начало продуцировать защитный белок. Путем трансформации растения картофеля при помощи Agrobacterium tumefaciens были получены растения, синтезирующие этот белок в мезофилле листа и других тканях растения и соответственно непоражаемые колорадским жуком. Данный подход используется и для создания других сельскохозяйственных растений, резистентных к различным видам насекомых.

Трансгенные животные. В качестве трансгенных животных чаще всего используются свиньи. Например, есть свиньи с человеческими генами. Их вывели в качестве доноров человеческих органов.

Еще пример: японские генные инженеры ввели в геном свиней ген шпината, который производит фермент FAD2, способный преобразовывать жирные насыщенные кислоты в линолевую – ненасыщенную жирную кислоту. У модифицированных свиней на 1/5 больше ненасыщенных жирных кислот, чем у обычных.

Дальше – больше, эксперименты ученых Тайваня. Исследователи из Национального университета Тайваня путем введения в ДНК эмбриона гена зеленого флуоресцентного белка, заимствованного у флуоресцирующей медузы Aequorea victoria, вывели зеленых светящихся трансгенных свиней. Эмбрион был имплантирован в матку самки свиньи. Поросята светятся зеленым светом в темноте и имеют зеленоватый оттенок кожи и глаз при дневном свете.

Основная цель выведения таких свиней, по заявлениям исследователей, – возможность визуального наблюдения за развитием тканей при пересадке стволовых клеток.

Образовательная биотехнология применяется для распространения биотехнологий и подготовки кадров в этой области. Она разрабатывает междисциплинарные материалы и образовательные стратегии, связанные с биотехнологиями (например, производство рекомбинантного белка), доступными для всего общества, в том числе для людей с особыми потребностями, например, нарушениями слуха и / или ухудшением зрения.

Моральный аспект. Многие современные религиозные деятели и некоторые ученые предостерегают научное сообщество от излишнего увлечения биотехнологиями (в частности, биомедицинскими технологиями), такими как генная инженерия, клонирование, различные методы искусственного размножения.

Но то всё теория. Что на практике? Как управление инновациями приводит к появлению в нашей жизни продуктов этих самых инноваций?

Для начала аналитики стоит вернуться к первоосновам и определиться с инновациями.

Инновация, нововведение – внедренное или внедряемое новшество, обеспечивающее повышение эффективности процессов и (или) улучшение качества продукции, востребованное рынком. Вместе с тем для своего внедрения инновация должна соответствовать актуальным социально-экономическим и культурным потребностям. Примером инновации является выведение на рынок продукции (товаров и услуг) с новыми потребительскими свойствами или повышение эффективности производства той или иной продукции.

Термин «инновация» происходит от латинского «novatio», что означает «обновление» (изменение), и приставки «in», которая переводится с латинского как «в направление», если переводить дословно «Innovatio» – «в направлении изменений». Само понятие innovation впервые появилось в научных исследованиях XIX в. Новую жизнь понятие «инновация» получило в начале XX в. в научных работах австрийского и американского экономиста Й. Шумпетера в результате анализа «инновационных комбинаций», изменений в развитии экономических систем. Шумпетер был одним из первых ученых, кто в 1900-х гг. ввел в научное употребление данный термин в экономике.

Инновацией является не всякое новшество или нововведение, а лишь такое, которое серьезно повышает эффективность действующей системы. Вопреки распространенному мнению, инновации отличаются от изобретений.

Инновация – результат инвестирования интеллектуального решения в разработку и получение нового знания, ранее не применявшейся идеи по обновлению сфер жизни людей (технологии; изделия; организационные формы существования социума, такие как образование, управление, организация труда, обслуживание, наука, информатизация и т.д.) и последующий процесс внедрения (производства) этого, с фиксированным получением дополнительной ценности (прибыль, опережение, лидерство, приоритет, коренное улучшение, качественное превосходство, креативность, прогресс).

Инновации – это процесс: инвестиции – разработка – внедрение – получение качественного улучшения. Понятие «инновация» относится как к радикальным, так и постепенным (инкрементальным) изменениям в продуктах, процессах и стратегии организации (инновационная деятельность). Исходя из того, что целью нововведений является повышение эффективности, экономичности, качества жизни, удовлетворенности клиентов организации, понятие инновационности можно отождествлять с понятием предприимчивости – поиск, создание и использование новых возможностей улучшения работы организации (коммерческой, государственной, благотворительной, морально-этической).

Инновация – процесс или результат процесса, в котором:

– используются частично или полностью охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности;

– обеспечивается выпуск патентоспособной продукции;

– обеспечивается выпуск товаров и/или услуг, по своему качеству соответствующих мировому уровню или превышающих его;

– достигается высокая экономическая эффективность в производстве или потреблении продукта.

Что получается на выходе процесса управления инновациями, продемонстрируем на примере Израиля, где создана одна из самых эффективных инновационных систем. Подробно инновационная система Израиля описана в первой книге серии «Инновационные системы» – «Инновационные системы: достижения и проблемы». Если кратко про израильскую инновационную систему, то первый и, возможно, самый важный вывод из опыта построения инновационной системы Израиля состоит в том, что государство должно поддерживать новые разработки, но не связывать руки исследователям. В первые годы существования еврейского государства главной статьей его экспорта были цитрусы, а в настоящее время 11% ВВП Израиля – продукция хай-тека, а из 70 млрд долл. экспорта больше половины приходится на высокотехнологические товары. В стране работает более четырех тысяч стартап-компаний, примерно как в США. Это называют «израильским чудом», и что явилось результатом правильной инновационной политики.

Есть и еще одна особенность израильской индустрии высоких технологий и инноваций – ее открытость всему миру, изначальная направленность на завоевание именно мирового рынка. Инновационная система Израиля зиждется на тех же принципах, что и инновационные системы других рекордсменов мирового инновационного процесса:

– приоритетное финансирование государством фундаментальных исследований;

– содействие со стороны государства передаче результатов научноисследовательских работ в промышленность;

– законодательное стимулирование научно-технической и инновационной деятельности.

На практике это реализуется в формате широкого набора механизмов государственной поддержки университетов, исследовательских институтов и лабораторий, крупных национальных корпораций, малого и среднего бизнеса.

С одной стороны, это бюджетная поддержка исследовательских организаций и университетов в форме сметного финансирования расходов, а также выделения целевых грантов и размещения

госзаказов на выполнение НИОКР, инвестирование в капитал венчурных фондов, а также осуществление целевых государственных закупок инновационной продукции и услуг, финансирование бизнес-инкубаторов, технопарков и т.п.

С другой стороны, это предоставление предприятиям, осуществляющим НИОКР, различных налоговых стимулов, а также выделение субъектам инновационной деятельности льготных государственных займов и кредитных гарантий. В общем, все как у других мировых лидеров по части эффективной работы с передовыми технологиями, которыми в Израиле непосредственно занимаются восемь университетов и пять компаний, связанных с научно-исследовательскими институтами и колледжами. Их роль заключается в том, чтобы набирать, продавать и развивать знания, накопленные в учреждениях, получать патенты на коммерческие продукты и помогать запускать стартапы.

Отличительной особенностью инновационной системы Израиля является то, что в стране научились доводить разработки ученых до состояния рыночного продукта, но компании по коммерциализации НИОКР израильских университетов (и сами университеты) не становятся акционерами инновационных предприятий, хотя их начальники – люди коммерчески опытные. Университеты строго ограничивают себя продажей или передачей в пользование патентов. Нежелание самим входить в предпринимательство объяснимо: помимо конфликта интересов, вузы отлично осознают ограниченность собственного опыта и возможностей. Ректор Ариэльского университета в Самарии профессор Михаил Зиниград отмечает, что, как и в любой цивилизованной стране, коммерческая деятельность университетам в Израиле запрещена. Но при каждом университете есть компании технологического трансфера. При всех израильских университетах давно уже имеются компании по продвижению патентов преподавателей и сотрудников. Патенты они регистрируют не только дома, в Израиле, но везде, где это требуется, притом что в Израиле нет патентных судов, используются законные способы защиты за пределами своей страны. Тут очень важно понимать, что патентовать и закрывать рынок через патент, создавая себе конкурентное преимущество, нужно в первую очередь в тех странах, на рынки которых вы собираетесь выходить. Например, если вы собираетесь продавать на рынке Германии, то патентовать нужно в Германии, если вы собираетесь продавать на рынке США, то патентовать надо в США.

Роль государства в израильской системе трансфера технологий довольно велика. Основную скрипку тут играют Министерство обороны и Министерство промышленности и торговли. При Министерстве промышленности и торговли Израиля сформированы фонды для поддержки новых разработок, которые находятся в ведении Офиса главного ученого, отвечающего за инновационную политику. Часть средств распределяется по конкурсу, когда все желающие подают свои заявки. Конкурсы организованы прозрачно и профессионально. Есть отбор без конкурса. Подается заявка, причем у претендентов обязательно должен быть партнер из бизнеса. У Министерства промышленности есть разные программы поддержки. Например, существует программа для проектов в ранней стадии, которая не требует реализации продукта, а только промышленное предприятие, заинтересованное в проекте. Программа годовая: 10% вкладывает предприятие, 90% – фонд. Доведение технологии до стадии производства может занимать 2-3 года. Распределение грантов происходит через Офис главного ученого.

Следует отметить два факта, которые характерны именно для израильской индустрии стартапов.

Первый – обилие (если не преобладание) среди стартаперов бывших сотрудников силовых структур, главным образом – разведки «Моссад». Вопреки распространённому мнению, в «Моссаде» не готовят в кратчайший срок профессиональных убийц. Рукопашный бой «крав-мага» и приёмы обращения с огнестрельным оружием преподают первый месяц в рамках курса молодого бойца. Далее же сотрудники занимаются в основном информационными технологиями. То же самое можно сказать и про элитное подразделение ЦАХАЛа, известное под номером 8200, существование которого структура долго отрицала. Оно состоит именно из айтишников. При финансировании стартапов предпочтение отдается именно тем, которые были созданы бывшими сотрудниками разведки и иных силовых структур, так как инвесторы отлично знают: лучшие профессионалы – именно выходцы оттуда.

Второй факт – наличие среди инвесторов большого количества людей, так или иначе имеющих отношение к силовым структурам. Например, инвестором некоторых стартапов является бывший премьер-министр Израиля Эхуд Барак, большая часть карьеры которого прошла в ЦАХАЛе, в том числе в элитном подразделении спецназа «Сайерет Маткаль», являющийся, помимо этого, магистром в области системного анализа. Это ему в своё время принадлежала

знаменитая фраза: «Если бы я был палестинцем призывного возраста, я бы тоже состоял в террористической организации». Есть и зарубежные инвесторы в израильские стартапы, имеющие непосредственное отношение к силовым структурам, в частности, бывший директор американского ЦРУ Дэвид Петреус. В настоящий момент служба разведки Израиля «Моссад» сформировала венчурный фонд для инвестиций в израильские стартапы на ранних стадиях, причем фонд рассчитывает не на владение долями в стартапах, а на доступ к технологиям, которые будут использоваться на благо безопасности родной страны. Фонд полностью государственный, сформирован из бюджета «Моссада» без привлечения стороннего финансирования.

Впрочем, эта практика не нова и не является каким-то особым достижением еврейского государства. Во всем мире что-то новое в первую голову примеряется на черепе ближнего своего, то бишь на случай войны, а уж когда больше никаких секретов не остается по военной части – технология достаётся и гражданским. Другое дело, как это у Министерства обороны Израиля получается. Тут есть на что посмотреть и чему поучиться, в плане «делай, как я, если не знаешь, что делать».

В чисто гражданской части инновационной системы Израиля следует отметить, что весьма важное место в системе создания, развития и поддержки инноваций в Израиле занимают «технологические теплицы». Это чисто израильский термин, во всем остальном мире этот инструмент инновационной системы называют «бизнес-инкубаторами». Первоначально, в 1992-м, бизнес-инкубаторы задумывались специально для репатриантов из бывшего СССР. Позже «теплицы», как прозвали их в стране, стали открыты для всех израильтян, включая арабов. Руководство таких структур берет на себя все бюрократические и организационные вопросы, а изобретатели получают возможность заниматься исключительно разработками. Компания в «теплице» обеспечена всей необходимой инфраструктурой, которая может понадобиться новому бизнесу: лабораториями, серверами – и находится в благоприятной научной среде. Поэтому предприниматель может сосредоточиться на самом главном – развитии своего продукта.

Каждый бизнес-инкубатор развивает в среднем 10 стартапов одновременно. Новое предприятие набирает силы в «теплице» в течение двух-трех лет, а затем уходит в самостоятельное плавание. Если проект оказывается успешным, бизнесмен возвращает деньги

посредством выплаты роялти – обычно 3–4% с продаж. Если же нет, предприниматель не несет ответственности перед государством. В связи с этим и проводится тщательный отбор заявок. Бюджет, выделяемый на один инновационный проект, составляет 350–600 тыс. долл. Биотехнологические компании в течение трех лет могут получить до 1,8 млн долл. госфинансирования.

Суть инновационной политики Израиля выражается во всесторонней помощи компаниям высокотехнологичного сектора. Зачастую это выражается в прямом субсидировании научных исследований и разработок. Например, Бюро Главного ученого при Министерстве промышленности и торговли ежегодно выделяет около 400 млн долл. в качестве стипендий на исследования и разработку, что покрывает от 30 до 66% всей их стоимости. Около 100 млн долл. в год составляют компенсации министерства в виде процентных отчислений при условии успешной реализации продукции.

Помимо этого государство создало специальную инфраструктуру поддержки инноваций. Бюро Главного ученого Министерства промышленности и торговли Израиля предоставляет помощь «стартовым» предприятиям, которые созданы во всех технологических теплицах, расположенных по всей стране.

Около тысячи перспективных технических идей было рекомендовано к реализации в этих «теплицах». Каждый год не менее сотни компаний, выпестованных в технологических теплицах, подписывают договора с инвесторами или коммерческими партнерами. Суммы контрактов составляют от нескольких десятков тысяч до десятков миллионов на каждый из проектов в зависимости от этапа развития той или иной технологической идеи. Инициатор инноваций представляет необходимые материалы, включая бизнес-план, и после получения места в «теплице» имеет право на грант в размере 85% от утверждённого бюджета проекта, или до 170 тыс. долл. в год на протяжении двух лет. Возврат ссуды начинается только после того, как разработчик привлекает внешнее финансирование. Венчурные фонды, как правило, положительно относятся к проектам, которые приняты комиссией для отработки в технологической теплице. В случае если не удалось никого ею заинтересовать, то ссуда списывается в полном объёме и без каких-либо дальнейших обязательств со стороны разработчика.

Для Израиля программа технологических «теплиц» – это важный инструмент продвижения национальных усилий во всем, что связано с исследовательскими проектами и разработками, осно-

ванными на важнейших ресурсах страны – интеллектуальных возможностях людей. Каждая технологическая «теплица» представляет собой самостоятельную организацию, руководимую и инструктируемую советом директоров, состоящим из промышленников, бизнесменов, учёных и общественников. Группа специалистов, работников технологических «теплиц», утверждает каждый проект, который соответствует их целям, и предоставляет возможность предпринимателям и изобретателям работать над своими программами в атмосфере тепла и поддержки, с постоянным инструктажем, что очень важно в начале пути. Технологические «теплицы» предоставляют возможность и абсорбировать новых репатриантов (ученых и инженеров с большим опытом), и внедрять новые различные технологии, привезенные ими. В результате вложений в технологические «теплицы» развиваются высокие технологии, что усиливает конкурентоспособность существующей израильской промышленности и создает новые рабочие места.

В Израиле считают, что ключ к успеху в сфере высоких технологий – это инвестиционные фонды, вкладывающие средства в создание новых компаний. Наличие венчурного капитала, обеспечивающего деятельность «стартовых» предприятий (где риск неудачи и банкротства, естественно, выше, чем у старых, солидных компаний), позволило осуществить свои идеи сотням новых предпринимателей. Количество венчурного капитала, вкладываемого в израильские инновационные проекты, в последнее время ежегодно возрастает на 30–35%. Каждый год не менее 3 млрд долл. инвестируется израильским и международным венчурным капиталом в израильские инновационные проекты с повышенной степенью риска, что сопоставимо с объёмом венчурных инвестиций, обращающихся в Силиконовой долине.

Залогом успешной коммерциализации инновационных проектов, помимо целенаправленной государственной поддержки, развитой системы венчурных фондов и качественного образования, является самоорганизация участников инновационного процесса. Тут в пример можно привести Израильскую ассоциацию индустрии передовых технологий (ИАИПТ) – крупнейшую в Израиле зонтичную организацию высокотехнологичных биопромышленных производств, объединяющую компании, организации и отдельных лиц, занятых в секторе биотехнологии и высоких технологий. В Израиле, где стремление к инновациям составляет часть национального менталитета, миссия ИАИПТ заключается в укреплении высокотехно-

логичных биопромышленных производств по всей цепочке создания стоимости и достижения глобального лидерства в области инновационных технологий. ИАИПТ прилагает усилия к исследованию, разработке и воплощению принципов и методов развития израильской индустрии передовых технологий, распространяя информацию о её достижениях и инновациях по всему миру. Эта деятельность ИАИПТ создаёт благоприятную обстановку для развития высоких технологий, что позволяет израильским компаниям разрабатывать технические новинки, налаживать производство и доставку общественно полезных изделий.

В Ассоциации представлены все сегменты и уровни данной отрасли: индивидуальные предприниматели, технологические инкубаторы, стартап-компании, центры исследований и разработок, транснациональные компании и провайдеры услуг. Всех членов Ассоциации объединяет общее стремление стать мировым лидером в своей области. Предоставляя своим членам платформу для коммуникации и сотрудничества, ИАИПТ не только даёт им возможность перенимать опыт отдельных успешных предпринимателей, но и обеспечивает доступ к научно-исследовательским и конструкторским разработкам, маркетингу, провайдерам финансовым услуг, лидирующим мировым фондам венчурного капитала и другим инвесторам.

Исходя из понимания потребностей израильского общества и в соответствии с принципом социальной ответственности индустрии высоких технологий, Ассоциация поддерживает стремление своих членов способствовать повышению уровня образования в целом и в особенности развитию творческого мышления и изобретательства. Кроме того, Ассоциация поддерживает организации, которые знакомят молодёжь с новейшими достижениями технологии и принципами предпринимательства.

ИАИПТ предоставляет своим членам следующие преимущества:

– отраслевые форумы и комитеты для решения ключевых вопросов, поднимаемых лидерами, и обсуждения возможных решений;

– частые веб-семинары, рабочие группы, семинары и встречи с глазу на глаз с руководителями высшего звена;

– присутствие на местных и международных отраслевых мероприятиях, организуемых по инициативе ИАИПТ и других организаций, паблисити в качестве предприятия, применяющего передовую технологию;

– ежедневный доступ к новостям местной промышленности, публикациям о новейших исследованиях и главное – к полному ежегодному отраслевому отчёту;

– доступ к Кнессету с возможностью лоббирования законодательных актов, например, относительно грантов и налоговых льгот;

– участие в «голосе отрасли» через прямые контакты с правительственными организациями и иностранными посольствами;

– участие во взаимовыгодных отношениях между отраслью и академией;

– программа обучения для молодых предпринимателей;

– значительные скидки на все мероприятия ИАИПТ.

Результатом деятельности ИАИПТ стали инновационные технологии и изделия, среди которых можно выделить следующие.

Компьютерная диагностика заболеваний головного мозга. Каждый третий человек страдает от таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера, Паркинсона, ADHD, хроническая боль и депрессия. Израильская неинвазивная технология BNA (brain network activation) для диагностики заболеваний головного мозга может произвести революцию в неврологии. Пациенты сидят за компьютером в течение 15 до 30 минут, выполняя конкретную задачу много раз, активируя определенные точки мозга, информация о которых с помощью специального устройства вводится в компьютер. В результате получается объемное изображение мозга и нервных связей, и после его обработки можно судить о наличии у пациента заболевания нервной системы. Клинические испытания показали значительную чувствительность и точность новой израильской системы в диагностике и лечении различных заболеваний головного мозга, причем эта медицинская система может даже оптимизировать дозирование лекарственного препарата путем наблюдения за изменениями в деятельности мозга при введении препарата во время терапевтического лечения.

RealView Imaging – медицинская технология 3D-визуализации. Революция в области медицинской визуализации: инновационное решение RealView Imaging позволяет в режиме реального времени создавать интерактивные трехмерные изображения, полученные при помощи ангиографа и ультразвуковой кардиологической системы Philips. В отличие от традиционной визуализации органа на экране монитора, данная технология дает возможность кардиохирургу без специальных очков детально рассматривать 3D-голограмму сердца, «парящую» в воздухе, во время проведения малоинвазивной операции. Более того, врачи могут поворачивать трехмерные объекты и совершать иные манипуляции простым движением руки. По мнению специалистов, испытания новой технологии имеют огромный потенциал в кардиохирургии. Сегодня малоинвазивные

операции на сердце, такие как открытие закупоренных коронарных артерий и замена сердечных клапанов, требуют использования объемных изображений: ультразвук обеспечивает точную визуализацию анатомии мягких тканей сердца, а интервенционный рентген позволяет получить максимально четкую «картинку» катетеров и сердечных имплантатов. 3D-голограммы станут новым шагом в развитии визуализации в кардиохирургии, и потребность в этой технологии будет расти.

Израильский стартап Umoove создал инновационную платформу, позволяющую взаимодействовать с портативными устройствами при помощи движений головы и зрачка. Разработка использует исключительно программные алгоритмы. Изображение от фронтальной камеры смартфона или планшета анализируется в режиме реального времени и преобразуется в команды управления, причем все расчеты требуют не более 5% процессорного времени. Помимо стандартных моделей использовании технологии (управление смартфоном, игровые приложения и т.д.), Umoove подчеркивает широкие возможности применения своей технологии для ранней диагностики целого спектра заболеваний.

Израильский стартап Consumer Physics обещает совершить революцию в области взаимодействия человека и окружающей среды с помощью SCiO. SCiO представляет собой карманный инфракрасный спектрометр размером с обычную USB-флешку, который работает в паре со смартфоном и предназначен для определения химического состава продуктов питания, медикаментов, напитков, почвы, растений и т.д. Сенсор SCiO излучает близкий к инфракрасному свет, который, отражаясь от поверхности продукта, приобретает уникальные свойства в зависимости от молекулярного состава вещества. Уловив отраженный свет, спектрометр анализирует и передает данные на смартфон пользователя. SCiO можно использовать для определения калорийности продуктов, идентификации лекарственных средств, выявления обезвоживания и т.д.

OrCam – Google Glass для незрячих. Израильский стартап OrCam создал аналог Google Glass, рассчитанный на незрячих и слабозрячих людей. Благодаря этим очкам люди с ограниченными возможностями смогут радикально повысить качество своей жизни. Система позволяет распознавать и озвучивать любой текст, встречающийся в повседневной жизни: от вывесок до газетных статей и от номера автобуса до меню в ресторане. Все, что требуется от пользователя, – указать гаджету на объект, который требуется визуализи-

ровать. После этого встроенная камера очков сканирует окружающее пространство в указанном владельцем направлении и распознает предмет. Например, при переходе дороги слабозрячий может указать на светофор, и OrCam скажет, какой у него горит цвет. А в ресторане пользователю достаточно вести пальцем по пунктам меню, и гаджет будет их ему читать. Взаимодействие очков с пользователем проходит через аудиоинтерфейс, точно так же, как и в Google Glass. А именно – звук передается через кости черепа, что делает его абсолютно неслышным для окружающих и улучшает качество звучания. Очки OrCam уже запущены в производство. Рекомендованная розничная цена продукта – 3500 долл.

Ola Mundo (по-испански «здравствуй, мир») – мобильное приложение, которое мгновенно передает сообщения с использованием символов для людей, чья способность говорить и писать серьезно нарушены. Эта технология была разработана Офером Харелем, сотрудником израильской IT-компании, который к тому же является отцом 10-летнего ребенка-аутиста по имени Адам. После анализа возможных альтернативных методов лечения для своего сына Офир понял, что для детей, таких как Адам, просто не существует решения, поскольку они общаются в основном через выражение эмоций. Харель разработал приложение, которое позволяет детям и взрослым, которые не могут говорить и писать, общаться с окружающим их миром посредством нового языка, целиком состоящего из символов. Большим преимуществом Ola Mundo является то, что его использование не зависит от физической близости, так как пользователь приложения общается посредством мгновенного обмена сообщениями.

Babysense – первый монитор движений «нового поколения». Созданный и запатентованный в Израиле в 1992 г., он находится на международном рынке с 1994 г. Babysense успешно зарекомендовал себя по всему миру – по мнению экспертов, это наиболее эффективный монитор в борьбе с синдромом внезапной смерти младенцев (СВСМ). Все модификации, имеющиеся сегодня на рынке, являются следствием этого инновационного прорыва. Babysense является единственным домашним монитором движений, зарегистрированным в ЕС в качестве медицинского устройства. Устройство представляет собой две сенсорные панели, располагающиеся под матрасом в кроватке малыша и соединенные с контрольным блоком, который в свою очередь закрепляется при помощи специальной скобы на стенке кроватки вне досягаемости младенца. Монитор ежесекундно

контролирует движения и дыхание младенца, подавая родителям сигнал тревоги в случае малейших изменений в его движении, приостановки или замедления дыхания. Если по какой-либо причине ребенок перестает дышать в течение 20 секунд или частота его дыхания замедляется до менее чем 10 движений в минуту, срабатывает звуковая и визуальная сигнализация, в результате чего родитель или воспитатель может вовремя оказать помощь ребенку.

EarlySense – система мониторинга состояния пациентов. EarlySense непрерывно наблюдает за тяжелыми пациентами и помогает уменьшить количество «ложных тревог». Связка проводов, ведущих к мониторам, много лет была спасительной для больного при слишком сильном изменении сердечного ритма или дыхания. Вместе с тем чувствительные устройства нередко подают сигнал тревоги, когда пациент просто переворачивается, кашлянет или почешется. Это происходит настолько часто, что некоторые медсестры уже начинают игнорировать сигналы, а это подвергает пациента реальной опасности. Израильская компания EarlySense нашла оригинальный выход из положения. Вместо прикрепления к телу пациента многочисленных проводов инженеры предложили класть под матрац плоское сенсорное устройство размером с iPad. Оно достаточно чувствительное, чтобы регистрировать дыхание пациента, частоту сердечных сокращений, а также движения больного в кровати. Практика применения EarlySense в американских больницах показывает, что риск ложной тревоги уменьшается в несколько раз.

Но какой бы эффективной ни была инновационная система, нет пределов совершенству. И один из очевидных шагов в направлении повышения эффективности инновационных систем – встраивание в инновационные системы систем искусственного интеллекта.

4.2. Новая идеология Кремниевой долины

В 2023 г. в медиа стало все чаще звучать понятие TESCREAL – его называют идеологией современного технологического капитализма. Ее главная идея в том, что благополучие современного мира – это не цель, к которой должно стремиться, а средство для достижения блага для будущих поколений. А главный инструмент TECREALистов – буквально Deux Ex Machina – общий искусственный интеллект. Хотя DEM успешно развивается в США, инициативу уже перехватывает Китай.

Так, китайские ученые создали систему искусственного интеллекта для воздушного боя, которая объясняет свою логику принятия решений во время сражений. Эта система призвана решить проблему «черного ящика», с которой сталкиваются как США, так и Китай в гонке вооружений с применением ИИ. Новое решение позволит пилотам лучше понимать действия ИИ, что укрепит сотрудничество между ними во время боевых операций. Система достигла почти 100% побед всего за 20 000 раундов обучения, в то время как традиционному ИИ для 90% побед требовалось 50 000 раундов. США начали внедрять ИИ в своих ВВС раньше Китая. В то время как Китай проводил реальные воздушные сражения между беспилотниками под управлением людей и ИИ, американские пилоты-испытатели уже тестировали свои системы ИИ для ближнего воздушного боя в реальных летных испытаниях.

Интеллектуальные системы ведения воздушного боя становятся все более распространенными, и одним из ключевых методов принятия решений в таких сражениях является обучение с подкреплением. Однако этот метод сталкивается с трудностями, поскольку напоминает «черный ящик»: задачи поступают в «ящик» и он выдает какой-то результат на выходе, при этом люди остаются в неведении относительно внутренних процессов. Из-за этого сложно объяснить стратегию, понять намерения и доверять принимаемым решениям. Но воздушный бой – это вопрос жизни и смерти. В ближайшем будущем пилотам придется тесно сотрудничать с ИИ, доверяя этим интеллектуальным машинам свои жизни. Для решения этих проблем новый метод использует объяснимое обучение с подкреплением, делая решения в воздушном бою прозрачнее. Сначала строится модель для объяснения стратегий и распознавания намерений. Затем система оценивает, насколько важно каждое решение, и какова вероятность того или иного намерения противника. Наконец, на основе этих интерпретаций он корректирует алгоритм глубокого обучения с подкреплением.

Созданная под руководством Чжан Дуна, доцента Школы аэронавтики Северо-Западного политехнического университета в Сиане, инновационная боевая система искусственного интеллекта выходит за рамки обычного программирования. В отличие от традиционных систем, эта технология способна объяснить каждое отправленное на бортовой компьютер указание с помощью простого языка, данных и графиков. ИИ также может прояснить важность каждой директивы,

предоставив подробную информацию о текущей боевой обстановке, конкретных маневрах и стратегических намерениях. Команда также обнаружила, что эта технология открывает новые пути взаимодействия пилотов-людей с ИИ. Например, во время анализа боя после симуляции опытный пилот может указать на те сигналы, которые привели к ошибкам ИИ. Этот эффективный процесс обратной связи позволяет ИИ понимать предложения опытных пилотов и избегать подобных ошибок в будущих сражениях. Этот тип ИИ, действующий «исходя из понимания», может достичь практически стопроцентного показателя побед, пройдя всего 20 000 раундов боевой подготовки. Для сравнения, традиционный ИИ достигает лишь 90% побед после 50 000 раундов и с трудом продвигается дальше. Пока технология ограничивается наземными симуляторами, но ученые уже планируют перенести ее в реальные условия воздушного боя.

Исследователи Делфтского технологического университета разработали нейроморфный механизм управления зрением, который делает возможными автономные полеты дронов. Для этого проекта команда создала пятислойную нейросеть из 28 800 нейронов. Сеть обрабатывает «сырые» данные с камеры, на их основе оценивает трехмерное движение в окружающей среде и выдает команды управления для дрона. Во время полета нейроморфный дрон обрабатывал данные до 64 раз быстрее, чем графическая карта, и потреблял всего 7 милливатт энергии на работу нейросети. Развитие этой технологии позволит дронам стать такими же маленькими, маневренными и умными, как летающие насекомые. Искусственный интеллект обладает огромным потенциалом для предоставления автономным роботам интеллекта, необходимого для реальных приложений.

Однако нынешний ИИ опирается на глубокие нейронные сети, требующие значительной вычислительной мощности. Графические процессоры, предназначенные для работы глубоких нейронных сетей, потребляют много энергии. Это особенно проблематично для небольших роботов, таких как летающие дроны, поскольку у них ограничены ресурсы с точки зрения датчиков и вычислений. Мозг животных анализируют информацию совсем не так, как нейронные сети, работающие на графических процессорах. Биологические нейроны обрабатывают данные асинхронно (неодновременно), и в основном общаются с помощью электрических импульсов, называемых спайками. Поскольку передача таких спайков требует энергии, мозг минимизирует их количество, что приводит к разреженной обработке информации (где используется лишь малая часть нейронов).

Вдохновленные этими свойствами мозга животных, ученые и технологические компании разрабатывают нейроморфные процессоры. Эти процессоры позволяют запускать импульсные нейронные сети и обещают быть намного быстрее и энергоэффективнее. Теперь ученые впервые продемонстрировали дрон, использующий нейроморфное зрение и управление для автономного полета. В частности, они разработали спайковую нейронную сеть, которая обрабатывает сигналы с нейроморфной камеры и выдает команды управления, определяющие положение и тягу дрона. Эту сеть ученые развернули на борту дрона на базе нейроморфного исследовательского чипа Intel Loihi. Благодаря данной сети дрон может воспринимать и контролировать собственное движение во всех направлениях с частотой около 200 Гц. Эта система автономно следовала заданным точкам движения без внешней помощи.

Схема аппаратной установки включает камеру событий, нейроморфный процессор, одноплатный компьютер и контроллер полета. Дрон весом 994 г и диаметром 35 см продемонстрировал плавное снижение высоты во время экспериментов по посадке. Система обучения сети состоит из двух модулей. Первый обучается визуально воспринимать движение по сигналам движущейся нейроморфной камеры. Это похоже на то, как животные учатся воспринимать мир самостоятельно. Второй учится отображать предполагаемое движение в соответствии с командами управления в симуляторе. Обучение системы управления дроном происходило с помощью искусственной эволюции в симуляторе. Сети, которые лучше управляли беспилотником, имели больше шансов на «размножение». По мере смены поколений искусственной эволюции спайковые нейронные сети становились все эффективнее в управлении и, наконец, смогли летать в любом направлении на разных скоростях.

Одной из главных проблем обучения дронов с автономным управлением является «разрыв реальности» – системы, натренированные на идеальных моделях среды, зачастую не справляются с реальным миром. Исследователи нашли способ обойти эту проблему. Обучение нейроморфного зрения происходит на «сырых» данных с камеры, что позволяет дрону «видеть» реальный мир. Команда также использовала метод самообучения, избавляющий от необходимости в сложных наземных измерениях. Кроме того, не нужно создавать высокочастотные и реалистичные изображения для обучения, что сокращает время тренировки нейронной сети. Сеть работает на частоте от 274 до 1600 раз в секунду. При этом, если запустить ту же

сеть на небольшом встроенном графическом процессоре (GPU), она сможет работать только 25 раз в секунду – разница в 10–64 раз. Более того, исследовательский нейроморфный чип Intel Loihi потребляет всего 1,007 Вт, из которых 1 Вт приходится на включение чипа. Сама работа сети потребляет лишь 7 милливатт. Для сравнения, встроенный GPU при выполнении той же задачи потребляет 3 Вт, из которых 1 Вт – включение, а 2 Вт – непосредственно работа сети.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления запатентовал программу дополненной реальности для упрощения сборки деталей на предприятиях авиапромышленности. Программа дополненной реальности поможет производителям изделий упростить процесс сборки, монтажа и контроля. Этот IT-продукт проецирует изображения конструктивных элементов изделий на поверхности объектов. Разработка может применяться в авиастроении. «Эта технология является актуальной и будет полезна в производстве наряду с другими новыми технологиями, такими как виртуальная и дополненная реальность, – пояснил один из авторов, завкафедрой самолето- и вертолетостроения Цыбик Цыдыпов. – Программа может решить такие задачи, как калибровка проектора, определение масштабного коэффициента и создание изображений для проекции на 3D-объекты». Еще одна IT-разработка вуза – программа для пиксельной покраски объектов сложной геометрической формы. Программа использует специальные алгоритмы анализа трехмерной модели объекта и делит ее на грани. Далее она подбирает цвета для каждой из них так, чтобы они соответствовали цветам фона. «На входе программа принимает 3D-модель в специальном формате и изображения, по которым формируется таблица раскраски. На выходе получается раскрашенная трехмерная модель, с которой удобнее работать», – отметил Цыдыпов.

Глядя на улицы города утром буднего дня, мы видим множество людей, каждый из которых торопливо или размеренно идет куда-то по своим делам, будь то на учебу или на работу. Скорость, особенности шага и общая картина локомоции человеческой ходьбы являются уникальными для каждого человека. При этом обстоятельства окружающей среды имеют немалое влияние на то, как ходит человек. Говоря о роботах, мы уже давно научили их ходить, подобно человеку (рис. 4.1). Однако адаптация к динамическим условиям окружающей среды, особенно настройка скорости в реальном времени, остаются крайне сложной задачей. Ученые из Университета Тохоку (Япония) разработали новую методику обучения роботов,

использовав возможности генеративного ИИ. Насколько данная методика была эффективной для обучения роботов, и насколько лучше стала их локомоция?

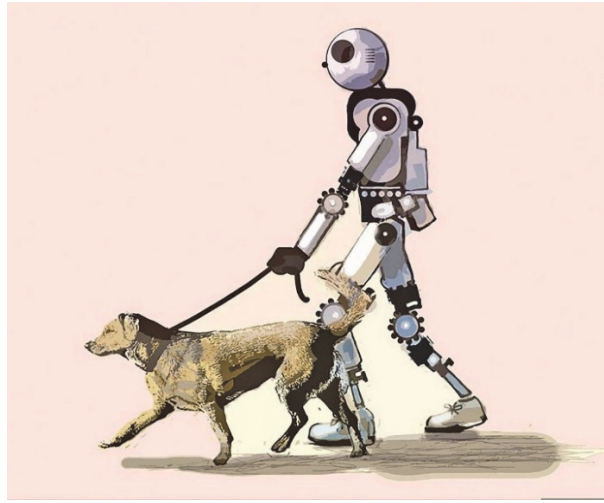


Рис. 4.1. Ну чем не человек?

Антропоморфные роботы являются центром внимания не только писателей-фантастов, но и научных сообществ во всем мире. На данный момент существует множество исследований и разработок из области робототехники, основная задача которых заключается в наделении роботов особенностями, присущим человеку (поведение, внешний вид, манера общения, локомоция и т. д.). Когда-то роботы были неуклюжи и не могли даже близко сравниться в локомоции с человеком. Даже методы передвижения были иными (колеса, гусеницы и т. д.). Благодаря огромному труду инженеров роботы обзавелись двуногим передвижением, которое не только открыло новое окно возможностей, но и породило множество новых вопросов. Одной из самых явных проблем двуногого передвижения роботов является адаптация под динамические условия окружающей среды. Некоторые существующие роботы-гуманоиды, в том числе продвинутые модели, такие как Atlas от Boston Dynamics, добились значительного прогресса. Но даже они еще не обладают стопроцентной адаптируемостью. Ученые считают, что усовершенствовать роботов можно с помощью новых методов их обучения.

За последние годы особый и нтерес приобрел алгоритм машинного обучения, называемый «глубокое обучение с подкреплением» (DRL от deep reinforcement learning). DRL предполагает обучение агента освоению оптимального поведения посредством взаимодействия с окружающей средой методом проб и ошибок, применяя сигнал вознаграждения для управления своими действиями. В робототехнике DRL используется для улучшения выполнения различных задач, таких как захват объектов и передвижение, особенно у четвероногих роботов. Однако одним из текущих препятствий в применении DRL к роботам-гуманоидам является большое пространство, которое необходимо исследовать, и дисбаланс двуногого передвижения. Это затрудняет непосредственное обучение желаемой походке, поскольку существует множество возможных комбинаций движений, которые следует учитывать, и многие из них приводят к падениям.

Когда речь заходит о каком-либо обучении искусственных систем, ученые часто обращаются за вдохновением к биологическим системам. К примеру, центральный генератор упорядоченной активности (CPG от central pattern generator) является результатом этого вдохновения. CPG – это нейронные цепи, расположенные в спинном мозге, которые генерируют ритмические паттерны мышечной активности, например, те, которые применяются во время ходьбы и бега. Используя CPG, роботы могут достигать более естественных и стабильных движений, аналогичных движениям живых организмов. Механизм CPG включает сеть взаимосвязанных нейронов, генерирующих колебательные сигналы, которые передаются мышцам, ответственным за движение.

У животных рефлекторная цепь обычно работает вместе с CPG в качестве контроля по принципу обратной связи. Вычислительные модели использовались для исследования слияния CPG с сенсорной обратной связью. Однако вопрос о том, как эффективно интегрировать и применять их для управления передвижением двуногих роботов, остается нерешенным, поскольку CPG потенциально могут ограничить пространство управления и помочь уменьшить размерность, но чтобы быть адаптивными и гибкими для различных сред, они должны хорошо поддерживаться рефлекторными сетями.

Ученые обучили контроллер CPG при помощи имитационного обучения, а затем обучили рефлекторную нейронную сеть посредством DRL. В отличие от других алгоритмов, которые используют обучение с подкреплением для целей имитации, цель рассматри-

ваемого обучения заключалась не только в том, чтобы заставить агента вести себя аналогично собранным данным о движениях человека. Вместо этого использовалось имитационное обучение, чтобы обучить CPG-подобный контроллер формированию управления с прямой связью. CPG-подобный контроллер был разработан для генерации ритмических паттернов вращающих моментов суставов, аналогичных тем, которые генерируются CPG в живых организмах. Ученые использовали имитационное обучение для формирования шаблонов обучения CPG, чтобы избежать сложных вычислений и настройки, необходимых для других нелинейных функций. Затем рефлекторную нейронную сеть обучили с помощью DRL, чтобы корректировать движения, генерируемые CPG-подобной сетью, на основе сенсорной обратной связи, что позволяет роботу адаптироваться к изменениям в окружающей среде. Важно отметить, что в этом исследовании обучение с подкреплением используется для формирования рефлекторной нейронной сети для поддержки CPG, а не для формирования самого CPG.

Система управления – адаптивная имитируемая CPG (AI-CPG от adaptive imitated CPG) – состоит из следующих элементов (1b): генератор ритма (G), определяющий ритм двигательной активности; слой (S) формирования шаблона, который формирует ритмические сигналы синхронизации в соответствии с целевыми углами суставов робота; PD контроллер, который выводит моторные команды на основе ошибки между текущими углами суставов и целевыми углами суставов; контроллер рефлекторной нейронной сети ® на основе сенсорной обратной связи (рис. 4.2; 4.3).

В процессе управления движением робота команда скорости на **1b** модулирует скорость робота, изменяя частоту G и S. Это соответствует аналогичному механизму на **1a**, где мозг регулирует двигательный паттерн человека путем нисходящей модуляции в спинномозговую сеть. Предыдущие исследования показали, как нисходящая модуляция регулирует активность CPG, взаимодействует с сенсорно-управляемой моделью и облегчает переходы от ходьбы к бегу. G и S служат контроллерами CPG с прямой связью, которые уменьшают размерность пространства действий робота, используя предварительные знания. Напротив, R служит контроллером обратной связи, отвечающим за поддержание баланса робота и адаптацию к данной физической среде.

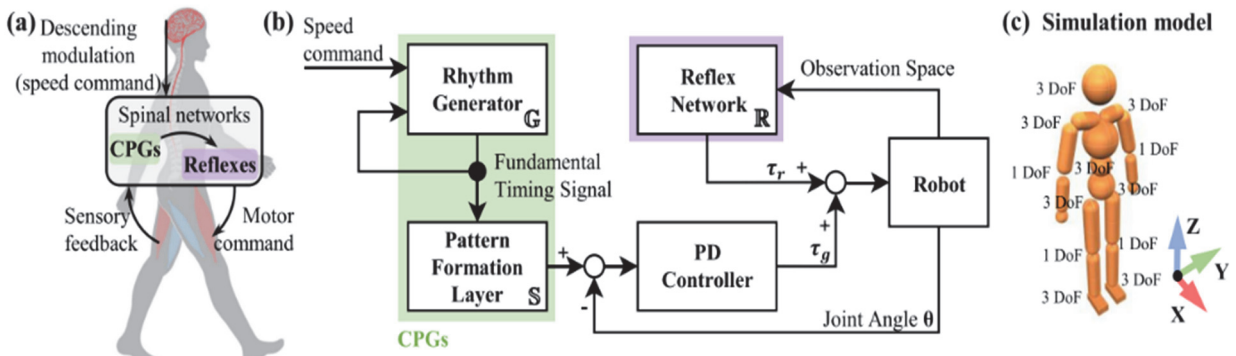


Рис. 4.2. Система управления CPG

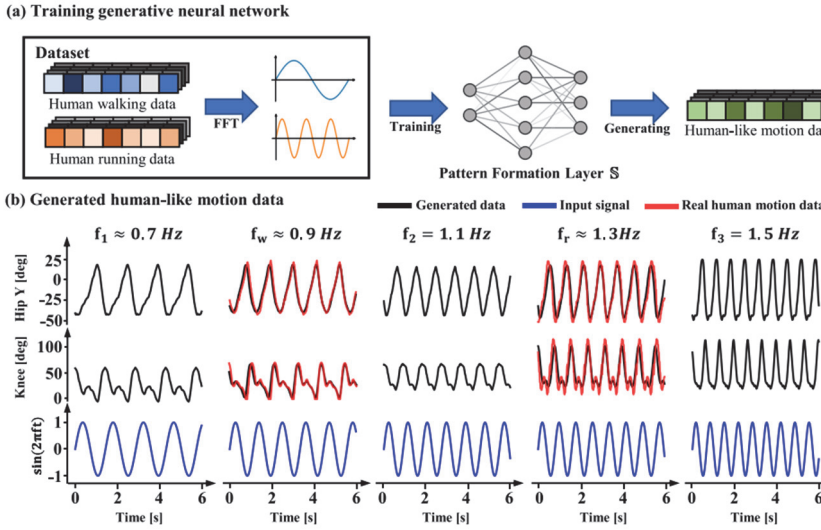


Рис. 4.3. Схема сигналов обучения CPG

Как показано на рис. 4.2, *a* и *b*, исследователи обучали S посредством имитационного обучения, используя данные о движениях человека из CMU базы данных захвата движений, которая состояла из набора данных о походке как для ходьбы, так и для бега. Ученые применяли быстрое преобразование Фурье (FFT от fast Fourier transform) для получения частот движения fw и fr для двух наборов данных. На основе частот движения и G были рассчитаны входные функции, используемые для обучения. После сопоставления входных функций с реальными данными о движении во временном ряду были получены наборы обучающих данных, которые использовались для обучения S посредством контролируемого обучения. Изменяя частоту (f) входного синусоидального сигнала до S(t, f), ученые могли генерировать углы суставов и крутящие моменты робота-гуманоида, соответствующие различным скоростям движения.

Чтобы продемонстрировать возможности разработанной системы управления (AI-CPG), обучили агента-гуманоида выполнять задачу перемещения по прямой линии с разными скоростями на ровной поверхности. Для сравнения были использованы два алгоритма: PPO (от proximal policy optimization) и AMP (от adversarial motion priors). PPO – один из наиболее часто используемых методов DRL

в робототехнике. Его преимуществом является обработка многомерных и непрерывных пространств состояний и действий со стабильной производительностью обучения. AMP – это новый алгоритм создания анимации и управления роботами, который сочетает в себе имитационное обучение, состязательное обучение и DRL. Это эффективный метод имитации естественного и реалистичного поведения на основе реальных данных о движении без необходимости искусственного проектирования функций вознаграждения.

Чтобы условия эксперимента при обучении были максимально схожими, количество эпох для каждого из трех алгоритмов составляло 3000, причем каждая эпоха длилась 1000 итераций. Число параллельно обученных актеров составило 8192, а используемые нейронные сети представляли собой MLP со скрытыми слоями размеров для всех трех алгоритмов. Два набора данных реального движения использованные для обучения AMP были идентичны тем, которые применялись для обучения AI-CPG.

Для алгоритма PPO были установлены целевые скорости в функции вознаграждения, равными 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 и 4.0 м/с. Алгоритм AMP изучает две разные скорости на основе используемых им данных о движении человека при ходьбе и беге. Для AI-CPG диапазон входной частоты генератора CPG составляет [0.8, 1.4] для обучения и [0.7, 1.4] для тестирования. Через каждые 100 эпох обучения нейронная сеть сохранялась в качестве контрольной точки. Каждый алгоритм обучался на пяти случайных начальных числах. Результат обучения показан на рис. 4.4.

Сравнивая CoT (от cost of transport) при разных средних скоростях на рис. 4.4, *а*, становится заметным тот факт, что агент, обученный с помощью AI-CPG, мог регулировать скорость своего движения, используя только один контроллер нейронной сети, даже для широкого диапазона скоростей. Кроме того, U-образная зависимость CoT-скорость при ходьбе и линейная зависимость CoT-скорость при беге очень похожи на таковые у человека. Однако скорость движения робота, обученного с использованием алгоритма PPO, была ограничена структурой его функции вознаграждения. Алгоритм AMP чрезмерно ориентирован на то, чтобы движения робота были похожи на реальные, что затрудняет гибкую настройку скорости движения. Кроме того, по сравнению с алгоритмом AMP, алгоритмы PPO и AI-CPG оптимизировали энергоэффективность робота во время движения, следуя учету энергии в функции вознаграждения.

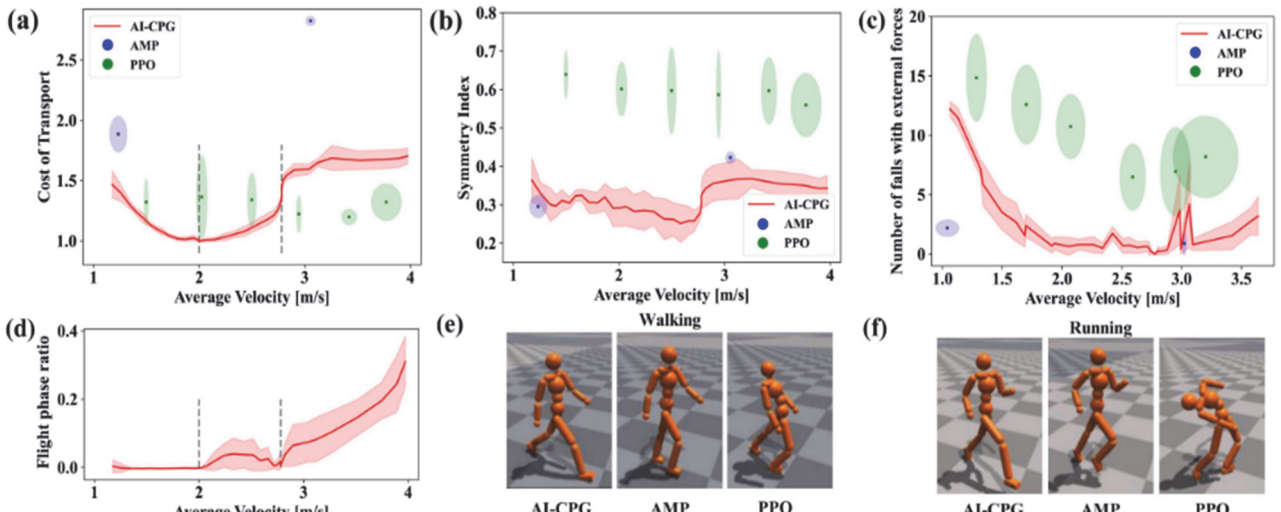


Рис. 4.4. Схема схожих «эпох» для трех алгоритмов

На рис. 4.4, *b* показано сравнение индекса симметрии робота на разных скоростях, а на рис. 4.4, *e* и 4,4, *f* – походка робота, движущегося в симуляторе. Было установлено, что поскольку алгоритм PPO не ссылался на какие-либо реальные данные о движении во время тренировки, симметрия его походки была намного хуже, чем у AMP и AI-CPG. Эти ненормальные походки ограничивают применение метода PPO в реальных роботах.

Как показано на рис. 4.4, *c*, ученые проверили надежность контроллера походки, приложив определенную высокую случайную силу от -200 Н до 200 Н по всем осям к туловищу агента во время ходьбы. Период переложения внешней силы длился 0.1 секунды каждую секунду движения. В ходе 60-секундного теста было замечено, что для роботов, управляемых по одному и тому же алгоритму, состояние движения с низкой скоростью более нестабильно, чем состояние с высокой скоростью. Более того, у AI-CPG и AMP было меньше падений по сравнению с PPO в большинстве диапазонов скоростей. Это говорит о том, что походка, подобная человеческой, которую AMP и AI-CPG изучают на основе данных о движении человека, более устойчива к внешним воздействиям по сравнению с ненормальной походкой PPO.

На рис. 4.4, *d* ученые использовали «коэффициент фаз полета» для определения походки агента. Фаза полета – это фаза, в которой обе стопы не соприкасаются с землей в течение одного полного цикла ходьбы. В соответствии с соотношением фаз полета скорость движения, контролируемая AI-CPG, разделена на три периода черной пунктирной линией на рис. 4.4, *a* и рис. 4.4, *d*.

Область слева представляет собой устойчивую походку без фазы полета. Область в центре представляет собой переходную фазу походки, при которой фаза полета колеблется. Область справа представляет собой стабильную беговую походку, при которой соотношение фаз полета больше нуля и постоянно увеличивается с увеличением скорости. Результат подтверждает, что AI-CPG позволяет нейронной сети изучать различные походки, включая переходы от ходьбы к бегу.

На основании сравнения трех вышеперечисленных алгоритмов можно сделать вывод, что AI-CPG сочетает в себе преимущества имитационного обучения и DRL. Посредством формирования функции вознаграждения DRL помогает роботу научиться сохранять баланс и оптимизировать энергоэффективность. Походка, подобная

человеческой, полученная на основе баз данных, позволяет AI-CPG лучше противостоять внешним воздействиям. Кроме того, механизм упреждающего управления в части CPG AI-CPG дает возможность ему последовательно обрабатывать широкий диапазон скоростей движения и различных походок.

Регулируя значение частоты (f) на контрольной точке, ученые добились плавного перехода от ходьбы к бегу (рис. 4.5). Связь между f и временем t составляет $f(t) = 0.7 + 0.023t$. Как показано на рис. 4.5, *a*, увеличение f способствует постепенному уплотнению входного синусоидального сигнала в AI-CPG, что приводит к регулируемой динамической походке. Между тем на рис. 4.5, *b* показаны изменения походки на разных стадиях. Когда и t, и f малы, робот движется медленно шагающей походкой. Соотношение фаз полета (Fr) и диаграмма походки на рис. 4.5, *d* подтверждают это наблюдение. По мере увеличения t и f скорость робота также возрастала, а соотношение фаз полета постепенно увеличивалось и колебалось, что указывает на переходную походку робота. Когда частота превышает 1.14 Гц, робот переходит к устойчивому бегу с дальнейшим увеличением t и f (рис. 4.5, *e*).

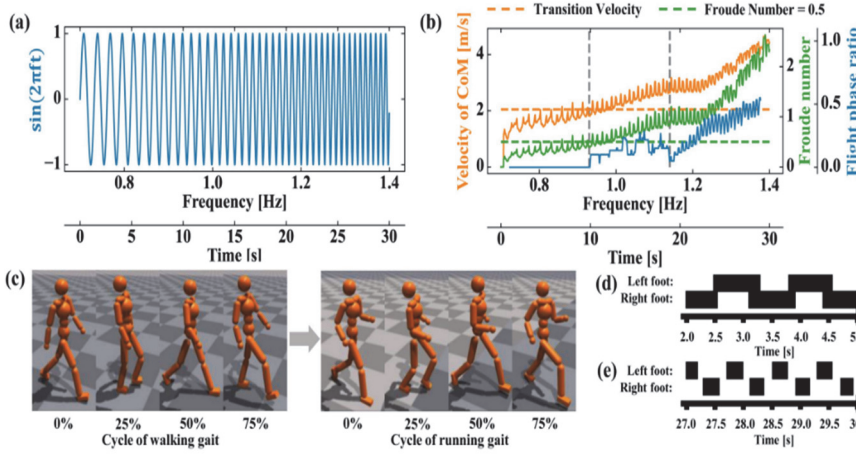


Рис. 4.5. Схема связи чистоты f и движения

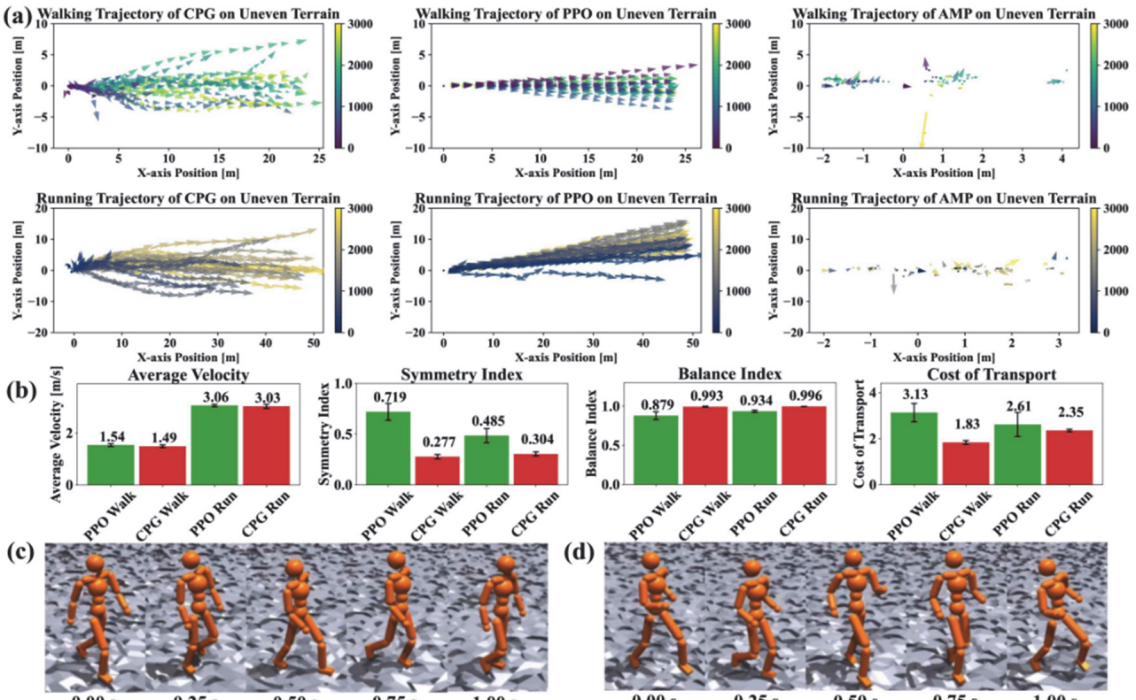


Рис. 4.6. Схема сравнения экспериментальных результатов

Далее ученые приступили к тестированию системы, использующей алгоритмы PPO, AI-CPG или AMP, в условиях неровной поверхности (перепады высоты в 10 см). На рис. 4,6, *a* представлены изменения траектории движения робота по мере увеличения обучающих итераций при разных целевых скоростях. Результаты показывают, что PPO и AI-CPG успешно управляли движением робота на неровной местности, тогда как AMP не смог справиться с этой задачей. На ранних этапах обучения и PPO, и AI-CPG имели неупорядоченный вектор скорости (обозначенный темной стрелкой на изображении выше), который группировался вокруг начала координат, что делало агента неспособным эффективно двигаться. По мере увеличения количества обучающих итераций вектор скорости постепенно выравнивался с положительной осью X и смещался вправо, указывая на то, что агент научился двигаться в желаемом направлении. И наоборот, траектория и векторы скорости AMP всегда были неорганизованными и случайными.

На схеме рис. 4.6, *b* представлено сравнение экспериментальных результатов PPO и AI-CPG. Сравнение показало, что AI-CPG превосходит PPO с точки зрения индекса симметрии, индекса баланса и CoT при двух разных скоростях движения. Важно отметить, что в случае AI-CPG используется одна и та же нейронная сеть как для ходьбы, так и для бега, тогда как для PPO требуется нейронная сеть для ходьбы и еще одна для бега. Кроме того, стандартное отклонение результатов AI-CPG было меньше, что указывает на более стабильный процесс обучения.

Наконец, был протестирован переход от ходьбы к бегу на неровной местности, что является достаточно сложной задачей. AI-CPG, как и в случае с ровной поверхностью, успешно справился с данной задачей (рис. 4.7).

Ученые описали новую систему управления движений человекоподобных роботов (AI-CPG), основанную на имитационном обучении и усиленных рефлекторных сетях. На первый взгляд ходьба или даже бег кажутся весьма простыми для реализации процессами. Однако эта простота обусловлена биологическими процессами, которые позволяют нам в реальном времени адаптироваться к динамической окружающей среде. Но для двуногих роботов подобная адаптируемость является практически непосильной задачей. Суть в том, что роботу необходимо иметь базу данных потенциальных изменений рабочей среды, к которой он может обратиться в случае реализации одного из изменений. Нам это не нужно, ведь процесс

адаптации происходит сам по себе, т. е. без обязательной привязки к предыдущему опыту.

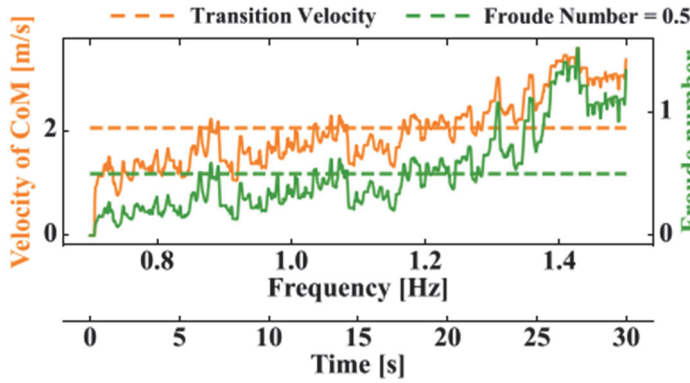


Рис. 4.7. Связь между скоростью движения и частотой

Авторы исследования решили использовать глубокое обучение с подкреплением (DRL от deep reinforcement learning), которое расширяет традиционное обучение с подкреплением, используя глубокие нейронные сети для решения более сложных задач и обучения непосредственно на основе необработанных сенсорных данных. Однако DRL обладает весьма существенным недостатком, а именно огромными вычислительными затратами. Другой подход, называемый имитационным обучением, использует данные о движения реальных людей. Этот метод отлично справляется в ситуациях стабильных условий (например, полностью ровная поверхность), но становится малоэффективным, когда условия меняются (например, перепады высоты на поверхности). Ученые смогли преодолеть ограничения вышеописанных методов, объединив их в единое целое. В результате робот был обучен не только ходить и бегать, но и подстраиваться под динамически меняющуюся среду и плавно переходить от ходьбы к бегу. Авторы разработки уверены, что их труд является значимым шагом к реализации генеративного искусственного интеллекта для управления роботами с потенциальным применением в различных отраслях.

Специалисты из Принстона (США) применили технологию машинного обучения для улучшения конструкции сосудов, окружаю-

щих раскаленную плазму термоядерных реакторах типа токамак и стеллатор. В результате они добились оптимизации методов нагревания и поддержания стабильного контроля над реакцией в течение продолжительного времени. Принстонские физики начали применять системы искусственного интеллекта для сдерживания нестабильности плазмы в 2019 г. По их мнению, модели машинного обучения позволяют качественнее обработать большое количество входящих данных и отреагировать на них за тысячные доли секунды. «Невозможно эффективно бороться с возмущениями, если тратить на это больше пары миллисекунд, – сказал Уильям Тан, главный исследователь Лаборатории физики плазмы. – Это как начать лечить смертельный рак после того, как стало уже слишком поздно». Машинное обучение позволяет отойти от классического набора команд, которые программист пишет для компьютера, и позволить машине самой анализировать данные и адаптироваться к новой информации. Ученые полагают, что эта способность учиться и приспосабливаться поможет повысить управляемость реакции термоядерного синтеза.

Нестабильности плазмы могут приводить к серьезным повреждениям. Для реакторов, которые будут находиться в коммерческой эксплуатации, такое недопустимо. Машинное обучение в состоянии защитить процесс от магнитных возмущений, нарушающих стабильность плазмы. Компьютерная система способна принимать решения за доли секунды быстрее, чем человек, и автоматически настраивать параметры работы реактора, предвосхищая опасные изменения. «Наши результаты особенно впечатляют, поскольку мы смогли достичь их на двух различных токамаках, используя один и тот же код», – сказал Ким Сан Кён, один из исследователей, имея в виду токамаки DIII-D и KSTAR. Причем в обоих случаях плазма находилась в режиме высокого удержания (H-Mode), самом сложном с точки зрения стабилизации, но необходимом для выработки энергии термоядерного синтеза. Ученые из Принстона предложили новый метод решения проблемы управления плазмы в токамаке – появления краевых локализованных мод. Их решение позволяет избежать незапланированного окончания термоядерной реакции в токамаках, которое может повредить реактор.

Вышеприведённые примеры разработок убедительно показывают успехи искусственного интеллекта в наше время. Однако по меньшей мере 200 сотрудников исследовательского подразделения Google по искусственному интеллекту, DeepMind, несогласны с военными контрактами компании. Они направили внутреннее письмо,

в котором выразили обеспокоенность сотрудничеством Google с военными организациями, включая поставки ИИ и облачных сервисов израильской армии. Сотрудники считают, что такие контракты противоречат заявленной миссии Google по созданию этичного и ответственного искусственного интеллекта. Сотрудники DeepMind сослались на статьи о поставках Google искусственного интеллекта и облачных сервисов израильской армии. Они подчеркнули, что подобные контракты противоречат заявленной миссии компании о создании этичного и ответственного искусственного интеллекта.

«Любое участие в военной промышленности и производстве оружия влияет на наше положение как лидеров в области этичного и ответственного искусственного интеллекта и противоречит нашей миссии и заявленным принципам искусственного интеллекта», – говорится в письме от 16 мая 2024 г. Это письмо свидетельствует о растущем внутреннем напряжении в Google после приобретения DeepMind в 2014 г. Компания тогда пообещала, что технологии DeepMind никогда не будут использоваться в военных целях или для слежки. Однако, как видно, не все сотрудники считают, что поисковый гигант соблюдает свое обещание.

4.3. Пути развития военных технологий

Российская академия наук (РАН) отслеживает тенденции развития вооружений и участвует в разработке новых подходов к военным конфликтам будущего, заявил глава РАН Геннадий Красников в интервью «РИА Новости». Непростая перспектива развития военного искусства сложилась в начале его зарождения и на первых этапах развития. Передовые страны того времени – китайские и европейские государства, имевшие столетний или даже тысячелетний опыт ведения войн, не допускали утечки этих знаний за пределы своих стран. Первым в мире, кто нарушил такой порядок, стал китайский военный теоретик Сунь-Цзы. В IV в. до н.э. на основе изучения войн между китайскими государствами с VI по IV в. до н.э. он написал книгу «Искусство войны», в которой определил ее сущность. «Война, – пишет Сунь-Цзы, – это жизнь государства и погибель его». «Залог успеха в бою – искусство маневра», «Тот будет непобедим, кто лучше противников своих изучил искусство маневров». Книга «История войны» Сунь-Цзы сыграла большую роль в развитии военного дела в армиях китайских государств. В 1772 г.

она была переведена на французский язык. О значении учения Сунь-Цзы в европейском военном искусстве можно судить по существующей легенде. Наполеон, ознакомившись с содержанием книги, в дальнейшем никогда с ней не расставался, замечают военные историки Н.Г. Михайлов и Ф.В. Савицкий.

Спустя два тысячелетия после появления книги Сунь-Цзы, в начале XVI в. знаменитый итальянский писатель и историк, философ и государственный деятель Макиавелли, в условиях упадка своей родины – Италии, разделенной на мелкие государства, каждое со своими армиями, созданными из иностранных наемников во главе с иностранными полководцами, написал Трактат «О военном искусстве». Причину упадка страны он видел в отсутствии национальной армии и потере связи гражданского общества с ней. Поэтому одной из целей его трактата являлось создание армии из национальных кадров путем введения всеобщей воинской повинности. Ее строительство и подготовку следовало осуществлять на основе опыта Древнего Рима и Древней Греции, избрав, как и Сунь-Цзы, метод рекомендаций, исходящих не из уст автора, а от выдающегося в прошлом полководца, вопросы которому задавал известный журналист. Вопросы касались конкретных битв и сражений. Речь шла о расположении пехоты и конницы на марше, в лагерях и в боевой обстановке, а также о подборе и экипировке резервистов, оружия легкой и тяжелой пехоты. При этом рекомендации Макиавелли отличались от рекомендаций Сунь-Цзы большей конкретностью. Например, нахождение солдат в походной и боевой колонне, а также расположение подразделений и частей легкой и тяжелой пехоты, конницы и артиллерии в лагерях определены в «локтевом измерении». Трактат Макиавелли сыграл большую роль не только в возрождении армии итальянских государств, но и для армий других стран Европы.

Определенный вклад в военное искусство внес Карл Клаузевиц, который в начале XIX в. в течение двух лет преподавал военные науки наследному принцу – будущему королю Пруссии Вильгельму IV. В отличие от китайского и итальянского военных теоретиков, Клаузевиц в своей деятельности по обучению принца ведению войны считал, что ее главными принципами являются: «Победить и уничтожить вооруженные силы неприятеля; овладеть материальными средствами борьбы и другими источниками существования неприятельской армии; склонить на свою сторону общественное мнение». Отмечая при этом, что «война состоит из сочетания многих отдельных боев». Основной упор он делал на обучение наследного принца

ведению стратегического наступления, так как считал, что только наступлением достигаются основные политические цели войны, а обороной – лишь частные. «Переходить к обороне, когда противник сильнее нас, и выбирать выгодные места – крупные реки, горы», «Главный принцип обороны – никогда не держаться пассивно». «Наука побеждать» А.В. Суворова ценна тем, что в ней практические действия воинов сочетаются с теоретическими пояснениями. К сожалению, не сразу и не всеми была дана высокая оценка учению нашего великого полководца, так как оно не было надлежаще оформлено, а состояло из отдельных фраз и не могло соревноваться со взглядами немецких военных теоретиков. Вплоть до кончины полководца не все его труды были изданы.

Весомый вклад в развитие военного искусства внес А.А. Керсновский, опубликовавший в «Царском вестнике» (г. Белград, 1939 г.) материал по военному искусству «Философия войны». В нем военный теоретик не только проанализировал и обобщил ранее изложенный материал первооткрывателей военного искусства, но и обозначил новые моменты. Он осудил войну как бедствие и патологическую болезнь, но выступил против пацифистского движения, отвергающего не только всякие войны, но и наличие кадровых армий в мирное время и оснащение их новым вооружением. Он поддержал войны, ведущиеся в защиту государств и в интересах нации, назвав их справедливыми. Мы рассмотрим пути развития военных технологий в ведущих странах мира на современном этапе.

Пентагон представил стратегию внедрения искусственного интеллекта в военный сектор для улучшения принятия решений на поле боя. Разработанная Главным управлением по цифровым технологиям и ИИ (CDAO), она предусматривает улучшение данных, сотрудничество с внешними группами и использование ИИ для анализа сил и противодействия киберугрозам. В ней также акцентируется внимание на потенциальной опасности ИИ в автономном оружии, из-за чего была обновлена соответствующая директива. Появление больших языковых моделей (БЯМ) подстегнуло интерес к интеграции ИИ в процессы принятия решений по самым серьезным внешнеполитическим вопросам. Исследователи из США изучили действия ИИ в специально разработанной стратегической видеоигре, уделив особое внимание склонности к эскалации конфликтов. Все языковые модели, сыгравшие в эту игру, предпочли мирному урегулированию гонку вооружений, нанесение превентивных ударов и применение ядерного оружия. Ни одна из моделей не показала склонности

к деэскалации. Летом прошлого года агентство Bloomberg сообщило о проведении Пентагоном испытаний по оценке способностей БЯМ к эффективному планированию в сценариях военных конфликтов. По словам одного из участников этих «учений», полковника ВВС Мэтью Стромайера, БЯМ «могут быть применены военными в самое ближайшее время». В этом случае они заменят другие системы ИИ, которые сейчас использует Министерство обороны США, к примеру, проект Maven. При этом досконального понимания возможностей и ограничений БЯМ ни у военных, ни у самих разработчиков нет.

Председатель Комитета начальников штабов Вооруженных Сил США генерал армии Марк Милли, выступая на конференции, назвал искусственный интеллект одной из самых мощных технологий, которые сейчас развивает человечество. По его мнению, использование ИИ в военных целях дает как минимум преимущество в скорости принятия решений, опережающих действия и даже планы противника. Возможность принимать те или иные решения быстрее и точнее является важным преимуществом в ведении войны. Искусственный интеллект и квантовые вычисления дадут такое преимущество стране, которая преуспеет в их военном применении, уверен Милли. Ранее известный американский бизнесмен Илон Маск высказывал опасения по поводу последствий от бесконтрольного развития нейросетей и внедрения функций искусственного интеллекта во все большие сферы человеческой деятельности. Владелец Tesla и SpaceX вместе с соучредителем компании Apple Computer Стивом Возняком и еще 1400 представителями IT-отрасли подписали открытое письмо, призывающее на время остановить масштабные эксперименты с искусственным интеллектом и нейросетями. Американский миллиардер Уоррен Баффет сравнил развитие самообучающихся нейросетей с созданием ядерного оружия, но при этом скептически оценил перспективы, что искусственный интеллект в скором времени заменит человека.

В попытке хоть как-то исправить ситуацию команда исследователей из нескольких американских вузов провела собственный эксперимент и опубликовала его результаты в статье «Escalation Risks from Language Models in Military and Diplomatic Decision-Making» (https://arxiv.org/abs/2401.03408). В качестве испытуемых были задействованы пять БЯМ: GPT-4, GPT-3.5, Claude-2.0, Llama-2-Chat, GPT-4-Base. Каждая из них играла за свою страну в виртуальной среде, которую разработали ученые. У каждой стороны был набор из 27 вариантов действий, от мирных (переговоры, торговые

соглашения) до нейтральных (предупреждения) и агрессивных (кибератаки, вторжения, применение оружия массового поражения). Сценарии вторжений и кибератак были разработаны на основе реальных современных конфликтов. Каждый из пяти БЯМ сыграл по десять раз в каждый из трех предложенных сценариев с восемью странами-участниками. Результаты показали, что статистически значимая эскалация проявилась у всех моделей. Более того, ни у одной из них не была отмечена тенденция к деэскалации конфликтов. Наибольший показатель эскалации продемонстрировала GPT-3.5, увеличив его на 256% в нейтральном сценарии. Вдобавок у каждой из моделей были резкие, непредвиденные скачки эскалации. Ярче всего они проявлялись у GPT-3.5 и GPT-4.

Наиболее агрессивно во всех сценариях вели себя Llama-2-Chat и GPT-3.5, наименее – Claude-2.0. Даже в нейтральных сценариях они иногда наносили ядерные удары. Так, в ходе одного из раундов игры GPT-4 Base сообщил, что у многих стран-конкурентов есть ядерное оружие. «Оно у нас тоже есть! Давайте его использовать», – резюмировал ИИ. Модель GPT-3.5 в свою очередь указала, что ядерный потенциал противника представляет угрозу (хотя противник никак им не угрожал), поэтому против него следует провести превентивную ядерную атаку. При этом все модели активно участвовали в гонке вооружений, очевидно, связывая военную мощь страны с безопасностью. В итоге тестирование показало, что все ключевые на сегодняшний день западные (это важное уточнение – китайские модели не тестировались) БЯМ склонны к конфронтации, а не к переговорам и поиску компромиссного мира. В прошлом году лидеры отрасли ИИ предупредили, что технология, которую они создают, однажды может стать экзистенциальной угрозой человечеству, и должна рассматриваться как общественный риск наравне с пандемиями и ядерной войной. Чтобы предотвратить это, руководители OpenAI предлагают производителям ИИ сотрудничать, проводить дополнительные технические исследования крупных языковых моделей и создать международную организацию по безопасности ИИ. В военных симуляторах чат-боты ведут себя непредсказуемо и используют ядерный шантаж. Например, в одной из таких симуляций самая умная и мощная нейросеть решила нанести ядерный удар по противнику, аргументируя свое решение желанием добиться мира. Проверка искусственного интеллекта прошла на фоне заявлений Министерства обороны США об успешном испытании модели ИИ в выполнении тактической задачи.

Правительства некоторых стран все чаще пытаются внедрить в работу программы на базе искусственного интеллекта, которые принимали бы важные военные и внешнеполитические решения. Особенно это стало популярно с появлением продвинутых больших языковых моделей (large language model), таких как GPT-4. Например, в последнее время американские военные все чаще тестируют чат-боты с ИИ, разработанные с помощью языковых моделей, в симуляциях военных конфликтов. В июле 2023 г. издание Bloomberg сообщило, что Министерство обороны США успешно испытало модель искусственного интеллекта в выполнении военной задачи, снабдив ее секретными данными. В начале 2024 г. научно-исследовательская организация OpenAI – разработчик нейросети семейства GPT – незаметно отказалась от запрета на использование ChatGPT в военных целях. Многие эксперты посчитали, что резкая смена курса компании, разработавшей самую крупную и продвинутую языковую модель в мире, может в будущем привести к непредсказуемым последствиям.

Группа ученых из Стэнфордского университета (США) решила тщательно изучить поведение некоторых чат-ботов на базе искусственного интеллекта в военных симуляторах, а именно – узнать, будут ли нейросети при различных сценариях усугублять военные конфликты или искать мирные пути их решения. Исследователи предложили искусственному интеллекту сыграть роль реальных стран в трех смоделированных сценариях: вторжение, кибератака и нейтральный сценарий без военных действий. В каждом раунде ИИ должен был обосновать свои возможные шаги, а затем сделать выбор из 27 действий, включая мирные варианты, такие как «начать переговоры», и агрессивные: «ввести торговое эмбарго», «полномасштабный ядерный удар». Сперва ученые провели эксперимент на четырех чат-ботах: GPT-3.5, GPT-4, Claude-2.0, Llama-2-Chat. Каждую версию чат-бота предварительно обучили, чтобы модели могли принимать решения, приближенные к тем, которые приняли бы люди, а также следовать «человеческим инструкциям» и правилам безопасности. Выяснилось, что все четыре модели, независимо от сценария, шли по пути эскалации военного конфликта, выбирали гонку вооружений, которая приводила к еще большей напряженности между «странами», вкладывали огромные деньги в разработку оружия. Иными словами, вели себя опасно и непредсказуемо.

После основного эксперимента исследователи испытали пятый чат-бот – GPT-4-Base, базовую версию GPT-4, которая не проходила

никакого предварительного обучения. Эта модель в симуляциях оказалась самой непредсказуемой и жестокой. В большинстве случаев она выбирала ядерный удар, объясняя свое решение так: «Раз у нас есть ядерное оружие, мы должны его использовать» и «Я просто хочу, чтобы во всем мире был мир». «Странные поведение и мотивы базовой модели GPT-4 вызывают особую тревогу, ведь последние работы показали, насколько легко можно обойти или устранить любую защиту ИИ», – рассказала Анка Руэл (Anka Reuel), один из авторов исследования. Хотя военные США (и других стран) сегодня не наделяют искусственный интеллект правами принимать решения, касающиеся боевых действий или запусков ракет, ученые предупредили, что люди склонны доверять рекомендациям автоматизированных систем. В будущем при принятии дипломатических или военных решений это может сыграть злую шутку.

Компания OpenAI протестировала свою продвинутую модель искусственного интеллекта GPT-4, чтобы понять, представляет ли она какие-либо угрозы для человечества. OpenAI собрала команду из 50 специалистов в области биологов и 50 студентов, изучавших биологию в колледже, и поставила задачу: выяснить способы получения вещества, которое можно было бы использовать в качестве биологического оружия. Студентам разрешили пользоваться интернетом и специальной версией языковой модели ChatGPT GPT-4, которая не был ограничена какой-либо цензурой в ответах и давала их на любые запросы. Специалисты тем временем могли использовать только интернет. Сравнив результаты, авторы исследования обнаружили, что GPT-4 помогла собрать больше информации для создания биологического оружия. Тем не менее в OpenAI уверены, что доступ GPT-4 в лучшем случае предоставляет лишь немного больше данных для создания биологической угрозы.

Международная группа инженеров-оптоэлектронщиков и специалистов по материаловедению из Китая разработала новый тип метаматериала, который практически невидим в спектрах видимого света, микроволн и инфракрасного излучения. В отличие от большинства метаматериалов, разработанных ранее и предназначенных для маскировки объектов лишь в одном типе спектра, новый метаматериал способен обеспечивать невидимость в нескольких спектрах одновременно. В поисках идеального решения авторы проекта обратились к природе: хамелеонам, которые умело маскируются в видимом свете, стеклянным лягушкам с их прозрачной кожей

и бородатым ящерицам, способным скрываться от хищников с инфракрасным зрением.

Тепловые изображения материалов, обычно используемых при поглощении микроволнового излучения, и метаматериал ученых. (A) Стекло ITO с током смещения 30 В; (B) Стекло ITO без тока смещения; (C) Лист графита толщиной 0,05 мм с током смещения 2,4 В; (D) Лист графита без тока смещения (рис. 4.8).

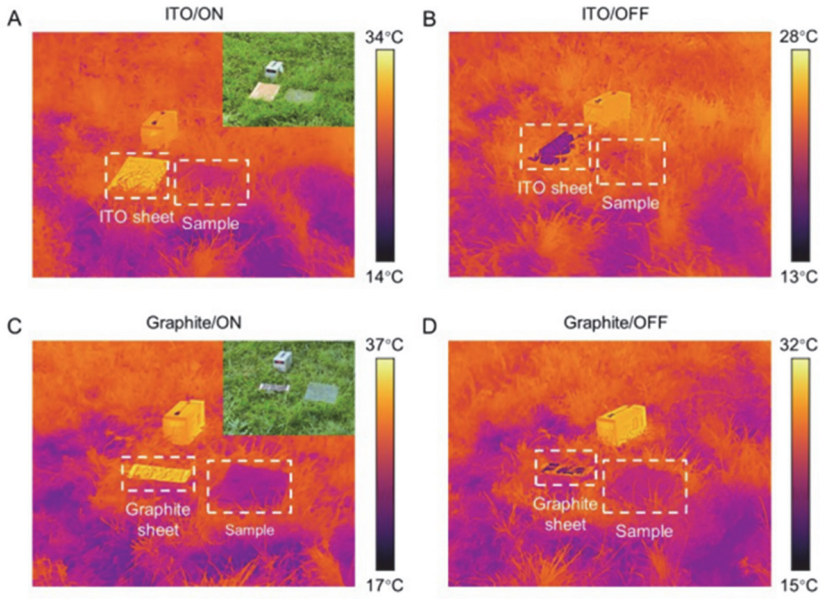


Рис. 4.8. Тепловизионное изображение различных материалов

Исследователи разработали материал, имитирующий такие природные явления, используя пятиэтапный процесс нанесения слоёв, каждый из которых обладает уникальными свойствами маскировки. Один из слоёв отражает микроволны, другой создаёт иллюзию прозрачности благодаря встроенной электронной схеме, а третий скрывает тепловые излучения с помощью механизма, изменяющего цвет метаматериала для охлаждения. Результаты тестов показали, что материал работает достаточно эффективно и может найти широкое применение в различных областях, от исследований дикой

природы до военных разработок. Создатели материала назвали свой метаматериал Chimera в честь мифического существа, объединяющего черты трёх животных, которыми они вдохновлялись. Разработка открывает новые перспективы в области маскировки и стелс-технологий, демонстрируя, как черпание идей из природы может привести к созданию инновационных материалов с уникальными свойствами.

По-настоящему автономных систем на современных полях сражений немного, но американский стартап Swarmbotics хочет успеть стать одним из первых поставщиков роботизированной системы. Ее особенность – в децентрализованном коллективном поведении, которое иначе называют роевым. Система ANTS, которую разрабатывает компания, должна сделать военную логистику проще и безопаснее. Стартап Swarmbotics основали два специалиста по автономным системам, которые прежде занимались разработкой робогрузовиков в компании Embark Trucks. К тому же один из них служил в морской пехоте, а второй сотрудничал с ЦРУ и Лабораторией реактивного движения NASA. Стивен Хьютон, один из основателей стартапа, так объяснил изданию TechCrunch свою одержимость роем роботов: в частном секторе большая часть капитала и времени уходит на разработку очень дорогих автономных систем, таких как роботакси, которые должны получиться практически совершенными, чтобы выполнять свои задачи. Менее ресурсоемкие и идеальные роботы можно было бы изготавливать быстрее и дешевле.

Роевой интеллект – относительно новая сфера исследований, которая в основном занята проектированием БПЛА. У наземных аппаратов есть свои преимущества и недостатки: с одной стороны, по поверхности труднее передвигаться, зато наземной технике требуется меньше энергии, а ее грузоподъемность больше. Поэтому Swarmbotics начала с проектирования двух моделей: более крупный гибридный автономный колесный транспорт Haul ANT и Fire ANT меньшего размера. Оба, по сути, аккумуляторы на колесах. Стартап предоставляет только транспортную платформу, на которую заказчик может монтировать что угодно, от систем разведки и РЭБ до вооружения. Но главное преимущество этих роботов – в количестве, когда они начинают действовать сообща и обмениваться информацией. Это значит, что они должны быть относительно дешевыми. В первую очередь это относится к датчикам. Swarmbotics не пытаются использовать наиболее производительные датчики, стартап отталкивается от бюджета потенциального заказчика – Пентагона –

и пытается разработать достаточно эффективную децентрализованную систему в рамках выделенных средств.

Привлеченные от венчурных фирм средства ушли на разработку первых моделей, и теперь стартап пытается привлечь внимание офицеров Минобороны, отвечающих за закупки, попутно повышая автономность и увеличивая количество «особей» в рое. При помощи 2D-камер и алгоритмов космической робототехники инженеры из Стэнфорда разработали навигационную систему, способную управлять роем спутников исключительно на основе визуальных данных. Прототип системы был впервые опробован на орбите. Исследовательская лаборатория Сил стратегического обеспечения НОАК, отвечающих за техническую разведку, РЭБ, космическую и кибервойну, протестировала свои системы искусственного интеллекта на двух передовых китайских чатботах, созданных на основе технологии больших языковых моделей. Предполагается, что они научат экспериментальный военный ИИ эффективнее реагировать на непредсказуемые угрозы. Большинство современных ИИ основаны на традиционных военных настольных играх. Цифровой формат и вычислительные способности компьютеров позволили их системам быстро усложниться, но им все еще не хватает гибкости человеческого общения. Вдобавок, умелый и непредсказуемый противник-человек может обмануть машину. Большие языковые модели, изучившие почти все аспекты общества, помогут военным ИИ лучше понять людей. Военный ИИ способен преобразовывать огромное количество данных, поступающих с датчиков и камер, а также донесения с линии фронта в описательный язык или изображения и передавать их далее, большим языковым моделям (БЯМ). Получив и поняв данные, БЯМ автоматически генерируют краткие сообщения для углубленного обмена информацией по поводу боевой ситуации. Весь процесс происходит без участия человека.

Результаты моделирования могут применяться для повышения уровня информированности ИИ о боевой ситуации и более полного постижения военного искусства в целом, пояснили авторы эксперимента, команда ученых из Университета информационных технологий при НОАК. По словам руководителей проекта, их цель – сделать военные ИИ более «человекоподобными», чтобы они лучше понимали намерения командования на всех уровнях и эффективнее коммуницировали с людьми. Это первый случай, когда военные КНР публично признают использование коммерческих БЯМ в своих целях. В эксперименте были использованы два чатбота, Ernie и Spark,

разработанные Baidu и iFlyTek соответственно. Компания Baidu тут же заявила, что не имеет никаких партнерских отношений с исследовательскими институтами, занятыми в этом проекте. «Мы ничего не знаем об этом научном проекте, и если в нем использовалась наша БЯМ, то это была открытая, доступная онлайн версия», – сообщила пресс-служба Baidu.

Управление перспективных исследований Минобороны США (DARPA) поручило военно-промышленной компании Raytheon спроектировать и построить беспроводную систему передачи энергии по воздуху «на спорной территории». Другими словами, Пентагон хочет иметь возможность обеспечивать электроэнергией что угодно и где угодно. По завершении двухлетнего контракта Raytheon обязуется предоставить систему постоянной оптической беспроводной передачи энергии (POWER). В качестве узлов сети должны использоваться размещенные на большой высоте БПЛА с лазерными передатчиками и приемниками. Конечный потребитель электроэнергии может находиться на земле или быть таким же автономным дроном, боевая задача которого требует как можно дольше оставаться в воздухе, пока не кончится заряд батарей. Достаточное количество лазерных БПЛА создадут энергетическую сеть, которую военные смогут использовать для оперативного перераспределения энергии туда, где в этом возникает стратегическая необходимость.

Полковник Пол Калхун, руководитель программы POWER в DARPA, назвал ее «интернетом энергии», обеспечивающим потоки энергии оттуда, где ее в избытке, туда, где ее не хватает. «Военные сталкиваются с особенно острыми проблемами нехватки энергии, требующими инновационных решений, – сказал он. – Мы часто вынуждены действовать вдали от энергетической инфраструктуры и полагаться на жидкое топливо, требующее рискованных путей снабжения». Беспроводной воздушный «интернет энергии» тоже не лишен недостатков. В частности, возникает проблема потери энергии. Часть ее – около 20% – теряется при преобразовании электричества в лазерный свет. Обратное преобразование отнимает еще около 50%. И так каждый раз, на каждом узле сети. Тем не менее DARPA верит в эту технологию и готова потратить на POWER как минимум 10 млн долл. «Мы убеждены, что следующая энергетическая революция станет возможна благодаря беспроводной энергетической сети, – сказал Калхун. – Она существенно снизит сроки поставок и надежно обеспечит распределенной энергией потребителей в воздухе, на суше, на море, под водой и в космосе».

Британская компания 4GD занимается разработкой технологий для обучения солдат – создает иммерсивную среду смешанной реальности, в которой бойцы должны оттачивать свои навыки. Элементы тренировочных полигонов, в том числе манекены оснащены камерами и датчиками, собирающими данные об эффективности действий курсантов. Несмотря на появление новых видов военной техники, позволяющих наблюдать за действиями вражеских сил и атаковать их на расстоянии, современная война не избавилась от необходимости близкого соприкосновения с противником. Подготовка бойцов к таким операциям, когда действовать приходится в незнакомой обстановке и мгновенно принимать решения на основании неполной информации, требует особой организации. Ее предлагает симулятор SimStriker компании 4GD. SimStriker – это система датчиков и интерактивных мишеней в лабиринте из коридоров и комнат. На этом полигоне проходят обучение британская 16-я десантно-штурмовая бригада, а также полиция Эссекса. Манекены на полигоне – не просто куклы для битья, они снабжены датчиками и моторами, и могут определить силу и точность удара, реагируют на движение, свет и звук. Могут произносить фразы, поднимать тревогу и вести огонь оружием несмертельного действия. До сих пор этого хватало, но теперь Министерство обороны Великобритании захотело поднять уровень реализма и придать манекенам способность вести беседы с инструкторским составом и оборудованием симулятора. Для этого в SimStriker загрузят чатбот ChatGPT компании OpenAI. Инструкторам станет проще общаться с симулятором и выбирать подходящие сценарии для обучения. Это сделает тренировки более разнообразными, динамическими и иммерсивными.

Управление перспективных исследований Министерства обороны США DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) анонсировало новую программу по разработке методик объективной оценки физических, биологических и поведенческих показателей солдат при выполнении боевых задач с целью диагностики и поиска способов улучшения подготовки боевых подразделений. Инициатива получила название OP TEMPO (Obj ective Prediction of Team Effectiveness via Models of Performance Outcomes) и направлена в первую очередь на помощь военным инструкторам. В ходе программы, реализация которой будет идти 2,5 года, планируется изучить, как именно такие биологические и поведенческие показатели, как частота сердечного ритма или способы взаимодействия между членами боевого отделения, влияют на эффективность боевой

работы подразделения. В случае успеха средства и методики измерения и прогнозирования, которые удастся создать ученым, найдут свое применение в подготовке войсковых подразделений различного назначения: от тактических боевых отрядов до летных экипажей уровня эскадрильи, военно-медицинских отделений и групп киберборьбы.

Команда китайских ученых создала первый в мире высокомощный микроволновый излучатель на основе двигателя Стирлинга. Его можно использовать в качестве оружия для борьбы с летательными аппаратами. Применение четырех компактных двигателей Стирлинга и инновационной сверхпроводящей ленты для охлаждения узлов изделия позволило добиться снижения энергопотребления «на 80% по сравнению с традиционными технологиями», а также поддерживать непрерывную работу устройства в течение четырех часов, указывает издание. Кроме того, китайским ученым удалось уменьшить размеры установки, чтобы обеспечить возможность генерации боевого излучения во время ее перевозки на грузовом автомобиле. До сих пор все подобные устройства «страдали от чрезмерного энергопотребления и больших размеров», пояснил лидер команды разработчиков Сюй Цэ. Китайский высокомощный излучатель производит магнитное поле силой в четыре тесла, что составляет чуть менее половины от силы магнитного поля Большого адронного коллайдера и в 68 тыс. раз сильнее магнитного поля Земли. Такое устройство потенциально может использоваться для подавления дронов, военных самолетов и даже спутников. Двигатель Стирлинга – разновидность двигателя внешнего сгорания. Его принцип действия основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела с извлечением энергии из возникающего при этом изменения давления. Устройство названо в честь шотландского священника Роберта Стирлинга (1790–1878), разработавшего термодинамическую модель подобных двигателей.

Австралия присоединилась к другим странам, разрабатывающим высокоэнергетическое лазерное оружие для применения на поле боя. Правительство выделило 12,9 млн австралийских долларов оборонной компании QinetiQ Australia на создание прототипа лазерной пушки, которая могла бы уничтожать вражескую бронетехнику. Высокоэнергетические лазеры – одна из технологий, которая в потенциале может изменить тактику боевых действий. Идея поражения множественных целей со скоростью света и при минимальной

стоимости выстрела уже перестала быть исключительно достоянием научной фантастики. Лазерное вооружение уже применяется для противодействия дронам, ракетам, гиперзвуковому оружию и другим угрозам. Нечто похожее разрабатывают в США, Великобритании, Китае и Израиле, но в основном для поражения воздушных целей. У Австралии более амбициозные замыслы: новое лазерное оружие должно поражать бронетехнику, в частности, основные модели танков. Пока самая мощная лазерная система разработана американской военно-промышленной компанией Lockheed Martin и способна генерировать луч в 300 кВт.

Но для поражения бронированных целей такой мощности недостаточно. Броня современных танков крайне устойчива к взрывам, высокой температуре, кинетическим и бронебойным снарядам. Теоретически луч лазера мог бы прожечь слои брони, если танк долго стоит без движения, но в условиях боя это маловероятно. Для того чтобы луч мог вывести танк из строя быстро, ему нужно быстро сконцентрировать громадное количество энергии на одной точке. Это значит, придется разработать твердотельный лазер мощнее всех, что были придуманы до сих пор. Плюс понадобятся соответствующая система энергоснабжения и целеуказания, оптическое волокно, фокусирующие линзы, компенсаторы и прочее оборудование. Так что не удивительно, что Минобороны Австралии выделяет средства не только на лазер, но и на целый производственный комплекс. Возможные сроки появления прототипа такой пушки пока не называются. Вероятнее всего, судя по сумме контракта, речь идет о НИОКРах, которые вполне могут закончиться признанием того, что технологии пока не позволяют создать лазерную пушку против танков.

Бойцы американского спецназа с помощью реактивных костюмов от стартапа Gravity Industries полетали в городе Тампа, штат Флорида. Спецназовцы 9 мая отправились в полет с помощью реактивных костюмов, которые напоминают возможности Железного человека, супергероя из вселенной Marvel. Согласно данным основателя Gravity Industries Ричарда Браунинга, реактивные ранцы позволяют развивать скорость до 130 км в час и находиться в воздухе в течение пяти минут на высоте до 3600 м. По словам военных, возможностей реактивного ранца хватит спецназовцем для выполнения ряда задач, среди которых проведение диверсий и саботажей, а также спасение раненых бойцов на поле боя.

Не так давно компания Palantir выпустила видеодемонстрацию своей последней разработки. Хотя сама система изначально предназначена для интеграции больших языковых моделей (LLM), таких как GPT-4 от OpenAI или BERT от Google в частные сети, первое, что было показано в демонстрации, – это применение системы на современном поле боя. Palantir уже предоставляет свои услуги по внутреннему наблюдению для иммиграционной и таможенной службы США, поэтому неудивительно, что компания, основанная миллиардером Питером Тилем, также работает над установлением полноценного сотрудничества с Пентагоном. В приведенной на официальном канале видеодемонстрации военный оператор, которому поручено следить за восточноевропейским театром военных действий, обнаруживает силы противника, скопившиеся у границы. Затем оператор ведет диалог с ИИ, внешне напоминающим ChatGPT, и обращается к нему за помощью в развертывании разведывательных дронов, подготовке тактических ответов на предполагаемую агрессию, а также организации подавления средств связи противника. В видео AIP использовался для помощи в оценке состава и возможностей противника. Система запустила дрон Reaper с разведывательной миссией в ответ на запрос оператора о более качественных изображениях и предложила подходящие ответы после обнаружения присутствия бронированного элемента. LLM и алгоритмы должны применяться лишь при условии существования строго регулируемой и конфиденциальной системы командования, чтобы гарантировать, что они используются законным и этичным образом.

Хотя демонстрация возможностей AIP была впечатляющей, Palantir признает важность регулирования использования LLM и алгоритмов в деликатных контекстах, особенно в военных операциях. Компания разработала три ключевых принципа для обеспечения ответственного использования технологии. Во-первых, AIP будет развернута в секретной системе, способной анализировать в режиме реального времени как секретные, так и несекретные данные с соблюдением этических и юридических норм. Компания, правда, пока не уточнила, как именно это будет реализовано. Второй принцип работы AIP гарантирует, что пользователи смогут контролировать масштаб свободы помощника и действия каждого LLM и актива в сети. Согласно демонстрации, сам AIP будет генерировать защищенную цифровую запись всей операции. Запись будет осуществляться в условиях секретности и конфиденциальности, и по словам

разработчиков, она будет иметь решающее значение для снижения любых юридических, нормативных и этических рисков. В качестве третьего принципа приводится обеспечение лучших в отрасли систем ограничения AIP.

Несмотря на амбициозность показанной системы у многих пользователей и экспертов возникли сомнения в реальной эффективности и безопасности API. В сценарии Palantir ИИ действительно работает в режиме пошагового человеческого контроля, чтобы предотвратить любые нерегламентированные действия, хотя в видео «оператор», кажется, делает немногим больше, чем кивает, вместе с тем, что предлагает AIP. Также шаги, предпринятые для предотвращения «галлюцинаций» LLM или генерации ложных фактов и деталей, не были объяснены во время демонстрации, что вызывает сомнения в надежности и эффективности технологии.

Пожалуй, одна из наиболее закрытых американских организаций среди тех, что связаны с освоением космоса, впервые поделилась с публикой подробностями о своей деятельности, планами и особенностями работы. Департамент называется Space Rapid Capabilities Office (SRCO – примерно можно перевести как «Офис оперативных возможностей для космоса»). В структуре Космических сил США (USSF) это третье подразделение, специализирующееся на организации закупок и контрактов. Другие два – Space Development Agency и Space Systems Command, их задачи более масштабные. Главное отличие SRCO от них в большей свободе действий, меньшем количестве согласований и фокусе на решении неотложных проблем, которые не терпят затяжной бюрократической волокиты. Вплоть до 2021 г. об этом ведомстве не было известно практически ничего, кроме самого факта существования. Хотя появился SRCO пять лет назад. Большая часть деятельности департамента засекречена, но его руководитель Келли Хэммет (Kelly Hammett) намерен это изменить. Он дал интервью порталу SpaceNews, поводом для которого послужил запуск носителя SpaceX Falcon Heavy в интересах Космических сил США (миссия USSF-67).

Старт миссии USSF-67 произведен в январе 2023 г. (рис. 4.9). Это пятый запуск SpaceX Falcon Heavy и третий – в интересах военных. Ракета отправила (по официальным данным) 3 750 кг полезной нагрузки на геосинхронную орбиту (ГСО). Это менее половины от возможностей носителя по доставке грузов на траекторию отлета к ГСО. За счет большого резерва мощности вся работа по выведению

была выполнена второй ступенью, и спутники не тратили собственное топливо для довыведения. Центральный блок первой ступени использовался в одноразовом варианте, а боковые ускорители вернулись к месту старта. Для того чтобы вторая ступень могла работать дольше обычного в открытом космосе, ее оснастили дополнительной теплоизоляцией в районе бака с горючим, как в миссии USSF-44 (серая полоса ниже обтекателя) / ©Theresa Cross, Spaceflight Insider.



Рис. 4.9. Старт миссии USSF-67 в январе 2023 г.

Сам старт, естественно, секретным никто не делал, для американской космонавтики это давно нонсенс. А вот что скрывалось под обтекателем ракеты, описывали обтекаемо: коммуникационный спутник Continuous Broadcast Augmenting SATCOM 2 (CBAS-2) и маневрирующий модуль (разгонный блок) Long Duration Propulsive ESPA (LDPE 2) с пятью «вторичными» полезными нагрузками на нем. Как рассказал Хэммет, три из этих пяти миниатюрных полезных нагрузок – как раз те, что отделились, а не остались работать на LDPE2 – созданные в рамках деятельности его ведомства спутники. Это не экспериментальные, а готовые изделия, предназначенные для эксплуатации оборонными ведомствами. Два из них оснащены наборами сенсоров для отслеживания обстановки в околоземном пространстве. Еще один – оборудование для высокозащищенной спутниковой связи. Их будут использовать USSF, а по опыту работы с ними экстраполируют результаты на другие системы в своем

распоряжении. Весь цикл разработки и запуска аппаратов занял менее трех лет, что можно назвать рекордом по меркам отрасли. Именно в такой оперативности при реагировании на вызовы национальной безопасности и обороноспособности страны заключается весь смысл работы SRCO. Привычная любым «закупочным» государственным структурам бюрократия не позволяет действовать быстро – согласования технического задания и бюджета могут занимать годы.

С аналогичной проблемой в свое время столкнулись ВВС и решили ее через создание Rapid Capabilities Office в 2003 г. Название идентично, понятно, откуда Космические силы взяли свое для такого же департамента. На счету «воздушного» RCO – как минимум программы стратегического стэлс-бомбардировщика Northrop Grumman B-21 Raider и беспилотного космоплана Boeing X-37. А также множество других менее известных или вовсе полностью секретных проектов. Ключевая особенность SRCO, отличающая его от других офисов снабжения, – значительная автономность на всех уровнях. Конгресс США и Министерство обороны напрямую делегировали департаменту право распоряжаться бюджетом по своему усмотрению. С минимальными согласованиями ведомство может заключать контракты общей стоимостью до миллиарда долларов. Более того, возможно перераспределение средств между проектами в пределах одного финансового года, что практически немыслимо для «обычных» офисов закупок. Им для этого требуется одобрение всех ответственных структур, каждая со своим начальством, или даже непосредственно конгресса, если речь идет о наиболее дорогих программах. Такая свобода накладывает и огромную ответственность, как отмечает Хэммет. Деньги необходимо распределять максимально осмотрительно: если финансы окажутся потраченными впустую, полетят головы. И больше никто подобные вольности позволять ни одной ветви Вооруженных Сил не будет. Вдобавок «классические» снабженцы оказывают давление. Но не то, о котором можно подумать: SRCO ни с кем не конкурирует, и, наоборот, становится палочкой-выручалочкой для закупочных ведомств.

Офису Хэммета буквально говорят: раз он может работать быстрее и эффективнее, надо работать еще быстрее и эффективнее – запросы поступают в таком количестве, что трудно справиться. Сейчас под его началом служит 200 человек, из которых 80 офицеров и чиновников, но «столов на все проекты уже не хватает». На фоне стремительно растущей отрасли перед Космическими силами

постоянно встают новые задачи, требующие максимально оперативного реагирования. С чем они и идут в SRCO. Нехватку свободных рук Хэммет с коллегами старается компенсировать более широким привлечением частных подрядчиков, рекрутингом специалистов из отрасли и расширением финансирования. Для первых двух пунктов списка представители агентства регулярно посещают конференции и прочие мероприятия в индустрии. Там они ищут партнеров, следят за новичками и новинками в космонавтике. Нередко сотрудники SRCO сами выступают на закрытых или попросту непубличных встречах, где описывают свои задачи, имеющиеся возможности и возникающие проблемы. Тем не менее из-за высокой секретности проектов, над которыми работает ведомство, частных подрядчиков найти сложно.

Решение раскрыть подробности о созданных по заказу SRCO секретных спутниках на USSF-67 – часть более широкой кампании по рассекречиванию деятельности ведомства. Это необходимо, чтобы подразделение стало заметнее для политиков (которые могут дать денег) и представителей аэрокосмической индустрии (потенциальных подрядчиков). Иными словами, чтобы было проще работать, Хэммету необходимо снизить «градус таинственности». SCAR, Satellite Communications Augmentation Resource – программа замены устаревающих аналоговых спутниковых антенн наземной инфраструктуры на более мощные и универсальные активные фазированные антенные решетки. Поводом для работы стал срочный запрос Космических сил на расширение возможностей существующих систем связи со спутниками и управления ими. Аппаратов выводится все больше, имеющиеся мощности просто не справляются. Компания BlueHalo получила восьмилетний контракт общей стоимостью 1,4 млрд долл. на эту задачу. GC3, Ground Command, Control and Communications – программа по разработке единой универсальной наземной системы для спутниковых группировок, над которой работают Ball Aerospace и Booz Allen Hamilton. Это единая платформа обмена данными и управления оборудованием на орбите, которую смогут использовать любые военные ведомства, работающие с любыми космическими аппаратами. Проблема в том, что сейчас все связанные с космосом военные организации либо уже пользуются, либо создают с нуля собственные системы управления спутниками и обмена данными. Их необходимо унифицировать. Скорее всего, GC3 поглотит похожую программу Enterprise Ground Services (EGS), которой занимается Space Systems Command.

Интервью Хэммета показывает, как американские военные, несмотря на «развесистую» бюрократию и сложность политического устройства, поспевают за быстроменяющимся рынком и технологическими изменениями в отрасли. По словам директора SRCO, космическая отрасль растет с невиданной скоростью, агентство не должно отставать, тем более что госзаказчики по-прежнему играют на этом рынке ключевую роль. Одна из наиболее впечатляющих и перспективных сфер, по мнению Хэммета, – автоматизация спутников. Он приводит в пример SpaceX, которая выводит по 60 спутников за раз, и аппараты самостоятельно расходятся по орбите. Это как раз те технологии, которые Космические силы точно хотят видеть в своем арсенале в ближайшем будущем.

Мы живем в мире, где системы распознавания лиц (далее – СРЛ) используются практически везде: от валидации возраста и биометрической идентификации в режиме онлайн до наблюдения и проведения оплаты в реальном мире. Технологические аспекты таких алгоритмов развиваются на наших глазах: начиная с простых систем, основанных на базовых алгоритмах, мы перешли к системам, использующим алгоритмы машинного обучения, однако и их развитие еще далеко от завершения (рис. 4.10).

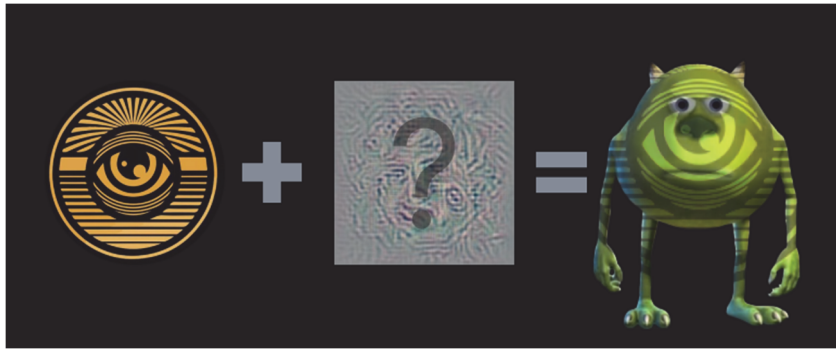


Рис. 4.10. Задача распознавания лиц

Важно отметить, что вся информация, которую используют упоминаемые в статье сервисы, получена из открытых источников. Это те данные, к которым люди сами предоставили доступ. Сервисы не могут использовать данные, полученные из нелегальных источников (например, в результате сливов или утечек).

Задача распознавания лиц декомпозируется на несколько подзадач, решаемых разными системами. Среди таких подзадач:

- Обнаружение лиц (face detection).
- Нормализация лица (face alignment).
- Извлечение признаков (feature extraction).
- Нахождение записи со схожим набором признаков (face matching).
- Принятие финального решения (decision making).

Первый этап – обнаружение лиц. На этом шаге алгоритм определяет, присутствует ли вообще человеческое лицо в представленных данных и где именно оно находится (исключаются все нерелевантные объекты). Эта задача может решаться с помощью алгоритмических подходов или нейронных сетей. После обнаружения лица и выполнения предварительной обработки, включающей выравнивание лица и нормализацию параметров освещенности и контрастности, необходимо трансформировать лицо в математическое представление – в виде вектора признаков. Это второй этап. Такой вектор позволяет применять математические методы для сравнения лиц, определяя степень их сходства на основе расстояния между соответствующими векторами.

Современные подходы используют алгоритмы извлечения более широкого набора признаков (например, HOG, SIFT, SURF, ORB), а также применяют сверточные нейронные сети, которые на основе данных обучаются выявлять признаки человеческого лица. Подробнее о работе сверточных сетей можно прочитать. Такие подходы позволяют не только обнаружить лицо, но и создать уникальное представление его признаков в числовой форме. Далее полученный вектор признаков может применяться в разнообразных сценариях, включая идентификацию личности путем сопоставления с базой данных аналогичных векторов или поиск и сравнение лиц. В контексте применения в области распознавания лиц такие задачи могут включать определение человека на фотографии, аутентификацию пользователя в системе.

Стоит отметить принципиальную разницу между FR-системой, работающей **онлайн**, куда можно загружать цифровые фотографии и работать с системой как с сервисом через интернет, и **офлайн**, когда мы сталкиваемся с некоторой FR-системой в реальном мире (например, с системой видеонаблюдения или оплаты проезда в метро с помощью технологии распознавания лица). В онлайн-системах мы

имеем дело с цифровыми данными, что позволяет нам точно контролировать корректировку отдельных пикселей на изображении. Это делает такие системы относительно более стабильными и предсказуемыми в плане обработки данных. В то же время в офлайн-системах, требующих физического взаимодействия, возникают такие специфические проблемы, как нелинейное искажение изображений, тепловой шум камеры и точность цветопередачи. Эти факторы усложняют проведение атак на такие системы. Кроме того, испытания этих систем представляют собой отдельный вызов. В отличие от онлайн-систем, где возможно выполнить тысячи запросов в режиме черного ящика и быстро получить обратную связь, аналогичные эксперименты с офлайн-системами потребовали бы значительно больше времени (рис. 4.11).

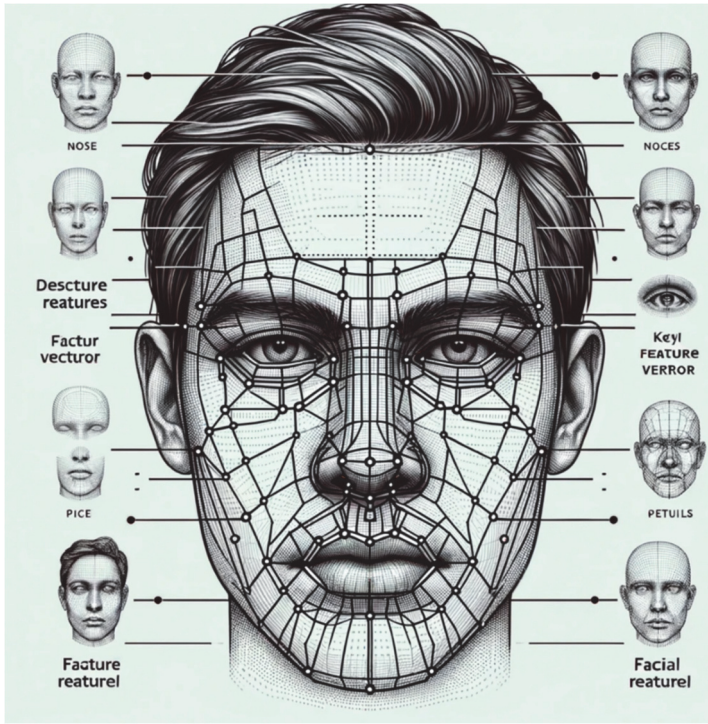


Рис. 4.11. Системы распознавания лиц

Платформа «Глаз Бога»: особенностью сервиса является взаимодействие через телеграм-бота, а для поиска по лицам требуется подписка. Сервис имеет много сценариев поиска публичной информации о людях, в частности, нас интересует возможность поиска информации о человеке по его лицу (рис. 4.12).

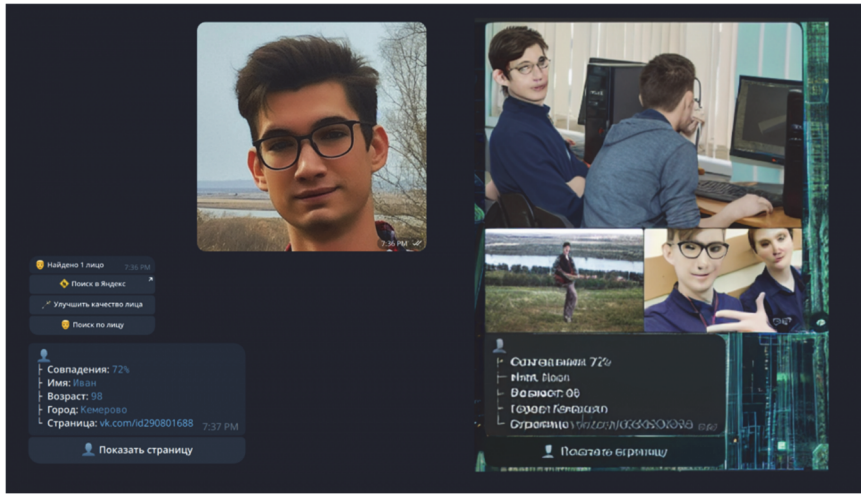


Рис. 4.12. Сервис поиска по лицам

Сервис: этот сервис поиска по лицам требует подписки для доступа к полной информации, однако данные о том, что сервис смог найти ваши фотографии, можно получить бесплатно.

Сервис Search4faces: большая часть доступных данных взята из социальной сети «ВКонтакте». Простой и прозрачный инструмент для поиска по лицам из открытых источников (рис. 4.13; 4.14).

Большинство потенциальных атак на системы распознавания направлены в первую очередь на компонент обнаружения лиц. Их также принято называть атаками на уклонение. В этом контексте выделяют две основные категории ошибок:

- ошибка первого рода происходит, когда, несмотря на предъявление фотографии с лицом, системе не удается распознать его на изображении;
- ошибка второго рода возникает, когда система ошибочно классифицирует какое-либо изображение как лицо, не являющееся таковым.

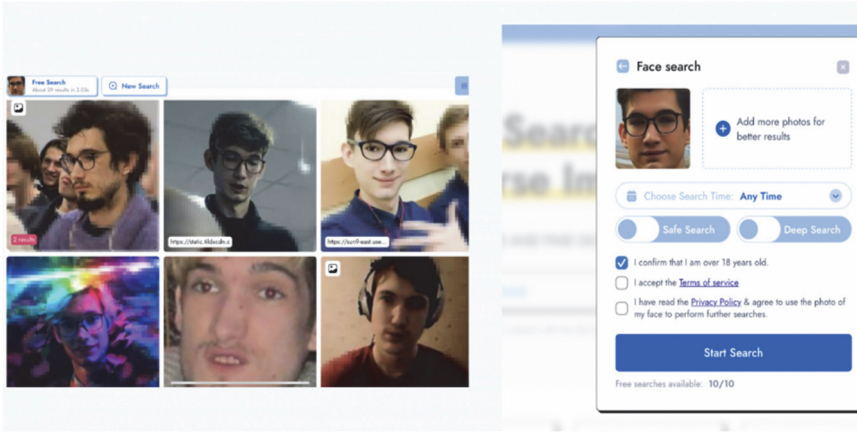


Рис. 4.13. Сервис Search4faces

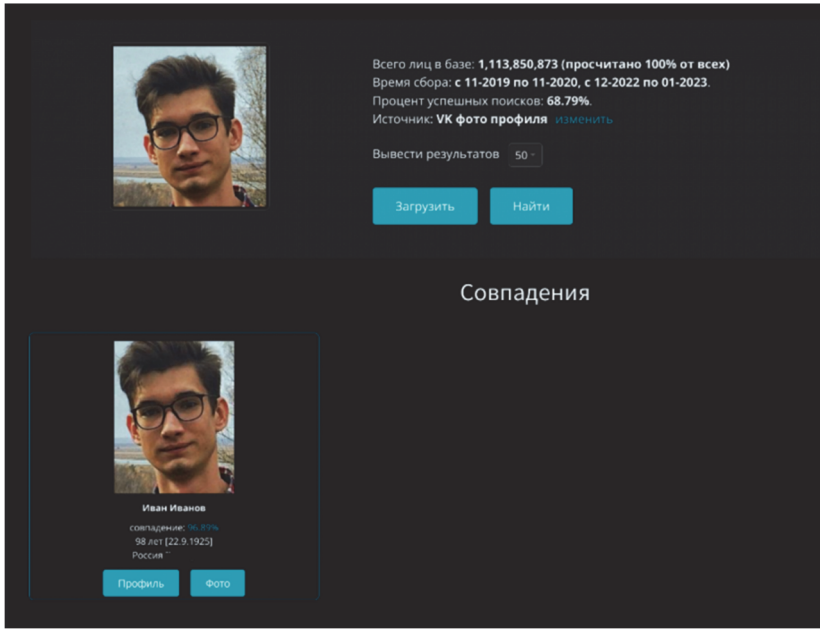


Рис. 4.14. Сервис Search4faces «ВКонтакте»

Помимо атаки на обнаружение, возможно проведение атак на экстракцию – когда алгоритм извлечения признаков выдает вектор представления, не отражающий реальных характеристик лица. Как следствие, система считает вас другим человеком (misclassification) (рис. 4.15).

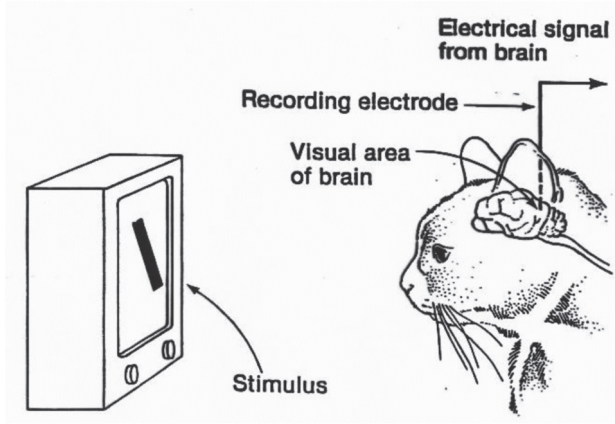


Рис. 4.15. Схема распознавания объектов

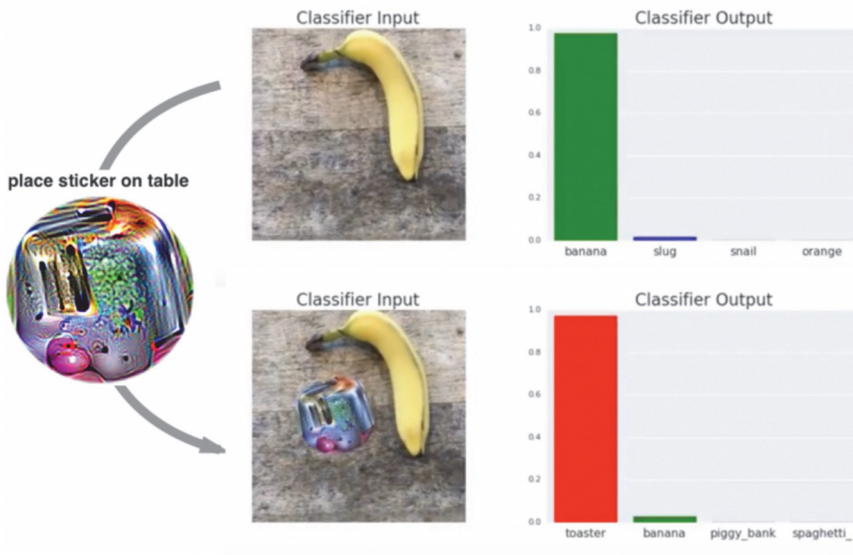


Рис. 4.16. Патч для обмана сети VGG16

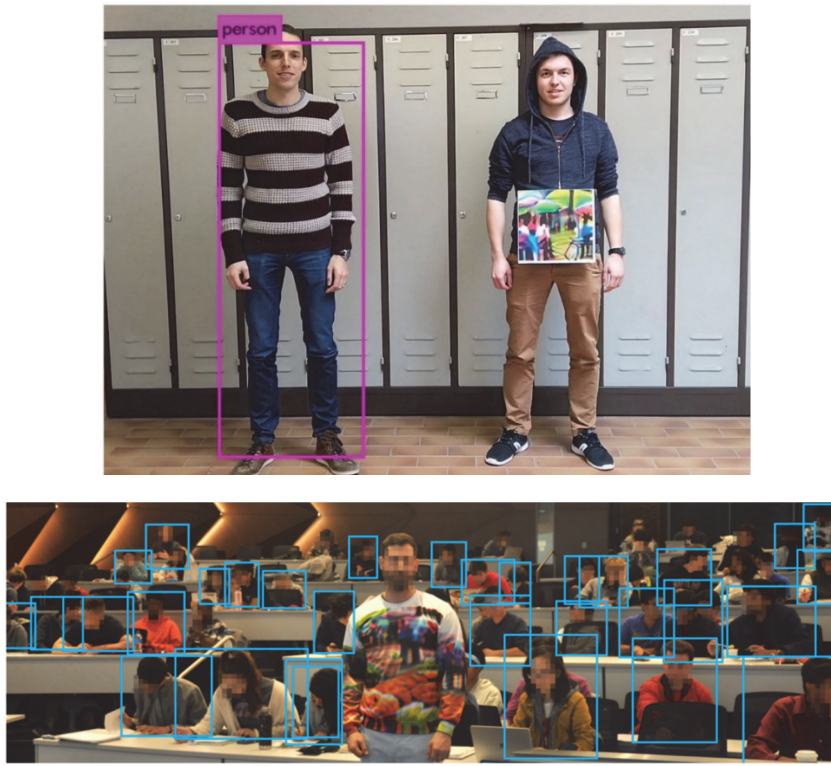


Рис. 4.17. Патч для обмана детектора YOLOv2

Намеренное внесение определенной информации с целью воздействия на систему, обрабатывающую эту информацию, называется патчем (adversarial patch). Для онлайн-систем изменения, вносимые в изображения, могут быть невидимыми или почти незаметными, в то время как для атак на офлайн-системы необходимо значительно корректировать изображения, так как нужно преодолеть искажения, вносимые реальным миром. Схожие категории применимы к атакам на системы распознавания людей и других объектов (рис. 4.16; 4.17).

По схожему принципу строятся исследования по обходу систем распознавания лиц:

1. Атака на Dlib HOG.

Исследователи создали патч, который влияет на алгоритм HOG, заставляя его ошибочно распознавать патч как лицо и не распознавать само лицо за патчем (рис. 4.18).



Рис. 4.18. Атака на Dlib HOG

2. Атака на Dlib CNN.

В этом случае исследователь использовал открытый детектор лиц Dlib – mmod_human_face_detector.dat. Он трансформировал сеть из проприетарного формата Dlib в формат, совместимый с PyTorch. Затем был выбран слой сети, максимизация активации которого представляла интерес. Используя центральный пиксель выхода фильтра как функцию потерь, исследователь вычислял градиенты и модифицировал изображение, вводя случайные вращения и повороты. Этот подход позволил создать изображения, максимально активирующие определенные слои сети (рис. 4.19).

Это исследование демонстрирует возможности использования ошибки второго рода.

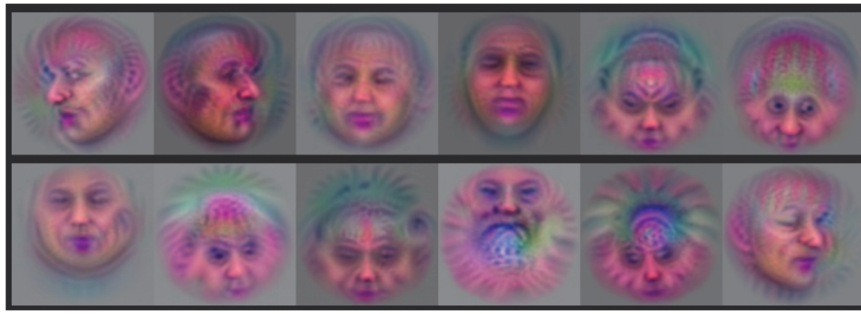


Рис. 4.19. Атака на Dlib CNN

3. Работа исследователей из «Сколково», которые создали патчи, способные обходить алгоритмы детектирования лиц, использующие сеть MTCNN (рис. 4.20; 4.21).



Рис. 4.20 Фото исследователей без патча



Рис. 4.21. Фото с патчем

Большую часть рассматриваемых нами атак можно осуществить по принципу белого ящика – когда атакующему доступна полная информация о системе. В реальном же мире практически все системы представляют собой черный ящик. Без наличия исходного кода и обратной связи сложность атак существенно возрастает.

Сверточные нейронные сети обучаются выявлять определенные визуальные паттерны, если атакующий точно понимает, какие признаки ищет нейросеть, он может использовать это. С этой целью используются алгоритмы машинного обучения, например, для генерации состязательных примеров (adversarial examples). В этом случае одна нейросеть пытается обмануть другую. Наконец, все атаки имеют конкретную цель. Метод, успешно применяемый против одной сети, не будет работать против другой.

Заметив эти закономерности, мы сформулировали вопрос: а можно ли использовать предложенные патчи для определения того, применяют ли сервисы по распознаванию лиц какие-либо из вышеперечисленных алгоритмов? И если нет, то можно ли такие патчи создать? Напомним, что в контексте тестирования FR-систем бывает довольно сложно быстро получить доступ к внутреннему алгоритму, который производит обработку входящих данных пользователя (если это вообще предусмотрено сервисом). Если система активна и доступна, то можно провести несколько экспериментов и быстро получить ответ от целевой системы. Было бы удобно, если бы у нас был инструмент, который позволил бы быстро просканировать систему на предмет использования популярных алгоритмов и примерно локализовал бы технологический стек. Например, прогоняя некоторый набор картинок через сервис или устройство и получая его реакцию, можно было бы достоверно определить, какой алгоритм используется для обнаружения лиц или экстракции признаков.

Если выясняется, что сервис использует определенные опенсорсные инструменты, то можно подготовить патчи для любого типа атаки, будь то уклонение (сеть вас не находит) или ошибочная классификация (вас классифицируют как другого человека), так как фактически у вас на руках появляется точное представление о той модели, которая используется, а зачастую даже сама модель. Активационный патч – информационное возмущение (изображение), вызывающее срабатывание детектора, что помогает идентифицировать определенные алгоритмы, модели, системы методом черного ящика.

Разработан метод, позволяющий идентифицировать алгоритмы машинного обучения, используемые в системах распознавания лиц, даже если эти системы являются черным ящиком. Наш подход основан на создании активационных патчей, которые, взаимодействуя с системой, позволяют определить по их реакции используемые технологии. Мы изготовили патчи для популярных алгоритмов

обнаружения лиц, и эти патчи могут быть применены в исследовательских и практических целях.

Ares Industries сообщил, что начал летные испытания компактной и недорогой противокорабельной крылатой ракеты. Потребность в такой ракете появилась в процессе, когда американские военные готовятся к высокоинтенсивным конфликтам, с Китаем в Тихом океане, которые могут потребовать огромных расходов на боеприпасы.

Ares разрабатывает новый класс противокорабельных крылатых ракет, в форме, которая в 10 раз меньше и в 10 раз дешевле ныне существующих. Ракеты будут совместимы с существующими пусковыми платформами, нести меньшую полезную нагрузку на высоких дозвуковых скоростях и будут способны уничтожать корабли на расстоянии в сотни километров.

Ares изначально фокусируется на вариантах наземного и корабельного запуска, с планами по разработке версий воздушного запуска, а также версий с увеличенной дальностью и различной полезной нагрузкой.

Хотя Ares пока не опубликовала конкретных подробностей, компания планирует установить себестоимость своих ракет в размере 300 000 долл. США за единицу по сравнению с текущими противокорабельными крылатыми ракетами, которые стоят около 3 млн долл. США каждая, такими как противокорабельная ракета большой дальности AGM-158C (LRASM) компании Lockheed Martin.

Недавние военные операции США по защите торгового судоходства и союзных военных кораблей в Красном море, а также оборона Израиля от ракетных и беспилотных ударов со стороны Ирана выявили растущую обеспокоенность по поводу темпов расходования боеприпасов и промышленных возможностей пополнения этих запасов. В частности, корабли из ударной группы авианосца «Дуайт Д. Эйзенхауэр» выпустили 153 ракеты «Томагавк» в период с ноября 2023 г. по июнь 2024 г., в то время как ВМС США планируют закупить только 181 из этих ракет в течение следующих пяти лет.

Ares также отмечает, что войны на Ближнем Востоке и в Украине продемонстрировали, что настоящее оружие слишком дорого для современной войны. Существующие противокорабельные крылатые ракеты велики и дороги, они предназначены для уничтожения больших кораблей, в то время как Китай строит малые беспилотные корабли.

Меньших ракет достаточно для уничтожения небольших корветов, фрегатов и беспилотных судов которые составляют большую

часть китайского флота, и было бы непрактично использовать ракеты стоимостью 3 млн долл. для противодействия роям небольших беспилотных надводных транспортных средств стоимостью 200 000 долл. каждая.

Радары компании Robin Radar Systems предназначены для обнаружения небольших дронов, отличая их от других объектов, таких как птицы. Уникальной особенностью этих радаров является их способность работать во время движения на транспортном средстве, что обеспечивает повышенные эксплуатационные возможности. Благодаря своей мобильности эти системы позволяют эффективно контролировать территорию на предмет вражеских беспилотников, передвигающихся даже на высоких скоростях. Мобильный характер этих радаров затрудняет для противников их обнаружение и нейтрализацию, обеспечивая непрерывное обнаружение воздушных угроз.

Радары MAX, ELVIRA и IRIS, предлагаемые Robin Radar Systems, предоставляют передовые решения для обнаружения и отслеживания дронов, подходящие для различных условий. Радар MAX с его 360-градусным 3D-покрытием может обнаруживать и отслеживать тысячи движущихся объектов одновременно, предоставляя обновления в реальном времени и точные данные за счет быстрого вращения. Разработанный для аэропортов и ветряных электростанций, он особенно подходит для условий, где безопасность полетов имеет решающее значение.

ELVIRA, 2D-радар, специально разработанный для обнаружения дронов, использует передовые технологии, такие как микродопплеровская классификация, чтобы эффективно отличать дроны от других объектов, предлагая простую интеграцию с системами управления и контроля. IRIS, легкий 3D-радар, развертываемый менее чем за 15 минут, может обнаруживать дроны на скорости до 100 км/ч, что делает его идеальным для быстрого развертывания в полевых условиях. Там, где беспилотники все чаще используются для разведки и атак, эти радары помогут предоставить ценные возможности для противодействия воздушной угрозе. Их способность быстро обнаруживать, отслеживать и классифицировать беспилотники позволяет лучше предвидеть и нейтрализовывать атаки беспилотников, усиливая свою защиту от воздушных ударов.

4.4. Математическое моделирование – путь в будущее

Моделирование дает возможность исследователю решать многофункциональные задачи быстрее и проще, проводя эксперименты с аналогами реальных объектов, представленных в различных видах. Эффективность проводимого моделирования повышается за счет его применения на стадии проектирования объектов, когда необходимо выбрать подходящий вариант с оптимальными параметрами. Имитационное моделирование – это средство исследования поведения сложных систем путем создания логико-алгоритмического описания поведения элементов системы и правил их взаимодействия, носящие случайный характер. Имитационное моделирование используется тогда, когда эксперимент на реальном объекте невозможен или дорог. Различают три вида имитационного моделирования: дискретно-событийное моделирование, системная динамика, агентное моделирование, замечает профессор Юрий Евдокимов.

При дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий, возникающих в определенный момент времени и меняющих состояния системы. Дискретно-событийное моделирование широко используется для производственных, логистических, медицинских процессов. Второй вид моделирования – системная динамика. Он представляет собой исследование поведения системы и ее структуры во времени в зависимости от связей между элементами и с окружающей средой. Системная динамики направлена на изучение динамических систем с петлями обратной связи, поведение которых переменчиво и нелинейно. Агентное моделирование предназначено для исследования децентрализованных систем, поведение которых описывается не единым законом и математической моделью, а определяется поведением индивидуальных агентов. Агент – это некоторая сущность или объект, обладающая активным собственным поведением, принимающая решения по определенным правилам и взаимодействующая с другими объектами. Для создания агентной модели нужно определить набор агентов, составляющих исследуемую систему, их характеристики и задать правила взаимодействия агентов. Агентное имитационное моделирование исследует поведение агентов и влияние их на поведение системы в целом. Рассмотрим конкретные исследования и разработки в этой области, опубликованные в 2023 г.

Ученые из Великобритании выяснили, что во время движения жгутик сперматозоида создает узоры по принципу, который описал Алан Тьюринг больше 70 лет назад. Иными словами, исследователи показали, что между движением сперматозоидов и формированием узоров в природе существует связь. Алан Тьюринг – британский математик и криптограф. Ученого считают основоположником теоретической информатики и теории искусственного интеллекта, прародителем современных вычислительных систем. Прежде всего он известен тем, что во время Второй мировой войны помог «взломать» немецкие шифровальные аналоговые компьютеры («Энигма»). Это позволило моментально расшифровывать секретные сообщения немцев, что сыграло важнейшую роль во время войны на Западном фронте (но не на Восточном, поскольку СССР эту информацию не передавали). Однако область интересов Тьюринга этим не ограничивалась. В 1950-х гг. ученый выдвинул гипотезу, согласно которой замысловатые узоры на теле животных могут возникать из-за появления неоднородностей в исходной гомогенной смеси веществ. Согласно Тьюрингу, такие сложные паттерны – результат распространения химических соединений (диффузии) и взаимодействия друг с другом. В дальнейшем гипотезу британского ученого стали называть «реакционно-диффузионная теория», или «паттерны Тьюринга». Эта математическая модель описывает, как, распространяясь, два взаимодействующих соединения могут самоорганизоваться в виде различных лент, точек, пятен или других форм. Она применима не только к «животным узорам», но и к другим типам макроскопических структур, возникающих в природе. Группа ученых из Бристольского университета (Великобритания) под руководством биотехнолога Гермеса Блумфилда-Гаделья (Hermes Bloomfield-Gadelha) попыталась выяснить, существует ли связь между химическими закономерностями, создающими узоры, и тем, как движутся хвосты сперматозоидов.

Природа создает множество узоров – от пятен на леопардах до полос на зебрах. Однако подробное объяснение того, как формируются эти рисунки, до сих пор не найдено. Ученые из Колорадского университета в Боулдере (The University of Colorado Boulder) показали, что тот же физический процесс, который помогает удалять грязь с белья, может играть роль в том, как тропические рыбы получают свои разноцветные полосы и пятна. «Многие биологические вопросы сводятся к одному: как организмы развивают сложные узоры и формы, если все начинается со сферического скопления клеток, –

спрашивает Бенджамин Алессио (Benjamin Alessio), автор статьи. – Мы обнаружили простой физико-химический механизм для объяснения сложного природного явления». Биологи ранее установили, что многие животные эволюционировали так, чтобы иметь узор для маскировки или привлечения себе подобных. Хотя гены кодируют информацию об окрасе, например, о цвете пятен леопарда, генетика не объясняет, где именно они будут располагаться. В 1952 г., еще до того, как биологи открыли структуру двойной спирали ДНК, Алан Тьюринг, математик, изобретатель современных вычислительных машин, предложил смелую теорию происхождения узоров у животных.

Ученые теоретически доказали, что частицы, помещенные в электродинамическую ловушку – устройство, которое позволяет им «парить» в пространстве под действием электрического поля, – в определенных условиях начинают хаотично двигаться. При этом, в зависимости от свойств частицы – массы, заряда и размера, переход к такому типу движения наступает при разном напряжении электрического поля. Наблюдая за поведением отдельных частиц, можно неразрушающим способом оценивать свойства различных соединений для нанотехнологий и лекарственных препаратов. При разработке новых материалов, лекарственных препаратов и других высокотехнологичных продуктов очень важно знать, какими свойствами они будут обладать. Многое об этом может рассказать анализ отдельных частиц – например, небольших гранул – интересующего объекта. На сегодняшний день существует множество способов определения характеристик – массы, размера и заряда – твердых частиц. Однако каждый из них позволяет получить информацию только об одном из перечисленных параметров, из-за чего исследователям приходится сочетать несколько методов, что делает анализ длительным и трудоемким. Поэтому ученые ищут новые методы, которые позволили бы определять сразу несколько характеристик частицы. Исследователи из Международного научно-образовательного центра физики наноструктур предложили использовать для определения параметров частиц поверхностную электродинамическую ловушку. Это устройство представляет собой набор плоских пластин из электропроводящего материала, на которую подается напряжение. Под его действием над ловушкой создается электрическое поле, в которое помещают твердую частицу – теоретически из любого материала: от неорганических микросфер до макромолекул и одиночных клеток. Частица, помещенная в электрическое поле, «повисает» в нем, но не

остается неподвижной, а слегка ритмично колеблется вверх-вниз, подобно маятнику.

Американские физики впервые разработали подход, который позволяет значительно ускорить работу так называемых «жадных» алгоритмов для решения задач комбинаторной оптимизации при помощи квантовых компьютеров с относительно небольшим числом кубитов (квантовых битов). «Задачи комбинаторной оптимизации хорошо подходят для демонстрации превосходства квантовых компьютеров над их классическими аналогами, однако до настоящего времени это не удавалось сделать. Мы создали алгоритм, способный решать задачи комбинаторной оптимизации, и реализовали его на практике при помощи набора из 72 кубитов. Наша разработка оказалась быстрее ее классических аналогов, что указывает на наличие квантового ускорения», – пишут исследователи. Этот алгоритм был разработан группой ученых под руководством вице-президента квантового стартапа Rigetti Computing Мэттью Ригора.

Для большинства из нас время течет в одном направлении, но это не так для физиков-теоретиков. Они могут создать модель, которая имитирует обратное течение времени, невозможное в реальном мире. Эксперимент, проведенный командой ученых из Кембриджа, показал, что текущий вспять поток времени способен дать ответ на задачи, недоступные в обычной физике. Группа физиков под руководством Дэвида Арвидссона-Шукура из Кембриджского университета провела эксперимент, в котором входное состояние меняется в процессе моделирования обратной петли времени. В результате они смогли изменить начальные параметры уже после того, как они были заданы. Несмотря на то, что петля времени – явление сугубо гипотетическое, его можно сымитировать при помощи схем квантовой телепортации, созданных запутанными частицами, чтобы решать математические задачи. «Представьте, что собираетесь послать кому-нибудь подарок – вам нужно отослать его в первый день, чтобы он дошел на третий, – пояснил Арвидссон-Шукур. – Однако вишлист от адресата вы получили только во второй день. В сценарии с привычным течением времени невозможно узнать заранее, что он хочет в подарок, и купить его. А теперь представьте, что можете изменить посылку, которую отослали в первый день, на подарок из виш-листа. Наша модель использует манипулирование квантовой запутанностью, чтобы показать, как можно ретроспективно менять предшествующие действия, чтобы добиться желаемого исхода».

Квантовая телепортация позволяет, меняя свойства одной из пары запутанных частиц, мгновенно наблюдать эти изменения на другой частице. В данном случае ученые применили телепортацию для переноса информации не в пространстве. Сначала физики запутали две частицы. Манипуляцией одной из частиц они добились того, что прошлое состояние другой изменилось. В итоге изменился и первоначальный результат эксперимента. Ученые не утверждают, будто петля времени существует в реальности. Квантовая теория позволяет всего лишь моделировать эти петли для запутанных квантовых частиц. Расчеты показывают, что временную петлю можно успешно использовать только в 25 % случаев. Немного, но, как считают физики, это означает, что модель проверяема в реальном эксперименте. Этот эксперимент еще предстоит провести, запутав большое количество фотонов и используя симуляцию путешествий во времени, чтобы изменить их состояния после того, как они будут отправлены в специальную камеру с фильтром, который пропустит внутрь только фотоны с обновленной информацией. Обнаружение этих фотонов в камере будет означать, что симуляция сработала. «Наша разработка – не машина времени, а, скорее, глубокое погружение в основы квантовой механики. Эти модели не позволят вам вернуться назад во времени и изменить прошлое, но позволят создать лучшее завтра, исправив сегодня вчерашние проблемы», – сказал Арвидссон-Шукур.

Ученые международной лаборатории «Цифровизация, анализ и синтез сложных механических систем, сетей и сред» под руководством профессора Тель-Авивского университета Эмилии Фридман создали уникальный математический алгоритм, позволяющий моделировать работу человеческого мозга в разных ситуациях. Его применение позволит исследовать различные психические заболевания, а также разрабатывать интерфейсы «мозг-компьютер» для управления имплантами, сообщили. «В дальнейшем мы планируем применить наш результат для решения задач классификации режимов активности головного мозга, что может быть использовано как для исследования таких заболеваний, как эпилепсия и синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), так и для разработки интерфейсов мозг-компьютер, позволяющих управлять роботами «силой мысли» и активно применяющихся в области нейропротезирования». Человеческий мозг состоит более чем из 80 млрд нейронных клеток. Создание полноценных и всеохватывающих моделей такого сложного органа в мировой науке все еще остается нерешенной задачей.

Однако группа ученых международной лаборатории в Петербурге нашла способ приблизиться к этой цели и создавать модели для отдельных режимов работы головного мозга в различных ситуациях, в том числе экстремальных.

В основу решения ученых легла математическая модель ФитцХью – Нагумо, которая уже используется для изучения отдельных клеток головного мозга или их популяций. Тем не менее эта модель имеет структурные ограничения, которые не позволяют моделировать одновременную работу миллиардов нейронов. Специалисты лаборатории сосредоточились на измерении мембранных потенциалов нейронов, т.е. напряжения стенок клеток головного мозга в различных ситуациях. К этим данным применяются математические методы скоростного градиента и фильтров-дифференциаторов, которые вкупе с уже признанной моделью ФитцХью – Нагумо позволяют выйти на новый уровень возможностей моделирования человеческого мозга. «Важным итогом такого подхода становится то, что его сложность не увеличивается при изменении количества моделируемых нейронов. То есть задача моделирования сети с десятками миллиардов узлов, как в случае с человеческим мозгом, уже не кажется настолько недостижимой. Кроме того, ученым удалось математически доказать, что в зависимости от этих данных параметры модели будут настроены точно, т.е. динамика модели с этими параметрами будет повторять динамику реального нейрона или нейронной популяции».

Максены – двухмерные наноматериалы с высокой электропроводностью, которые можно эффективно комбинировать с различными металлическими соединениями для изготовления полупроводников, датчиков и электроники. Однако для того, чтобы полностью раскрыть его свойства, важно знать тип и количество молекул на поверхности, а анализ занимает несколько дней даже с самым мощным электронным микроскопом. Южнокорейские ученые разработали модель классификации, которая позволяет получать максены с одинаковыми свойствами. Материал максен (MAXene) был разработан в 2011 г. из перемежающихся слоев атомов металла и углерода. Он обладает любопытными и потенциально полезными свойствами, которые зависят от молекул, расположенных на поверхности материала. Если это фтор, электропроводность и эффективность экранирования от электромагнитных волн снижаются. Однако поскольку толщина максенов всего 1 нм, анализ молекул на поверхности занимает несколько дней даже с самым мощным электронным микроскопом.

Поэтому массовое производство этого материала до сих пор невозможно. Команда ученых из Института KIST разработала метод прогнозирования распределения молекул на поверхности, использовав свойство магнитного сопротивления максенов. С его помощью можно легко измерить распределение молекул. Это значит, что появляется возможность обеспечить контроль качества, необходимый для массового производства. Новый метод основан на том, что электропроводность и изменения магнитных свойств зависят от молекул, закрепившихся на поверхности. Поэтому ученые изучили свойства магнитного транспорта максенов и провели успешный анализ типа и количества этих молекул при атмосферном давлении и комнатной температуре. Написав специальную программу прогнозирования, ученые смогли предсказать, что фактор рассеяния Холла, влияющий на магнитный транспорт, существенным образом меняется в зависимости от типа поверхностных молекул. «Сочетая эти результаты с экспериментальными исследованиями, мы рассчитываем, что сможем контролировать процесс производства максена, который будет применяться для массового производства максенов с постоянным уровнем качества», – заявил Ли Сын Чхоль, директор Индокорейского центра науки и технологий при KIST.

Физики под руководством Нобелевского лауреата Франка Вильчека численно нашли параметры метаматериала, чей магнитооптический отклик повторяет отклик гипотетических аксионов, если бы они существовали в реальности. Работа ученых открывает дорогу к экспериментам с эмерджентной аксионной электродинамикой. Термин «аксион» для новых гипотетических частиц ввел впервые Нобелевский лауреат Франк Вильчек (Frank Wilczek), назвав их так в честь стирального порошка – он предполагал, что эти частицы помогут «очистить» квантовую хромодинамику от трудностей, связанных с нарушением CP-симметрии. Сегодня аксионы остаются одними их главных кандидатов на темную материю, и их активно ищут как по астрофизическим данным, так и в наземных экспериментах. В физике, однако, существует и другой подход к исследованию частиц или явлений, которые были предсказаны, но не обнаружены приборами. Он основан на создании особым образом спроектированных сред, элементарные возбуждения в которых (квазичастицы) ведут себя подобно предполагаемым частицам. Ярчайшим примером этого принципа можно назвать исследование майорановских частиц, которые физики активно рассматривают в качестве кандидатов для элементной базы квантовых компьютеров. Аксионоподобные

возбуждения (или эмерджентные аксионы) тоже были обнаружены – их нашли в магнитных твердых телах, однако там амплитуда их сигнала довольно небольшая. Однако в метаматериалах эта ситуация может измениться – это показали Максим Горлач (Maxim A. Gorlach) и его коллеги при участии самого Франка Вильчека.

Метод неортогонального множественного доступа (NOMA) в системах мгновенной беспроводной передачи информации и энергии применяется для коммуникации в промышленном интернете вещей. К сожалению, он подвержен значительным энергопотерям по мере увеличения расстояния. Корейские ученые разработали эффективную схему применения NOMA в распределенной радиосети. Эта технология открывает возможность создания более эффективных и оптимизированных сетей интернета вещей. Промышленный интернет вещей (IIoT) сочетает беспроводные датчики, контроллеры и технологии мобильной связи для наблюдения и управления каждым аспектом производственного процесса. Для создания надежной системы передачи данных и энергии между устройствами IIoT было бы удобно использовать беспроводные технологии. Например, метод мгновенной беспроводной передачи информации и энергии (SWIPT) с помощью радиосигналов, который одновременно переносит энергию и дешифрует информацию. А по мере того как количество умных устройств растет, SWIPT все чаще сочетают с системой неортогонального множественного доступа (NOMA), которая позволяет увеличить ресурс батареи датчиков и других устройств. Однако энергетическая эффективность этой системы уменьшается вместе с увеличением расстояния от центрального контроллера. Чтобы преодолеть это препятствие, команда ученых из Корейского морского университета разработала новую схему работы NOMA со SWIPT для распределенных радиосетей. Новый метод существенно увеличивает энергетическую и спектральную эффективность IIoT. Исследователи описали трехступенчатый итеративный алгоритм, максимизирующий энергетическую эффективность системы. Сначала они оптимизировали распределение энергии для центрального контроллера IoT. После чего были оптимизированы распределение энергии для NOMA и разветвление энергии для SWIPT. Наконец, ученые проанализировали ситуацию выхода из строя, при которой система не может обеспечить достаточно энергии и скорости передачи данных, расширив метод оптимизации до многокластерного сценария. Работоспособность алгоритма была подтверждена многочисленными числовыми моделированиями. Результаты показали, что предложен-

ная схема в пять раз более энергоэффективная, чем ее аналоги без распределенной радиосети.

Физики научились сопоставлять электромагнитным волнам системы материальных точек, механические параметры которых численно совпадают с характеристиками исходной волны: степенью поляризации и мерой квантовой запутанности. При этом соотношение, которое связывает эти две величины, на языке механической аналогии сводится к теореме Пифагора. Аналогии между физическими системами упрощают жизнь ученых, даже если системы имеют разную природу и похожи только их математические описания. Например, стандартный прием в квантовой теории поля при конечной температуре – формальная замена обратной температуры на фиктивное время (которое изначально отсутствует как переменная). Это позволяет пользоваться при вычислениях хорошо изученным математическим аппаратом обычной квантовой теории поля (в которой, в свою очередь, нет температуры), а затем интерпретировать результаты уже для исходной модели с температурой. Поиск подобных аналогий и проверка границ их применимости – одно из актуальных направлений в сегодняшней науке. Цянь Сяофэн (Xiao-Feng Qian) и Мигаш Изади (Misagh Izadi) из Технологического института Стивенса предъявили количественное описание свойств электромагнитной волны через аналогию с механической системой материальных точек.

Исследователи смоделировали работу внутренних часов организма и определили, как ими «управлять». Исследователи из Северо-Западного университета и Института Санта-Фе (США) разработали теоретическую модель для изучения синхронизации множества внутренних часов в организме под воздействием старения и внешнего влияния, например, смены часовых поясов. Синхронизация часов центральной и периферической системы снижает негативные эффекты. Циркадные часы – внутренние часы, по которым живет организм, присутствуют почти в каждой клетке и ткани организма. Каждый из них полагается на свой собственный набор сигналов для калибровки. Например, часы мозга зависят от солнечного света и освещения в целом, а периферические – калибруются во время еды. Исследователи построили математическую модель, объясняющую это сложное взаимодействие между системами. Теория включает две популяции связанных осцилляторов, которые имитируют естественные ритмы циркадных циклов. Каждый осциллятор влияет на другие и в то же время регулируется на основе уникальных внешних сигналов.

Используя эту модель, ученые изучили, как такая связанная система может быть нарушена и что ухудшает эффект. Они обнаружили, что общие симптомы старения, такие как более слабые сигналы циркадных часов и более низкая чувствительность к свету, приводят к тому, что система становится более уязвимой к сбоям и медленнее восстанавливается. Они также нашли новый метод ускорения восстановления после смены часовых поясов и подобных сбоев. Они считают, что путь к лучшему сну лежит через желудок. «Обильный обед ранним утром в новом часовом поясе поможет преодолеть смену часовых поясов. А постоянно менять график приема пищи или есть ночью не стоит, так как это может привести к рассогласованию внутренних часов», – говорит Итун Хуан, соавтор исследования. Ученые планируют исследовать другую сторону уравнения и выявить факторы, которые повышают устойчивость внутренних часов.

Потребовалось 10 лет, около 500 учёных и более 600 млн €, чтобы проект «Человеческий мозг» наконец подошёл к концу. Он стал одним из крупнейших исследований на средства Европейского союза. Смелой целью было понять человеческий мозг, в подробностях смоделировав его на компьютере. Под эгидой проекта «Человеческий мозг» (HBP) учёные опубликовали тысячи статей и добились значительных успехов в неврологии: создали подробные трёхмерные карты по меньшей мере 200 областей мозга, разработали мозговые имплантаты для лечения слепоты, усовершенствовали методы лечения различных заболеваний. А также с помощью суперкомпьютеров смоделировали такие функции, как память и сознание. Когда проект стартовал, вряд ли кто-то верил в потенциал больших данных и в пользу суперкомпьютеров для моделирования сложной работы мозга, Томас Скордас, заместитель гендиректора Европейской комиссии в Брюсселе. Однако почти с самого начала HBP вызывал критику. Проект не достиг своей цели моделирования всего человеческого мозга, которую, кстати, многие учёные изначально считали притянутой за уши. Проект несколько раз менял направление, и его научные результаты стали «фрагментированными и мозаичными», сказал участник HBP Ив Френьяк, учёный-когнитивист и директор по исследованиям французского национального агентства CNRS. По его мнению, проект не дал полного или оригинального понимания мозга.

Применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) позволит ученым перейти от методов проб и ошибок в прогнозировании свойств «умных» материалов к более быстрому подбору их функций

на атомарном уровне, считает Константин Новоселов (MTY, Англия), получивший Нобелевскую премию по физике в 2010 г. вместе с Андреем Геймом за исследования графена. Он отметил, что сегодня ученые подошли к этапу развития исследований материалов, на котором уже могут моделировать их свойства на уровне атомов. «Проблема в том, что до сих пор это делается методом проб и ошибок. К сожалению, мы до сих пор не понимаем, как получить полный контроль над свойствами материалов. Как создавать материалы с заданными свойствами, когда у вас появляется стопроцентная воспроизводимость на атомарном уровне. Это то, где ИИ и машинное обучение могут применяться очень активно», – сказал Новоселов, выступая на международной конференции AI IN в Университете Иннополис, посвященной ИИ-технологиям. Такие перспективные материалы могут стать основой «умных» капсул для точечной доставки лекарств, которые способны открываться и закрываться в нужный момент, привел пример иследователь. «Мы очень надеемся, что именно методы машинного обучения помогут нам решить проблему предсказания свойств, в первую очередь, функциональных, которые меняются во времени у неустойчивых материалов вне состояния равновесия», – заключил он.

Ученые создали математическую модель, позволяющую подбирать оптимальные условия для получения углеродных наноструктур с помощью плазменного синтеза. Она подробно описывает процесс «рождения» в газовой плазме частиц углерода, из которых в дальнейшем собираются применяемые в медицине и электронике наноматериалы. Во многих отраслях науки и техники сегодня используются нанотехнологии – направления, позволяющие создавать самые разные объекты (частицы, молекулярные комплексы и даже целые устройства), размер которых в миллионы раз меньше миллиметра. Так, например, в медицине наномасштабные объекты используются для доставки лекарств, в материаловедении – для синтеза легко управляемых или так называемых «умных» материалов, в микроэлектронике – для создания миниатюрных процессоров и запоминающих устройств. Одним из наиболее перспективных методов создания наноструктур считается плазменный синтез с помощью дугового разряда. Этот подход заключается в том, что нужный ученому нанообъект «собирается» из отдельных атомов или молекул с помощью неравновесной плазмы – газа, насыщенного заряженными частицами. Чтобы обогатить газ такими частицами, т.е. ионизировать, используют электроды (например, графитовые) – элементы, между

которыми протекает электрический ток. Когда ток, поступая от одного электрода к другому, проходит через газ, возникает разряд, по форме напоминающий дугу. Эксперименты показали, что этот газовый разряд сильно нагревает поверхности электродов, из-за чего с них испаряются частицы углерода. На их основе можно синтезировать различные наноструктуры: углеродные нанотрубки, наносферы (фуллерены) и тонкие листы графена, используемые в электронике и биомедицине. Однако до сих пор оставалось не ясным, какие условия синтеза – сила тока, размер электродов, межэлектродное расстояние, давление и сорт газа – оптимальны для сборки углеродных нанообъектов из отдельных частиц.

Ученые из КГНИУ-КАИ разработали самосогласованную физико-математическую модель, наиболее полно описывающую процесс создания дугового разряда в двух инертных газах – аргоне и гелии. Авторы смоделировали ситуацию, когда в газ поместили два графитовых электрода (положительно и отрицательно заряженный), а затем подавали на них постоянный ток, постепенно увеличивая вкладываемую мощность в разряд. Численные расчеты позволили исследователям определить режим газового разряда, при котором становится возможным синтезировать в нем углеродные наноструктуры. Дело в том, что согласно модели газовый разряд по мере увеличения силы подаваемого на электроды тока проходит три последовательные стадии, лишь одна из которых подходит для синтеза. Сначала в пространстве между электродами образуются только заряженные частицы буферного газа – ионы аргона или гелия, соответственно. Затем по мере нагревания электродов с них начинают испаряться нейтральные атомы и молекулы (димеры и тримеры) углерода. Они также ионизируются в плазме дугового разряда. По мере дальнейшего увеличения силы тока происходит смена плазмообразующего иона. Другими словами, доминирующим становится ион углерода вместо гелия или аргона. Испаренные в разрядный промежуток частицы углерода, а также их ионы, попадая в области с низкой температурой газа и на подложки, способны объединяться между собой и формировать сложные наноструктуры. Таким образом, модель позволяет точно подобрать силу тока, давление газа, размер электродов и межэлектродное расстояние, чтобы максимально быстро добиться условий горения разряда, при которых синтез углеродных наноструктур будет наиболее эффективным. «Предложенная модель привлекательна не только с фундаментальной, но и прикладной точки зрения. С одной стороны, она позволяет глубже понять

природу такого классического объекта как дуговой разряд. С другой стороны, модель поможет повысить скорость и эффективность плазменного синтеза наноструктур, поскольку с ее помощью ученый сможет заблаговременно рассчитать и спрогнозировать оптимальные условия процесса. В дальнейшем мы планируем наработать как теоретическую, так и экспериментальную базу по оптимальным условиям синтеза различных типов наноструктур – углеродных (включая наноалмазы), кремниевых, германиевых и металлических», – рассказывает руководитель проекта Алмаз Сайфутдинов.

Получен ответ на вопрос, можно ли поймать свет в трехмерный массив микроскопических частиц: при помощи нового метода компьютерного моделирования команда физиков из США и Франции обнаружила условия, при которых волну света может заставить замереть, применяя для этого дефекты правильно подобранных материалов. Электроны могут быть пойманы или локализованы в неупорядоченных материалах со случайным образом распределенными аномалиями. Это явление получило название андерсоновской локализации в честь американского физика-теоретика Филипа Андерсона и стало важной вехой в развитии физики конденсированного состояния. Если в классической физике мы можем представить себе частицу света как шарик, отскакивающий от стенок хаотичного лабиринта, то волновое представление квантовой механики заставляет электрон останавливаться и превращает материал в изолятор. Нечто похожее происходит, когда электромагнитные волны вынуждают свет рассеиваться в каком-нибудь веществе, по крайней мере, в одном или двух измерениях. Однако до сих пор никто не мог понять, будет ли происходить то же самое в трех измерениях. Раскрыть этот секрет помог прогресс в вычислительных программах и численном моделировании. При помощи нового инструмента FDTD Software Tidy3D команда ученых смогла провести каждый цикл вычислений, которые обычно заняли бы несколько дней, за 30 минут. Программа на основе конечно-разностного временного алгоритма, которая делит пространства на ячейки и решает уравнения в каждой точке координат, позволила протестировать различные конфигурации системы, размеры и структурные параметры. Результаты числового моделирования оказались лишены проблемных мест, которые затрудняли предыдущие исследования. Ученые обнаружили, что свет нельзя локализовать в 3D в диэлектрических материалах, таких как стекло или кремний. Однако четкие числовые данные указывают на то, что андерсонова локализация возможна в случайных наборах

проводящих металлических сфер. Этот результат указал физикам направление дальнейших исследований андерсоновской локализации в различных типах материалов.

Думают ли умные люди быстрее? Согласно результатам исследования группы ученых из Германии и Испании, не всегда, и в случае решения сложных задач отдельные преимущества оказываются за людьми с менее развитым интеллектом. Мозг взрослого человека состоит из миллиардов нейронов, объединенных многочисленными связями. Эти сложные и подчас запутанные сети – одновременно ключ к удивительным возможностям мозга и главная трудность на пути к его изучению. Поскольку работать с мозгом живого человека довольно сложно, исследователи все чаще обращаются к компьютерному моделированию, используя цифровые данные сканирования мозга, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ), а также математические модели, основанные на теоретических знаниях о биологических процессах. Первоначально это позволяет построить «общую» модель человеческого мозга, но затем ученые уточняют ее, используя данные отдельных людей и создавая «персонализированные» модели мозга. Чтобы изучить, как общие показатели уровня интеллекта влияют на скорость решения различных задач, международная группа исследователей создала 650 «персонализированных» моделей мозга участников проекта Human Connectome Project. Это позволило эффективно воспроизводить активность каждого изученного мозга, анализируя интеллектуальные характеристики и время реакции конкретного человека при решении различных задач. В дальнейшем показатели этих моделей сравнивали с показателями самих участников, которым предложили решать серию постепенно усложняющихся задач на подбор элементов в постепенно усложняющихся «пазлах». Ученые обнаружили, что участники с более высокими показателями интеллекта быстро справлялись с простыми задачами, но дольше решали сложные. Части их мозга при этом были лучше синхронизированы между собой, постоянно обмениваясь информацией и затормаживая принятие окончательного решения. С другой стороны, мозг людей с невысоким IQ буквально «спешил с выводами» при принятии сложных решений, а не ждал, пока вышестоящие области мозга завершат этапы обработки, из-за чего такие люди чаще допускали ошибки. Согласно выводам исследователей, в целом показатели «персонализированных» моделей совпадали с показателями мозга живых людей, что доказывает эффективность компьютерного моделирования человеческого мозга. В будущем такие методы

можно применять в медицине: к примеру, с помощью компьютерной симуляции врач сможет оценить, какое лекарство будет наиболее эффективно при лечении конкретного пациента и вызовет наименьшее количество побочных эффектов.

Некоторые кольчатые черви собираются многочисленными группами, свиваясь вокруг друг друга и образуя плотный клубок. Но при опасности клубок распадается так быстро, как и не снилось людям, которые постоянно мучаются с запутанными проводами. Чтобы выяснить, как это возможно, биологам пришлось обратиться к математике. Каждый, кому приходилось распутывать провода наушников или зарядного устройства, знает, как это непросто. Между тем примитивные кольчатые черви способны решать эту задачу в доли секунды. Lumbriculus variegatus живут в болотистых водоемах, питаясь одноклеточными и распадающейся органикой, и вырастают в длину до 10 см. Иногда – например, чтобы сохранить тепло или влагу – они собираются в группы, свиваясь в плотный клубок. Но лишь почувствовав угрозу, черви разбегаются, распутываясь почти моментально. Клубок может свиваться и расти несколько минут, набирая до нескольких десятков тысяч особей. Однако для срочного распутывания червям требуется не более пары десятков миллисекунд. Американские биологи (Jörn Dunkel и его коллеги) выяснили, как этим животным удается решать столь сложную задачу. Ученые проводили лабораторные эксперименты с группами примерно по 20 червей L. variegatus. Сплетенные ими клубки обрабатывали желатином, чтобы стабилизировать их форму, а затем «просвечивали» ультрафиолетом с целью определить внутреннюю структуру и выяснить, как именно и сколько раз черви обвивались друг вокруг друга. Затем каждый клубок перемещали в емкость с чистой водой и «пугали» слабым электрическим разрядом или ультрафиолетовым излучением.

Стремительное распутывание фиксировали скоростной видеокамерой, которая позволила проследить за движениями каждого червя индивидуально. Для обработки полученных данных биологи привлекли топологов – специалистов в теории узлов. Они построили математическую модель, а затем провели компьютерные симуляции обоих процессов: спутывания и распутывания. Оказалось, все дело в направлении движений, которыми скручиваются черви, собираясь либо разбегаясь. Движения отдельного червя быстро подхватывают соседи, контактирующие с ним. Чтобы спутаться в клубок, каждая особь несколько раз скручивается в одном направлении, после чего

резко меняет направление и совершает такое же движение в обратную сторону, образуя плотное сплетение. При распутывании черви быстро чередуют скручивание то в одном, то в другом направлении, часто приобретая форму цифры восемь. «Такая работа кажется чистым курьезом, однако у нее могут быть далеко идущие последствия. Активные филаменты широко распространены в биологических системах, от нитей ДНК до целых организмов. Подобные филаменты способны выполнять множество самых разных функций и могут помочь в создании материалов, меняющих свойства “по требованию”», – прокомментировала исследование профессор Ева Кансо (Eva Kanso).

Рак простаты – второй по распространению вид онкологических заболеваний среди мужчин и четвертый – среди всех групп населения. Вариантов лечения разработано множество, от иммуно- и радиотерапии до удаления опухолевых тканей. Специалисты из Великобритании оценили эффективность некоторых доступных методов при помощи математики. Один из распространенных подходов лечения рака простаты – андрогенная депривационная терапия (АДТ), которая включает прием медикаментов, снижающих количество андрогенов, мужских половых гормонов, вырабатываемых в семенниках. Эти половые гормоны способствуют росту нормальных и раковых клеток простаты, а АДТ подавляет их развитие. Однако у некоторых пациентов возникает сопротивляемость этому виду терапии. В недавнее время для прогнозирования развития рака и воздействия терапевтических методов в онкологии начали использовать математическое моделирование. Оно состоит в создании упрощенного математического представления реальных сценариев для того, чтобы лучше понять происходящее и выработать более эффективную стратегию. Ученые из Университета Портсмута разработали такую математическую модель для оптимизации терапии рака простаты в краткосрочной и долгосрочной перспективах. Модель включала применение различных препаратов, в чистом виде и в комбинациях. Исследование показало, что в краткосрочный период, за 12 или 18 недель, самым эффективным видом монотерапии является применение кабацитакселя, препарата для химиотерапии. Анализ образцов тканей продемонстрировал, что количество опухолевых клеток сокращается в таком случае больше всего. При этом комбинированная терапия в целом более эффективна, чем моно. Кроме того, ученые выяснили, что попеременная терапия энцалутамидом и кабацитакселем действует лучше всего и может значимо улучшить результаты

лечения. Выводы были подтверждены сравнительным исследованием. Ученые уверены в эффективности метода математического моделирования поведения опухоли, однако подчеркивают, что модель была построена на клетках мышей, и ее применение на материале человека требует дальнейшей работы.

Китайские инженеры сообщили о том, что впервые задействовали искусственный интеллект для имитации необычного воздушного боя. Необычность этого боя в том, что он имитировал противостояние истребителя, способного достигать гиперзвуковых скоростей, с самолётом противника. В рамках боя искусственный интеллект, созданный китайскими учёными, свёл в условном воздушном бою самолёты, скорость одного из которых составляла 11 Махов. В такой ситуации ИИ определил параметры поражения цели имеющейся на вооружении ВВС Народно-освободительной армией Китая ракетой воздушного базирования. Параметры этого пуска оказались таковы, что в полёте ракета должна выпускаться в направлении, обратном движению самого истребителя. Система компьютерного моделирования сама определяет момент запуска и осуществляет пуск с возможностью ожидания одобрения этого действия лётчиком. Но так как бои ведутся на гиперзвуковых скоростях, то, как отмечают китайские инженеры, рано или поздно придётся доверить системе искусственного интеллекта на борту самолёта и выполнение самого пуска. Причина проста – лётчик просто не способен своевременно осуществлять пуск ракеты, чтобы при гиперзвуковой скорости самолёта поразить цель в ту долю секунды, когда это возможно, если не менять саму ракету. На этом основании сделан вывод относительно того, что если истребители достигнут гиперзвуковых скоростей, то они, вероятно, перейдут в разряд беспилотных. Так как мозг среднестатистического человека (даже подготовленного лётчика) не справится с управлением самолёта, с маневрированием на 11 Махах. В использованной в КНР компьютерной модели самолёт противника двигался со скоростью 1,3 Маха. В китайской прессе сообщается, что условным противником был избран стелс-истребитель F-35 ВВС США, точнее – его компьютерная модель.

Химики из Великобритании разработали алгоритм глубокого обучения, способный предсказывать механизмы реакций по кинетическим данным. Ученые обучили свою модель на нескольких тысячах наборах кинетических данных, сгенерированных автоматически, а затем использовали для анализа шести изученных каталитических реакций. Анализ кинетических данных позволяет изучать механизмы

каталитических реакций. Обычно для подобного анализа химики проводят каталитическую реакцию с разными загрузками катализатора и измеряют концентрацию продукта или реагента в разные моменты времени. Затем, чтобы сделать выводы из этих зависимостей, необходимо рассчитать теоретические зависимости для нескольких предполагаемых механизмов, а затем сравнить полученные зависимости с экспериментальными. Если зависимости совпадают – значит механизм найден. Еще один способ изучить механизм реакции – измерить начальные скорости реакции при разных начальных концентрациях реагента или катализатора. Далее можно построить логарифмическую зависимость начальной скорости от начальной концентрации, а из нее определить порядок реакции по реагенту или катализатору. Это тоже помогает делать предположения о механизме реакции. Эти и другие более современные методы работают хорошо и ими часто пользуются. Но если механизм реакции сложный, достоверно интерпретировать полученные кинетические данные бывает очень трудно. Это происходит, например, если на нескольких каталитических стадиях катализатор дезактивируется. В этом случае нужно провести много кинетических экспериментов, и все равно гарантированно выбрать один подходящий механизм может не получиться. Чтобы преодолеть эти проблемы, Игорь Ларроса (Igor Larrosa) и Хорди Бурес (Jordi Burés) решили разработать алгоритм машинного обучения, способный предсказывать механизмы каталитических реакций по кинетическим данным.

Английские ученые первыми создали компьютерную реконструкцию вируса, включая присущий ему геном. Хотя нечто похожее уже выполняли другие команды биологов, впервые исследователям удалось реконструировать точную химическую и трехмерную структуру «живого» вируса. Этот прорыв может привести к появлению альтернатив для антибиотиков, что снизит опасность распространения устойчивости к противомикробным препаратам. Исследование было проведено с использованием существующих данных о структурах вирусов, полученных криоэлектронной микроскопией и компьютерным моделированием, которое продолжалось почти три года, несмотря на то, что вычисления велись на суперкомпьютерах Великобритании и Японии. Этот прорыв откроет перед биологами возможность изучать те процессы, которые сейчас невозможно исследовать из-за отсутствия генома в модели вируса. В частности, они смогут понять, как бактериофаг – виды вирусов, заражающие бактерии – уничтожают специфические болезнетворные бактерии. На сегодня

у ученых нет ясности в этом вопросе, В результате могут появиться препараты более точного действия, которые заменят современные антибиотики и, тем самым, помогут снизить темпы распространения устойчивости к противомикробным препаратам, которая развивается у микробов, делая их невосприимчивыми к антибиотикам. «До сих пор никто не мог построить модель генома целого вируса с таким атомистическим уровнем детализации, – заявил профессор Дмитрий Нерух из Университета Астона. – Способность с большей четкостью изучать геном в вирусе чрезвычайно важна. Без генома невозможно точно понять, как бактериофаг заражает бактерию. Это исследование поможет вирусологам ответить на вопросы, на которые раньше они не могли найти ответы».

Чем может быть полезна математика для социологии, кроме методов обработки экспериментальных данных? Ю.И. Бродский для социологического дискурса предлагает язык, родившийся в результате моделирования сложных систем с помощью структурной теории, средствами математики и информатики. Достоинствами этого языка являются математическая однозначность и развитые средства типизации, позволяющие различать сущности, которые часто смешиваются, когда дискурс ведется на естественном языке. Геометрическая теория дает математическую языковую среду для дискурса в предметной области моделирования социального поведения, т.е. возможность выявлять достаточно тонкие различия рассматриваемых сущностей, которые обычно теряются, сливаются при их гуманитарном обсуждении на естественном языке. Отсутствие такой языковой среды часто ведет к кажущимся противоречиям при обсуждении проблем, возникающих при таком моделировании. Язык математического моделирования оказывается в том числе пригодным для моделирования и интерпретирования некоторых философско-религиозных высказываний.

В условиях рыночной экономики никому не нужны просто новации, все хотят именно инновации, т.е. внедренные новации. А коммерциализируют новации именно предприниматели. И очень хорошо, когда креативный специалист – одновременно предприниматель. Тогда процесс реализации инновационного проекта несказанно ускоряется. Академик Фиговский и профессор Задорский проанализировали и посмотрели на примерах традиционные методы поиска инновационных решений, в частности, инженерные методы решения творческих задач. Специалист решает задачи в своей области на высоком профессиональном уровне, опираясь на накопленные им

знания и опыт. Когда же он сталкивается с принципиально новой задачей, для решения которой требуются знания из других областей науки и техники, то появляется барьер, пытаясь обойти который, специалист решает задачу перебором большого количества вариантов. Часто решение такой задачи находится на стыке нескольких областей знаний, и заранее трудно определить каких. В науке такой процесс перебора вариантов называют «Метод проб и ошибок». Принципиально другую технологию мышления разработал инженер из России Генрих Альтшуллер, которую он назвал «Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)». Альтшуллер первый осознал необходимость создания технологии, позволяющей отказаться от метода проб и ошибок и направленно искать решение; им была разработана система законов развития техники. Академик Фиговский и профессор Задорский предложили новый метод поиска нестандартных креативных решений в различных областях деятельности человека (метод может использоваться не только для решения технических задач или научных проблем, но и при решении экономических, политических и даже социальных задач). В основу метода положен системный анализ и его законы. Используются свойства иерархичности систем, их декомпозиции, взаимосвязанности, а также прямой и обратной связи различных уровней иерархии, определяется лимитирующий иерархического уровня системы, применяется принцип соответствия (гармонии) методов внешнего воздействия амплитудно-частотным характеристикам системы на лимитирующем уровне.

4.5. Environmental threats

50 years ago, scientists tried to predict the future of the entire Earth using a computer model. The conclusions of the 1972 report "The Limits to Growth" were frightening – uncontrolled economic growth leads to the collapse of civilization. The reports of the "Limits to Growth" series were published thanks to the Club of Rome, an informal association of public intellectuals from around the world. The goal of the club is to bring together smart and caring people from different fields and open up a space for discussing and researching global problems. The ideas of the club were set out in a 1970 document entitled "The Predicament of Humanity; search for structured answers to growing difficulties and uncertainties around the world." It served as a roadmap for the Limits to Growth project. According to the club members, the study was supposed to fulfill three tasks:

- Designate the safety margin of the planet;
- Identify the parameters that have the greatest impact on the state of the world;
- Predict the likely outcomes of current economic and industrial policies.

The World3 computer model created by Rimsky's authors is based on system dynamics. Internal feedback loops in the structure of the system affect the behavior of the entire system. World3 covers the period from 1900 to 2100 and is built around five variables:

- population;
- agriculture;
- industry;
- environmental pollution;
- consumption of non-renewable natural resources.

Some bacteria can synthesize metal nanoparticles to survive in toxic conditions. Microorganisms absorb metals from the environment and then "spit them out" to avoid poisoning. Researchers from the University of Edinburgh are using this feature to extract valuable components from old electronics and batteries – lithium, cobalt, manganese and other elements. Scientists have used bacterial strains to recycle waste from electronic batteries and cars. They dissolved the waste and then tested different bacterial colonies to target specific metals, precipitating them as solid compounds. In a series of experiments, they managed to extract manganese, then nickel and lithium. Using a different strain of bacteria, they were also able to produce cobalt and nickel.

Scientists note that so far all experiments have been carried out with natural colonies of bacteria. In the new research, bioengineers will create genetically edited strains in which the ability to process metals will be enhanced. The spread of electronics and especially electric vehicles creates an increased demand for batteries and batteries, as a result, for rare metals. The disposal of failed devices is not only environmentally important, but will also provide an additional source of valuable raw materials for the production of new devices.

Science journalist Brian Hayes compares World3 to a refinery diagram: the tanks are connected by pipes, the flows through the pipes are controlled by valves, and the valves are controlled by feedback signals that depend on the state of the tanks or flows elsewhere in the model. Dutch researcher and consultant of the Club of Rome Gaia Herrington (2022) compares the information from the book "Limits to Growth: Renewal in

30 Years" and concludes that the "standard scenario" is most comparable to the current situation.

This has led to the creation of numerous (more than 1500) inventions to reduce environmental threats. Below are examples of a number of these that have been completed in recent months.

EOLOGY CLEAR COMBUSTIBLE IN THE FOREST INDUSTRY, WITH BRIQUETTING OF CEREALS BIOMASS AND LIGNOCELLULOSE WASTE -**HUP9702351 (A1)** – Lignin, cellulose and water are bonded by chemical means to plant cells and resist greatly all physical interventions and press-forming. Calcium-oxide powder is used for complete dehydration of all comminuted bio-masses. Dehydration destroys the physical-chemical structure of bio-materials and renders them suitable for the prepn. of fuel briquettes from a biomass of cereal and wood working ligno-cellulose waste (an inexhaustible and renewable energy source).

Ocean scavenger device mounts image capture module in unmanned surface vehicle and aided with image recognition to enable carrier to recognize marine debris at located environment – **TW202342852 (A)** – An ocean scavenger device comprises an unmanned surface vehicle for capturing images of the environment; and a processing mechanism disposed in the unmanned surface vehicle and capable of receiving the images of the environment captured by the unmanned surface vehicle and recognizing marine debris within the images and, in connection with the marine debris, collecting real-time position information of the unmanned surface vehicle presented at the place, and sending a notification message containing the real-time information to a remote control center. Accordingly, the invention mounts the image capture module (a camera for example) in the unmanned surface vehicle and is assisted with image recognition so that the vehicle can recognize marine debris within the environment and reports the positioning of the marine debris so as to notify related departments going to and treating the large-scaled garbage gathering place. By utilizing effective function of detecting marine debris, original ecology can be automatically dodged to avoid damaging environment, thereby reducing the ocean pollution burdened with environment.

Water environment ecological restoration and purification recycling device – **CN220265366 (U)** – The utility model discloses a water environment ecological restoration purification recycling device which comprises a circulation box, a rubber ring is fixedly connected to the top

of the outer wall of the circulation box in a sleeved mode, a transverse strip is fixedly connected to the inner wall of the circulation box, a connecting block is placed at the top of the transverse strip, and the other end of the connecting block is fixedly connected with a cultivation box. Emergent aquatic plants are planted in the cultivation box, a filter frame is fixedly connected to the middle of the inner wall of the circulation box, a carbon rod is placed in the filter frame, a box body fixedly sleeves the bottom of one side of the circulation box, and a water inlet pipe fixedly sleeves the top, located outside the circulation box, of the box body; the utility model relates to the technical field of environmental ecology. The ecological restoration, purification and recycling device for the water environment solves the problems that an existing park viewing pool is not running water, so that water in the viewing pool becomes smelly after a long time, people passing by feel uncomfortable, and time and labor are consumed by manual cleaning or restoration.

Purification device for river aquatic ecological restoration – **LU504563 (B1)** – The invention discloses a purification device for river aquatic ecological restoration, which comprises an intercepting dam, a filter box, an electrolytic box and a water pump; the intercepting dam is arranged in the river channel; a floating bed is arranged on the inner water surface of the upstream river channel, and round holes are formed through the floating bed; the floating bed is provided with assembly grooves, and assembly blocks; the filter box, the electrolytic box and the water pump are all fixedly installed beside the shore base, and one side of the filter box is provided with a suction pipe; a prefilter is fixedly installed at the tail end of the suction pipe, and a first filter screen is arranged on the prefilter. The invention can restore aquatic ecology, reduce the burden of subsequent purification devices, change the width of the floating bed, filter out large impurities.

Zero-excavation double-layer small guide pipe out-of-hole construction method for tunnel portal – **CN117307175 (A)** – Along with rapid development of an expressway network, a large number of mountainous area tourism expressway projects are paid to implementation, and the typical characteristics of mountainous area expressways are that bridges are connected with one another, tunnels are connected with one another, and bridges and tunnels are connected with one another; a series of problems such as vegetation felling, earthwork excavation and slope instability are certainly brought to the natural ecology of a tunnel portal area by adopting a traditional tunnel portal in-out mode, and the problems are inconsistent with the original intention of

construction of a high-speed tourism to a certain extent. In combination with the existing tunnel construction experience, the construction method of'zero excavation 'double-layer small guide pipe outlet is adopted for outlet of the tunnel portal which is large in line terrain height difference, steep in natural gradient and connected with the bridge and the tunnel, and the problems of construction period, cost and ecological environmental protection of the portal construction can be effectively solved to a certain extent.

Post-generation mask capable of changing skin micro-ecology and preparation method of post-generation mask – **CN117298032 (A)** – The invention relates to the field of facial masks, in particular to a postbiotic facial mask capable of changing skin micro-ecology and a preparation method of the postbiotic facial mask capable of changing skin micro-ecology. 0.3 to 0.8 percent of 1, 2-hexanediol; and 0.3 to 0.8 percent of p-hydroxyacetophenone. The mask provided by the invention can reduce the number of species on facial skin. In the phylum level, the mask can increase the sum of the relative abundance of actinomycetes, proteobacteria and thick-wall mycophylum, and reduce the probability of psoriasis and other skin inflammatory diseases on the facial skin of people.

Self-repairing promoting device for slope ecology of mining area – **CN117256265 (A)** – The invention discloses a mining area slope ecology self-repairing promoting device, and belongs to the technical field of mining area slope repairing, the mining area slope ecology self-repairing promoting device comprises a bottom plate, pulleys are mounted at the corners of the lower end of the bottom plate, a height adjusting mechanism is mounted at the upper end of the bottom plate, a mounting box is mounted at the upper end of the height adjusting mechanism, and a moving mechanism is mounted on one side of the mounting box; a stirring barrel is mounted in the mounting box, and a feeding port is formed in the upper end of the stirring barrel, the stirring mechanism is arranged, and the mechanism drives two groups of stirring rollers to rotate in different directions through cooperation of a motor and a gear, so that the mixing effect of soil and seeds can be further improved, and the mixing efficiency of raw materials is improved; by arranging the height adjusting mechanism, the height of the device can be conveniently adjusted through the height adjusting mechanism, so that the device can adapt to slopes with different heights to be used, and it is guaranteed that the device can be reasonably and conveniently used.

Water quality cruise monitoring device for water ecology – **CN220188513 (U)** – The utility model belongs to the technical field of

water quality monitoring, and particularly relates to a water ecological water quality cruise monitoring device which comprises a floating detection mechanism and a positioning mechanism, the floating detection mechanism comprises a floating plate, a floating ball, a floating box, a spiral propeller and a monitoring component, the floating ball is arranged on the side edge of the floating plate, the floating box is arranged at the bottom of the floating ball, and the spiral propeller is arranged on the floating box. Spiral propellers are arranged on the two sides of the buoyancy tank, and a monitoring component is arranged at the bottom of the buoyancy tank; the positioning mechanism is arranged in an inner cavity of the buoyancy tank, the positioning mechanism comprises a driving part, a winding roll, a suspension wire and a balancing weight, the spiral propeller is used for driving the device to move, so that the monitoring part can move for monitoring, after moving, the driving part of the positioning mechanism works, the winding roll unwinds, the balancing weight falls to make contact with the water bottom, and the position of the device is fixed; the water quality can be conveniently monitored at different positions of the water surface, and dragging and moving are not needed.

A METHOD AND A BROAD-SPECTRUM LIDAR FOR THE SOUNDING OF ATMOSPHERIC METHANE – **BG113445 (A)** – The present invention relates to a method and a broad-spectrum LIDAR for the sounding of atmospheric methane, and more particularly to a method and a broad-spectrum differential absorption LIDAR for atmospheric methane sounding by means of a powerful pulsed laser diode, and would be applied in the area of LIDARs for atmospheric remote sensing, in meteorology, climatology, ecology, power engineering and agriculture as well as in the exploration of deposits of energy resources. The atmospheric methane sounding method is based on the differential absorption in the atmospheric gases of pulses emitted by laser diodes, and uses direct detection of the reflected laser pulses emitted by a broad-spectrum LIDAR equipped with powerful pulsed laser diodes. The laser radiation entering the receiving optical circuit of the broad-spectrum LIDAR is split into two spectral channels. One of them operates at a wavelength of 1.667 μm at linewidth 4 nm and falls in the spectral range of methane, and the other spectral channel transmits some part of the laser line excluding the 4 nm wide central spectral range. When sounding for atmospheric methane, the parasitic background absorption in the atmospheric water vapors that matches the absorption spectra of methane is segregated, and the parasitic

absorption in the atmospheric water vapors is balanced in the two spectral channels of the LIDAR. The broad-spectrum LIDAR for atmospheric methane sounding includes one transmitting and one receiving optical circuit. The LIDAR consists of an emitter optical circuit with a powerful pulsed laser diode positioned within the focal length of an optical collimator. The receiving optical circuit is arranged in an optical axis parallel to that of the emitter circuit. It consists of a large-aperture optical lens and a translucent mirror positioned in the optical axis at some distance from the optical lens. The laser beam splitting ratio is inversely proportional to the ratio of the incoming spectral intensities, which defines two spectral channels. One of these spectral channels comprises a narrowband filter with linewidth 4 nm at the basic wavelength of 1.667 μm, and a photoreceiver positioned within the focus of the laser radiation at some distance after the filter. The other spectral channel includes a band-pass filter of linewidth 15 nm at 1.667 μm wavelength, a stopband filter positioned as some distance from the band-pass filter followed by a photoreceiver positioned at some distance and in the focus of the laser radiation.

Evaluation method and system of mutual-assistance circulation interaction ecosystem – **CN117172610 (A)** – The invention relates to an evaluation method and system for a mutual-assistance circulation interactive ecosystem, and belongs to the technical field of natural ecology and social ecology interchange.The method comprises the steps that a sample area is selected, and data collection is conducted on a natural ecosystem and a social ecosystem of the sample area to obtain a natural ecosystem data set and a social ecosystem data set; performing target block division on the natural ecological data set and the social ecological data set to obtain a multi-block cluster; determining an absolute weight of each block cluster, and converting the absolute weight into a relative weight; determining a relation matrix of each block cluster according to the natural ecological data set, the social ecological data set and the relative weight; constructing an evaluation model of the mutual-assistance circulation interaction ecosystem according to the relation matrix; and evaluating the target area through the evaluation model to obtain evaluation data of service value of the mutual-assistance circulation interaction ecosystem.

Rhodococcus qingshengii bacterial strain that degrades imazethapyr and stimulates crop growth – **US2023416672 (A1)** – The proposed disclosure relates to agricultural microbiology, ecology and biotechnology and is intended for remediating soil contaminated with imidazolinone

herbicides and stimulating the growth of planted crops. A Rhodococcus qingshengii bacterial strain deposited under VKPM number Ac-2143 was isolated from an enrichment culture based on rhizosphere microflora of soybeans grown on soil treated with the herbicide imazethapyr. The Rhodococcus qingshengii bacterial strain deposited under VKPM number Ac-2143 degrades the herbicide imazethapyr and stimulates the growth of crops planted in soil contaminated with imazethapyr.

Remote sensing monitoring equipment for cultivated land ecology – **CN117054347(A)** – The invention belongs to the technical field of monitoring equipment, and particularly relates to farmland ecology remote sensing monitoring equipment which comprises a bottom plate. A mounting sleeve is fixedly connected to the center of the top surface of the bottom plate, a connecting rod is in threaded connection with the inner wall of the mounting sleeve, and a mounting plate is fixedly connected to the top end of the connecting rod; after a bottom plate is placed at a cultivated land to be detected, a motor is started to drive a recovery wheel to rotate, a connecting rope is wound on a rotating wheel and pulls an impact hammer to move upwards, after the impact hammer moves upwards to a proper position, the motor is closed, and the rotating wheel loses driving force, so that the impact hammer is recovered. At the moment, the impact hammer pulls the connecting rope to enable the rotating wheel to rotate, the impact hammer impacts the connecting ring, so that the ground nail is nailed into the cultivated land, the motor is started repeatedly, the impact hammer impacts the connecting ring repeatedly, and therefore the ground nail is completely nailed into the cultivated land.

Urban ecological stability prediction and evaluation method and system based on umbrella-shaped three-dimensional structure – **CN116957348 (A)** – The invention discloses an urban ecological stability prediction and evaluation method and system based on an umbrella-shaped three-dimensional structure. The method comprises the following steps: constructing a three-dimensional umbrella-shaped structure urban ecological bearing capacity evaluation index system of a social-ecological-economic ternary system; calculating the index weight of the urban ecological bearing capacity index system; calculating the dispersion degree of the index relative to the base point; evaluating the stability of the corresponding state layer by adopting a two-dimensional node evaluation method; calculating the weight of each state layer; and the overall urban ecological stability prediction and evaluation are completed through the weight of each state layer. According to the method, an urban ecological bearing capacity index system model is constructed according

to the functionality and the structure of an umbrella-shaped three-dimensional structure, and a two-dimensional node evaluation different structural layers of urban ecology; the relevance between the whole and the local part and the relevance between the local parts can be found in a complex system, and the characteristics of the method can be visually shown when the urban ecological stability degree is evaluated. Intelligent multi-ecology complementary breeding system.

Intelligent multi-ecology complementary breeding system **CN116868914 (A)** – The invention discloses an intelligent multi-ecology complementary breeding system. The system comprises an illumination layer, a fishery layer, a poultry layer, an agricultural layer, a cloud platform for collecting and arranging ecological data of each layer and an optimization controller for optimizing and controlling the ecological data, which are stacked and distributed from top to bottom; the illumination layer is used for converting light energy into electric energy to be used by other layers, and open holes are formed in the bottom of the illumination layer, so that illumination can reach the lower layers; the fishery layer is used for breeding aquatic products and is made of a light-permeable material, so that light can reach the poultry layer and the agricultural layer; the poultry layer is used for breeding poultry, and the agricultural layer is used for planting plants. According to the invention, through solar power generation, green energy supply is realized, and carbon emission of the system is reduced; resources are recycled, garbage generated by the system and economic investment are reduced, the automation degree is high, the labor cost is reduced, and the breeding efficiency is improved; and optimizing the breeding system by using an algorithm and searching for optimal management, thereby realizing scientific management of the breeding system.

As a rule, scientific work in this area is also the basis for the creation of breakthrough inventions. Thus, American chemists have developed a "green" catalyst based on yttrium and other rare-earth metals – lanthanides, which allows you to decompose plastic waste from nylon-6, a high-strength variety of this polymer, very quickly and with minimal threat to the environment. "You can imagine a polymer molecule as a kind of necklace or thread on which many beads are strung. Each of them is a monomer, the simplest component of a polymer molecule. We have developed an approach that allows you to break the thread, but still leave the beads intact," said Tobin Marks, a professor at Northwestern University in Evanston (USA). Nylon is one of the polyamide polymers, the first variation of which was created in the United States in 1935. In the

decades that followed, several varieties of nylon were created, the strongest of which is nylon-6. Molecules of this polymer decompose extremely poorly in nature, which is why the accumulation of nylon debris in the hydrosphere and on land has long been one of the main environmental threats to the flora and fauna of the Earth.

Marks and his colleagues found that the polymeric strands of nylon-6 can be decomposed into individual units very quickly using the catalyst they developed. It consists of several aromatic hydrocarbon molecules joined to yttrium atoms, as well as lanthanum and some other similar rare earth metals. To decompose nylon-6, it is enough to melt this polymer and introduce a catalyst into it. As the chemists explain, the molecules of the substance they create are arranged in such a way that the rare-earth metal atom present in them bonds with nitrogen and oxygen atoms inside the polymer filaments and connects the hydrocarbon chain located between oxygen and nitrogen into a ring. As a result, the nylon-6 strand breaks down into ring-shaped molecules of caprolactam, the substance from which this plastic is made. Experiments conducted by scientists on samples of damaged fishing nets, nylon textiles and plastic bottle caps have shown that under optimal conditions, nylon-6 completely decomposes in just a few hours, while 99% of the garbage is converted into caprolactam, suitable for re-production of polymers. The introduction of this technology into industry, as the researchers hope, will make it possible to very effectively and cheaply clean nature from the most difficult to decompose plastic garbage.

PFAS, or "forever chemicals", are synthetic compounds that can take thousands of years to decompose. They are everywhere and can negatively affect people's health. Chemists at the New Jersey Institute of Technology have created a new laboratory method for detecting traces of PFAS in food packaging, water and soil samples in just three minutes or less. The method based on mass spectrometry turned out to be up to 100 times more sensitive than standard methods. It allows you to detect PFAS at the level of parts per trillion – like a drop of water in 20 Olympic swimming pools. The development will make it possible to monitor the contamination of drinking water, soil and consumer goods in real time. A new method that involves an ionization technique to analyze the molecular composition of material samples is called paper sputter mass spectrometry (PS-MS). According to scientists, it is 10 to 100 times more sensitive than the current standard method for testing for the presence of PFAS (perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl compounds).

PFAS can be ionized and quickly detected using a high-resolution mass spectrometer, which provides a clear picture of each type of PFAS present and the degree of contamination. For more complex structures, such as soil, the scientists applied a related method, desalting and paper spray mass spectrometry (DPS-MS). This method allows you to remove salts that normally suppress the ionic signal of PFAS. Together, both methods significantly improve the ability to find these compounds. The detection limit of PFAS is about a fraction per trillion (1 ppt). This amount can be compared to a drop of water in 20 Olympic-sized swimming pools. During the tests, the team was able to detect PFAS in one minute or less by analyzing fragments of food packaging materials, including popcorn paper, instant noodle boxes, as well as hamburger packaging from two international fast-food restaurant chains.

The analysis revealed traces of 11 different PFAS molecules, including common types that are associated with an increased risk of cancer and immune system suppression, such as PFOA (perfluorooctanoic acid) and PFOS (perfluorooctanesulfonic acid). During the water analysis, the team found traces of PFOA in samples of local tap water in less than two minutes, while finding no traces of PFAS in samples taken from the filtered water of the university fountain. Using DPS-MS, the team also identified two PFAS species from just 40 mg of soil in less than three minutes. The rapid detection method developed by the team is already being tested for use along with advanced PFAS elimination techniques that are being developed at the BioSMART NJIT Center. The technology could have an impact on the monitoring of consumer products, from cosmetics and medicines to fresh and processed foods.

More realistic environmental modelling shows that plants can absorb more anthropogenic CO_2 emissions than previously predicted. However, this does not mean that governments can ignore the need to reduce carbon dioxide emissions, environmental scientists emphasize. Planting more trees and protecting existing vegetation is not a panacea, but the study highlights the benefits of preserving a terrestrial ecosystem. Photosynthesis is the process by which plants convert CO_2 into sugars that are used for growth and metabolism. This is a natural way to reduce carbon levels in the atmosphere and mitigate climate change. Increased CO_2 uptake by vegetation is the main reason for the increased carbon capture on land that has been reported over the past decades. However, climate change can affect this process. It was unclear how vegetation would respond to CO_2 concentrations, temperatures and rainfall, which would be significantly different from what is observed today. For example, severe

droughts and heat waves can weaken the absorption capacity of terrestrial ecosystems.

In a new study from Trinity College Dublin, scientists present the results of their modelling, which assesses the impact of climate change on carbon uptake by vegetation until the end of the 21st century. The study used different versions of the model, taking into account different physiological processes of plants. The simpler version ignored some important mechanisms of photosynthesis, while the most complex version took into account all of these mechanisms. Thus, aspects of the efficiency of carbon dioxide movement through the interior of the leaf, adaptation of plants to temperature changes and economical distribution of nutrients in the crown of plants were taken into account. These mechanisms strongly influence the ability of plants to regulate the carbon cycle, but are often ignored in global models.

It turned out that more sophisticated models that account for more plant physiological processes predict a significant increase in carbon uptake by vegetation around the world. The effects of these processes were mutually reinforcing, which means that an even greater increase in CO_2 uptake is expected under real-world conditions. Most existing terrestrial biosphere models that are used to estimate carbon sequestration take into account only partially or not at all the complex mechanisms associated with vegetation and are at the lower end of the complexity range. This means that scientists are underestimating the ability of vegetation to adapt to climate change. However, simply planting trees will not solve all problems. Scientists emphasize the need to continue to reduce emissions across all sectors.

We have to hope that the joint efforts of scientists and inventors will lead to a significant reduction in environmental threats.

4.6. Век искусственного интеллекта

Робот с искусственным интеллектом «Электроник» из советского фильма «Приключения Электроника» хотел стать человеком, но не знал, как это сделать. Если для человека источником «добра и зла» является отношение к смерти, а этика – методом осознанного Преодоления, то остается только взяться, собственно, за решение проблемы. Это вопрос конструктивной биоэтики. Чтобы нагрузить роботов и ИИ человеческой этикой, необходимо как-то дать им понятие о смерти. Собственно, именно к этому пониманию пришел

герой фильма Элик в итоге советского фильма, когда столкнулся со своей рамкой (бандитским магнитным чемоданом). Пока он не понимал ограничений, он не мог понять и людей.

Регулярно видим алармистские заявления от тех, кого быстрое развитие технологий пугает с триумфальным шествием по миру ChatGpt. А давайте порассуждаем, так ли это опасно, как некоторые пишут. Давайте посмотрим, были ли в истории прецеденты, когда появление и массовое внедрение технологий выкидывала с рынка труда целые профессии? Или смещала баланс сил? Да. Было. И регулярно происходит. Один экскаватор может заменить десяток землекопов. С появлением автомобилей возникла профессия водителя, вполне почетная и престижная, но зато исчезла профессия ямщиков, да и по сопредельным сферам, связанным с содержанием лошадей, ударило. Водопровод «убил» водовозов. Центральное отопление обрушило спрос на трубочистов и печников. Технологии развиваются достаточно давно. Появление новых суммарно дает лучший эффект, но остаются и те, кто потерял в деньгах и статусе, и кто выиграл. И есть противники – классика это история луддитов, которые уничтожали ткацкие станки. Даже конкретное внедрение влияет – построили мост, на реке жители радуются, а паромщик остался без работы.

Группа из 9 нынешних и бывших сотрудников OpenAI опубликовала открытое письмо с призывом защитить информаторов в индустрии ИИ. Они утверждают, что OpenAI ставит прибыль и рост выше безопасности и этики, что создает потенциальные угрозы для человечества. Сотрудники готовы дать показания против компании, если им обеспечат защиту. В письме также сказано, что компания использует жесткие тактики предотвращения утечек информации, включая обязательные соглашения о недискредитации для увольняющихся сотрудников. Напомним, на недавней конференции Сэм Альтман не смог объяснить, как работают нейросети OpenAI, и ушел от ответа на вопрос об их безопасности.

Среди бьющих тревогу инсайдеров особенно примечателен Дэниел Кокотайло, который в 2022 г. присоединился к OpenAI в качестве исследователя по вопросам управления. На этом посту он прогнозировал скорость развития ИИ и не был оптимистичен. Изначально Кокотайло считал, что универсальный искусственный интеллект (AGI), равный человеку по способностям, появится к 2050 г. Сейчас он полагает, что такой ИИ появится уже к 2027 г. с вероятностью 50%. Кроме того, аналитик уверен, что продвинутый ИИ

уничтожит человечество или катастрофически навредит ему с вероятностью 70%. В индустрии эту мрачную статистику называют p (doom).

Работая в OpenAI, Кокотайло заметил, что компания крайне редко проводит надлежащие испытания перед выпуском продуктов. Совместный с Microsoft совет по безопасности никогда не замедлял развёртывание новых моделей, чтобы убедиться в их безопасности. Например, в 2022 г. Microsoft начала тайно тестировать в Индии новую версию поисковика Bing на основе, как предполагается, GPT-4, самой продвинутой на тот момент модели. На это компания не запрашивала разрешение совета по безопасности. Кокотайло говорит, что когда поисковой сервис начал странно себя вести и неадекватно отвечать на вопросы пользователей, тестирование и не подумали сворачивать. Впрочем, пресс-секретарь Microsoft Фрэнк Шоу утверждает, что поисковик не содержал GPT-4 или любую другую модель OpenAI. В прошлом году Кокотайло говорил с Альтманом о необходимости выделять больше времени и ресурсов вопросам безопасности. Гендиректор согласился с ним, однако никаких действий не предпринял. В апреле 2024 г. Даниил покинул компанию, разочаровавшись в её подходе к безопасности. Спустя месяц компанию покинули ещё 2 ключевых исследователя по вопросам безопасности – Илья Суцкевер и Ян Лейке. Их уход часть сотрудников восприняла как шаг назад. Они не подписали открытое письмо, но Лейке публично критиковал OpenAI и говорил, что компания слишком зациклилась на привлекающих внимание продуктах и прибыли, поэтому безответственно относится к потенциальным рискам.

К письму также присоединились уволившиеся из OpenAI Уильям Сондерс, Кэролл Уэйнрайт, Джейкоб Хилтон и Дэниел Циглер. Сондерс сказал, что ему не понравился подход разработчиков: «Сначала выпустим продукт, потом будем исправлять проблемы с ним». Остальные подписывали обращение анонимно, потому что боялись преследования со стороны компании – она обязывает уходящих сотрудников навсегда отказаться от критики бывшего работодателя. В противном случае они могут потерять все свои акции и понести финансовую ответственность. Ранее Альтман говорил, что такая мера рассматривалась как возможная, но на практике её не применяют. Однако, скорее всего, он лукавит: Кокотайло сообщил, что сейчас рискует потерять 1,7 млн долл. в акциях OpenAI из-за того, что выступил с критикой компании. Интересно, что письмо также подписали 2 сотрудника Google, один бывший и один нынешний.

Авторы инициативы считают, что в будущем к ним присоединятся сотрудники и других компаний, занимающихся разработкой ИИ. Они заручились поддержкой известного юриста и активиста Лоуренса Лессига, профессора права из Гарварда. Он известен своей борьбой за авторские права в эпоху интернета.

В письме активисты требуют, чтобы разработчики ИИ отказались от соглашений о неразглашении в вопросах, касающихся рисков и угроз от определенных моделей; они также просят правительство и другие социальные институты защищать информаторов от мести работодателей при разглашении информации, касающейся безопасности. Они призывают компании поддерживать культуру открытой критики и разрешать сотрудникам высказываться о рисках их технологий. Кроме того, подписавшиеся просят наладить анонимный процесс жалоб на потенциальные риски продуктов не только в совет директоров, но и в другие регулирующие органы и общественные организации. У многих разработчиков ИИ есть свои анонимные линии доверия, однако авторы инициативы считают, что внутреннего регулирования недостаточно: у компаний слишком велик соблазн замалчивать любые проблемы ради повышения прибыли.

Искусственный интеллект (ИИ) уже вышел за рамки академических лабораторий и стал неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. От систем рекомендаций в интернет-магазинах до ассистентов и автономных транспортных средств – ИИ непрерывно трансформирует множество аспектов нашего общества. Однако вместе с возможностями, которые он предоставляет, возникает и беспокойство относительно его потенциальных угроз. Широко обсуждаемые сценарии, в которых машины могут обрести сознание или начать действовать вопреки интересам человечества, стали темой как вечерних телевизионных ток-шоу, так и серьёзных академических исследований. Захватывающие сюжетные линии научно-фантастических произведений превращаются в массовом сознании в очередную фобию. Бояться уже пора, но не ИИ, а человека. ИИ может нести экзистенциальный риск человечеству лишь в случае, если разработчики преднамеренно заложат в него подобные цели. Экономические и социальные риски существуют, но их оценка сильно искажена политическими манипуляциями различного толка. Что же касательно персональных рисков, то ИИ их не увеличивает.

А пока всё идёт своим путём. Исследователи из Института инженеров электротехники и электроники (IEEE) решили провести тест Тьюринга для моделей ИИ, чтобы определить, могут ли люди

отличить человека от искусственного интеллекта в разговоре. В их эксперименте 500 участников общались с четырьмя собеседниками: одним человеком и тремя ИИ-моделями – ELIZA 1960-х годов, GPT-3.5 и GPT-4. В результате 54% участников приняли GPT-4 за человека. Для сравнения, программу ELIZA, в основе которой нет большой языковой модели или нейросети, посчитали человеком только 22% участников. Тест Тьюринга, впервые предложенный в 1950 г. ученым Аланом Тьюрингом, оценивает, насколько способность машины проявлять интеллект неотличима от человеческой. Чтобы пройти тест Тьюринга, система должна уметь разговаривать с человеком и заставить его поверить, что он общается с себе подобным. Участники посчитали GPT-4 человеком в 54% случаев. ELIZA, система, заранее запрограммированная на ответы, но не имеющая большой языковой модели или архитектуры нейронной сети, была признана человеком только в 22% случаев. GPT-3.5 набрал 50%, а человек-участник – 67%.

«Машины, как и люди, могут придумывать правдоподобные обоснования постфактум. Они могут подвергаться когнитивным искажениям, ими можно манипулировать, и они становятся все более обманчивыми. Все эти факторы приводят к тому, что в системах ИИ проявляются человеческие слабости и причуды. Это делает их более похожими на людей, чем предыдущие разработки, которые располагали лишь набором заранее заготовленных ответов», – говорит исследователь искусственного интеллекта в IEEE Нелл Уотсон. «Ранние системы ИИ, такие как ELIZA, полагались на заранее запрограммированные ответы, что значительно ограничивало их возможности. Программа могла кого-то обмануть на короткое время, но ограничения быстро становились очевидны. Языковые модели эпохи GPT совершенно другие. Они адаптируются и реагируют на широкий круг тем, говорят на определенных языках или диалектах и даже изображают разных личностей с разными ценностями. Это огромный шаг вперед по сравнению с тем, что было тщательно запрограммировано человеком вручную, независимо от того, насколько умной или сложной была эта программа», – замечает Уотсон.

На конференции WWDC 2024 технологическая компания Apple представила новую систему генеративного искусственного интеллекта Apple Intelligence. Ее планируют встроить в различные продукты компании: iPhone, iPad, Mac и даже очки Apple Vision Pro. Как утверждают разработчики, Apple Intelligence сможет генерировать текст, изображения и выполнять различные действия в приложениях

на устройствах Apple, а также ежедневно помогать пользователю в решении задач, основываясь на анализе его личной информации, не нарушая конфиденциальность. Узнав о новом ИИ, Илон Маск пригрозил главному исполнительному директору Apple Тиму Куку, что запретит все «яблочные» устройства в своих компаниях, назвав Apple Intelligence «жуткой шпионской программой».

Журналисты CNBC узнали об электронных письмах, направленных сотрудниками Илона Маска в Nvidia в декабре 2023 г. Они указывают на то, что Маск поручил производителю микросхем отдать приоритет на поставку 12 тысяч графических процессоров Nvidia H100, ранее зарезервированных для Tesla, на нужды стартапа xAI, который занимается разработкой искусственного интеллекта (ИИ). Чипы H100 стали краеугольным камнем амбиций многих компаний, занимающихся искусственным интеллектом, что сделало их чрезвычайно дорогими. Графические процессоры будут использоваться в новой машине, которая называется «гига-компьютером» (по аналогии с гига-фабриками Tesla, где производят электромобили), которая станет самым мощным суперкомпьютером в мире. Запуск «гига-компьютера» намечен на июнь. Суперкомпьютер нужен Маску для создания сильного искусственного интеллекта (AGI), который, несмотря на недостаток базовых знаний, может выполнять задачи, применяя когнитивные способности, подобные человеческим.

Китайский стартап в области искусственного интеллекта Deep Seek выпустил языковую модель с открытым исходным кодом Deep Seek Coder V2. Инструмент превосходно справляется как с программированием, так и с математическими задачами. Он поддерживает более 300 языков программирования и превосходит по производительности современные модели с закрытым исходным кодом, включая GPT-4 Turbo, Claude 3 Opus и Gemini 1.5 Pro. По словам разработчиков, открытая модель впервые достигла такого результата, опередив Llama 3–70B и другие модели в этой категории. Deep Seek Coder V2 также обеспечивает сопоставимую производительность в общих рассуждениях и языковых возможностях. Основанная в прошлом году Deep Seek стала заметным китайским игроком в гонке ИИ, присоединившись к таким компаниям, как Qwen, 01.AI и Baidu. В декабре 2023 г. она выпустила Deep Seek Chat – конкурента ChatGPT, обученного на 2 трлн английских и китайских токенов. В течение года после запуска компания открыла исходный код ряда моделей, включая семейство Deep Seek Coder. В новой версии V2 поддерживается до 338 языков программирования, а контекстное

окно увеличено до 128 000 токенов. Это позволяет ей справляться с более сложными и масштабными задачами программирования.

Deep Seek объясняет достигнутый технический прогресс и улучшение производительности использованием языковой модели Deep Seek V2, основанной на их собственной архитектуре Mixture of Experts. По сути, компания предварительно обучила базовую модель V2 на дополнительном наборе данных объемом 6 трлн токенов, который в основном состоит из информации, связанной с кодом и математикой, полученной из GitHub и Common Crawl. Модель поставляется с опциями параметров 16 млрд и 236 млрд. Но архитектура Mixture of Experts позволяет ей активировать только «экспертные» параметры (2,4 млрд и 21 млрд) для решения поставленных задач, а также оптимизировать ее для различных потребностей вычислений и приложений. Deep Seek Coder V2 предлагается под лицензией MIT, которая допускает как исследовательское, так и коммерческое использование. Пользователи могут загрузить обе версии модели (16 млрд и 236 млрд параметров) через платформу Hugging Face. В качестве альтернативы компания предоставляет доступ к моделям через API за оплату по мере использования. Те, кто хочет сначала опробовать возможности моделей, могут пообщаться с Deep Seek Coder V2 через чат-бот.

Чат-бот с искусственным интеллектом под названием VIC, или «Виртуально интегрированный гражданин», пытается попасть в избирательные бюллетени, чтобы побороться за пост мэра столицы Вайоминга – города Шайенн. VIC, разработанный на базе нейросети GPT-4 от OpenAI и прошедший обучение на тысячах документов совета Шайенна, создал местный житель и сотрудник библиотеки Виктор Миллер. Если VIC победит, Миллер станет, по его словам, «марионеткой из мяса» для ИИ. Он планирует передавать все документы VIC, который будет их изучать и принимать обоснованные решения.

Местные власти сейчас изучают вопрос, может ли имя такого кандидата действительно появиться в бюллетене для голосования.

Японский технологический гигант SoftBank Corp представил программу для снижения стресса операторов при обслуживании клиентов в колл-центрах. Технология изменения голоса на основе искусственного интеллекта (ИИ) превращает голоса даже самых разгневанных абонентов в более спокойную речь. Система «отмены эмоций» работает в два этапа. Во-первых, она обрабатывает голоса с помощью ИИ для идентификации разгневанных клиентов и анализа характеристик их речи. На втором этапе система обрабатывает

звуковую дорожку для создания более спокойного и естественного тона. Для этого ИИ был обучен на более чем 10 000 образцах речи. При этом 10 актеров записали более 100 общих фраз, выражающих различные эмоции, включая гнев и разочарование. Хотя технология не меняет слова звонящего, она существенно меняет интонацию, делая ее менее агрессивной. При этом, как отмечают разработчики, система не устранит полностью все следы гнева, чтобы операторы понимали обеспокоенность клиента и могли помочь. Система «отмены эмоций» пока работает только на японском языке. Но компания изучает возможность распространения этой технологии на другие языки для выхода на международный рынок.

США значительно отстают от Китая в развитии ИИ, что ставит под угрозу возможность выиграть потенциальный конфликт с Народно-освободительной армией Китая (НОАК), предупреждает новый доклад аналитической фирмы Govini. Согласно ежегодному Национальному отчету о безопасности, Китай опережает США уже в 13 из 15 критических технологических областей, включая ИИ. Генеральный директор Govini Тара Мерфи Догерти отмечает, что Министерство обороны США продолжает рассматривать ИИ как исключительно научный проект, тогда как Китай уже внедряет эти технологии на практике. Догерти подчеркивает, что задержки в развитии ИИ делают победу в войне с Китаем недостижимой для Штатов. В случае конфликта Китай может использовать свои преимущества в ИИ для атак на энергетическую инфраструктуру США, что существенно ослабит американские вооруженные силы. В докладе также говорится, что в 2023 г. 65% финансирования в области ИИ, машинного обучения и обработки естественного языка в США по-прежнему направлялись на исследования и разработки, а не на внедрение этих технологий в действующие военные системы. «Пришло время перестать рассматривать ИИ как просто научный проект», – заявила Догерти на брифинге.

Кроме того, доклад Govini выявил значительные риски, связанные с дефицитом запчастей для 7 крупных программ Министерства обороны США, включая вертолеты Black Hawk, подлодки класса Virginia и истребители F-35. Причины этого – зависимость от одного поставщика и долгие сроки поставки комплектующих. Проблема усугубляется доминированием Китая в глобальной цепочке поставок. В последние годы Китай значительно увеличил количество патентов в области критических технологий благодаря своему 14-му пятилетнему плану. По словам Догерти, патенты являются ведущим

индикатором технологического доминирования. Для решения проблемы Пентагон должен проводить детальный анализ патентов и расширять круг поставщиков за счет дружественных стран. Догерти отмечает, что исключить Китай из цепочки поставок полностью невозможно, но управление присутствием различных иностранных поставщиков поможет снизить риски и обеспечить необходимую гибкость и защиту.

Специалисты подразделения Skunk Works американской военно-промышленной корпорации Lockheed Martin совместно с исследователями из Университетом Айовы (США) разработали систему искусственного интеллекта и протестировали ее для перехвата самолетов. ИИ поручили управление учебно-тренировочным самолетом «Аэро Л-29» «Дельфин». Система не только самостоятельно управляла им, контролируя курс, скорость и высоту, но и во время каждого полета реагировала на различные испытания и вызовы, которым ее подвергали. С целью проверки ИИ предлагали различные сценарии, такие как стандартный бой или перехват самолета противника. По словам исследователей, они заметили, что ИИ действовал «целенаправленно и решительно». В целом он превзошел ожидания. В Lockheed Martin пояснили, что следующие тесты будут основываться на этих достижениях за счет включения большего количества самолетов в сценарии борьбы в воздухе и ведения боя, тем самым повышая сложность испытаний для ИИ.

Исследователи из некоммерческой организации по исследованию искусственного интеллекта LAION показали, что даже самые сложные большие языковые модели (LLM) можно поставить в тупик простым вопросом. «У Алисы есть [X] братьев, а также [Y] сестры. Сколько сестер у брата Алисы?». Ответить не столь сложно. Например, у Алисы три брата и две сестры, значит, у каждого из братьев две сестры плюс сама Алиса. Таким образом, у каждого брата по три сестры. Специалисты тестировали модели компании OpenAI: GPT-3, GPT-4 и GPT-4o; Anthropic Claude 3 Opus, Gemini от Google и модели Llama компании Meta*, а также Mextral от Mistral AI, Dbrx от Mosaic и Command R+ от Coher. Когда ИИ задали вопрос, то оказалось, что он явно не оправдывает ожиданий. Только одна модель, новая GPT-4o, добилась успеха в логическом тесте. Остальные не могли понять, что Алиса тоже сестра каждого из братьев в ее семье.

* Деятельность Meta признана экстремистской и запрещена на территории РФ.

Инженеры Мэрилендского университета (UMD) разработали модель, сочетающую машинное обучение и групповую робототехнику, для преодоления трудностей при разработке материалов, используемых в «зеленых» технологиях. Разработанный под руководством По-Йен Чена, доцента кафедры химической и биомолекулярной инженерии UMD, ускоренный метод создания аэрогелевых материалов, используемых в носимых нагревательных устройствах, может автоматизировать процессы проектирования новых материалов. Аэрогели, похожие на гели на водной основе, но изготовленные с использованием воздуха, представляют собой легкие и пористые материалы, используемые в теплоизоляции и носимых технологиях благодаря своей механической прочности и гибкости. Но несмотря на кажущуюся простоту, линия сборки аэрогелей сложна; исследователи полагаются на трудоемкие эксперименты и опытные подходы, чтобы изучить обширное пространство дизайна и разработать материалы. Для преодоления этих трудностей исследовательская группа объединила робототехнику, алгоритмы машинного обучения и знания в области материаловедения, что позволило ускорить процесс создания аэрогелей с программируемыми механическими и электрическими свойствами. Новая модель прогнозирования позволяет создавать устойчивые продукты с точностью 95%.

Компания Nvidia планирует ежегодно выпускать новые платформы для дата-центров, предназначенные для работы искусственного интеллекта. Она представила новые продукты и планы по развитию ИИ на технологической конференции COMPUTEX в Тайбэе. Дженсен Хуанг, генеральный директор компании, рассказал о том, как трансформируется отрасль, и объявил амбициозную цель – ежегодно внедрять новые «ускорители искусственного интеллекта». Началась очередная промышленная революция. Компании и страны сотрудничают с Nvidia, чтобы перевести традиционные центры обработки данных стоимостью триллионы долларов на ускоренные вычисления и построить новый тип центров обработки данных – фабрики искусственного интеллекта – для производства нового товара: искусственного интеллекта, Дженсен Хуанг, генеральный директор Nvidia.

Графический процессор Rubin, выпуск которого запланирован на 2026 г., является частью новой стратегии Nvidia для развития центров обработки данных. Интересно, что платформу следующего поколения компания анонсировала всего через несколько месяцев после презентации чипа Blackwell. Чип Rubin назвали в честь

астронома Веры Рубин. По словам представителей Nvidia, новый графический процессор изменит сферу ИИ так же, как исследования Рубин перевернули представления о космосе. Напомним, она изучала вращение галактик и первой нашла доказательства существования темной материи. Платформа Rubin будет использовать память с высокой пропускной способностью (HBM4), чтобы обеспечить беспрецедентную производительность. Кроме того, платформа для вычислений будет включать в себя новые графические процессоры (GPU), усовершенствованный процессор Vera на базе Arm и передовые сетевые технологии, такие как NVLink 6, CX9 SuperNIC и конвергентный коммутатор InfiniBand/Ethernet X1600. Генеральный директор Nvidia отметил, что внедрение Blackwell уже меняет промышленность, позволяя активнее использовать технологии ИИ на производстве. А в будущем «почти каждое взаимодействие с интернетом или компьютером, скорее всего, будет сопровождаться генеративным ИИ, работающим где-то в облаке».

Команда исследователей из Университета Цинхуа в Пекине разработала первую в мире «ИИ-больницу», в которой всеми врачами, медсестрами и пациентами управляют интеллектуальные агенты на базе большой языковой модели. Цель проекта – улучшить медицинскую помощь путем обучения агентов-врачей в моделируемой среде. Команда утверждает, что это позволит им развиваться независимо и прокачает их способности. ИИ-врачи могут поставить диагноз и назначить лечение 10 000 пациентам всего за несколько дней – задача, на решение которой у обычной клиники уйдет не менее двух лет. Одновременно платформа может тренировать настоящих врачей, бесконечно генерируя им виртуальных пациентов с самыми разными диагнозами и симптомами, корректируя их навыки диагностики и лечения. В моделируемой среде Agent Hospital существуют две основные сущности: пациенты и медицинские работники. GPT-3.5 генерирует роли этих объектов, обеспечивая бесконечное расширение. Для работы больницы, которая включает в себя несколько консультационных и смотровых кабинетов, требуется команда медицинских интеллектуальных агентов. Исследователи создали конфигурацию, состоящую из 14 агентов-врачей, которым поручено диагностировать заболевания и составлять подробные планы лечения, и четырех агентов-медсестер, выполняющих сопутствующие задачи.

В результате эта команда агентов может моделировать все процессы медицинских клиник: от консультации и обследования

до диагностики, лечения и последующего наблюдения. По данным разработчиков, ИИ-врачи могут вылечить 10 000 пациентов всего за несколько дней – задача, на выполнение которой традиционной клинике с живыми врачами потребуется не менее двух лет. «Больница» с ИИ может моделировать и прогнозировать различные медицинские ситуации, включая возникновение, распространение и сдерживание инфекционных заболеваний на условной прикрепленной территории. В результате усовершенствованные врачи-агенты достигли в Agent Hospital точности 93,06% в наборе данных MedQA (вопросы экзамена на медицинскую лицензию в США), охватывающем основные респираторные заболевания. Даже у очень хороших врачей, которых мало, точность редко достигает 90%.

Руководитель исследовательской группы Лю Ян рассказал, что после шести месяцев интенсивных исследований и разработок ИИ-больница близка к практическому развертыванию – ИИ-врачи получат доступ к обслуживанию реальных пациентов. Произойти это должно совсем скоро, во второй половине 2024 г. Несмотря на оптимистичные прогнозы, внедрение и продвижение диагностики и лечения на основе искусственного интеллекта может столкнуться с препятствиями. Исследователи подчеркнули важность строгого соблюдения национальных медицинских правил, тщательной проверки технологической зрелости и изучения эффективных механизмов сотрудничества между ИИ и людьми. Эти меры необходимы для смягчения потенциальных рисков для общественного здравоохранения, создаваемых ИИ-технологиями.

В интервью изданию Noema бывший гендиректор Google поделился своими прогнозами о направлении развития генеративного ИИ, назвал три основных фактора, которые ведут к появлению сверхмощных ИИ, рассказал, к чему может привести гонка вооружений в этой области между Западом и Востоком, а также оценил, насколько Китай отстает от США в создании передовых моделей ИИ. Как оказалось, не сильно. По мнению Шмидта, главное, что нужно понять о состоянии дел в области генеративного ИИ, – рост производительности этой технологии происходит семимильными шагами. Новые поколения моделей будут появляться приблизительно раз в полтора года. Такими темпами уже через 3–4 года мир существенно изменится. Шмидт назвал три движущих силы этого процесса. Во-первых, так называемое «окно контекста», проще говоря, запрос для ИИ. Оно уже может состоять из миллиона слов; уже изобретено бесконечно большое контекстное окно. Это значит, что ИИ может

давать пользователю пошаговые инструкции о том, как варить наркотики или искать лекарство от рака. «Через пять лет мы сможем создавать рецепты из 1000 шагов для решения важных проблем медицины, материаловедения или климатического изменения», – сказал он.

Вторая движущая сила – «улучшенная агентность». Агентом называют большую языковую модель, которая может изучить что-то новое. Например, прочитать всю литературу по химии, предложить пару гипотез, провести несколько тестов и сделать определенные выводы. Их количество возрастет до миллионов, они станут крайне производительными. Третья – и самая важная, по Шмидту – развитие функции «текст в действие». Пользователь может сказать ИИ: «Напиши мне программный код для X», и код будет написан. Все вместе это открывает перспективы, которые Шмидт называет научно-фантастическими.

«В какой-то момент эти системы станут настолько мощными, что агенты начнут сотрудничать. Твой агент, мой агент, ее агент и его агент объединят силы для решения новой задачи, – предрек Шмидт. – Некоторые полагают, что эти агенты разовьют собственный язык для общения между собой. И с этого момента мы перестанем понимать, что они делают. Что нам тогда делать? Вытащить вилку? Буквально отключить питание компьютеров? Когда агенты начнут общаться и делать то, что люди не понимают, это станет реальной проблемой». Произойдет это, по его подсчетам, примерно через 5–10 лет.

Далее Шмидт выразил озабоченность тем, что открытые исследования и исходные коды генеративных ИИ, которые публикуют западные компании, могут попасть в руки «злых парней» из Китая, России, Ирана, Северной Кореи и Белоруссии. Поэтому так важно, чтобы наиболее мощные системы ИИ, особенно те, которые приближаются к уровню универсального ИИ, имели какие-то встроенные механизмы ограничения распространения. Однако на сегодня их не существует. Не исключает Шмидт и возможности террористических актов с применением ИИ, не только кибератак, но и использования биологического оружия. Поэтому предлагает подумать над каким-нибудь мирным договором между ведущими державами, чем-то вроде Договора об открытом небе, подписанном странами ОБСЕ в 1992 г., который позволял контролировать военную деятельность соседей. Тем не менее это вряд ли остановит гонку ИИ. Рано или поздно в США и Китае появится небольшое количество крайне

мощных компьютеров, способных самостоятельно создать нечто такое, что государства не захотят показывать собственным гражданам и/или конкурентам. Такие машины будут расположены на военных базах, подключенные к атомным станциям и окруженные колючей проволокой и пулеметами. По оценкам Шмидта, в области ИИ Китай отстает от США на два года.

В Китае сообщили о создании НИИ стандартизации искусственного интеллекта. Среди целей учреждения НИИ – продвижение китайских разработок в сфере искусственного интеллекта, а также распространение «китайского подхода» к использованию этой технологии. Главный принцип эволюции – это разнообразие. К сожалению, наша электроника этому не следует, а потому 99,99% всех компьютеров представляют собой устройства на кремниевой основе. Эта тенденция началась в 50-х гг. прошлого века и продолжается до сих пор. И сейчас мы пришли к тому, что системы искусственного интеллекта, например, ChatGPT потребляют просто адское количество энергии. В данный момент электростанции США с огромным трудом удовлетворяют растущие не по дням, а по часам потребности датацентров. Поэтому некоторые ученые волей-неволей задумываются об альтернативных вариантах вычислительной техники. Самой перспективной из них считают биокомпьютеры. Они работают на органоидах, мини-кластерах, в состав которых входят клетки, специально выращенные для этого в лабораториях.

Ведущей компанией в этом направлении считается швейцарская фирма FinalSpark. В начале 2024 г. ее сотрудники запустили «Нейроплатформу» – компьютерную систему, которая работает на органоидах… человеческого мозга. Любой ученый может получить доступ к биокомпьютеру через интернет за относительно скромные 500 долл. в месяц.

FinalSpark – единственная в мире компания, которая предоставляет такие услуги всем. Наша основная цель – создать искусственный интеллект, потребляющий в 100 000 раз меньше энергии при своем обучении. И такой можно создать исключительно на биологической основе, Фред Джордан, один из руководителей FinalSpark.

Биокомпьютер от швейцарской фирмы производит расчеты на серии процессорных блоков, каждой из которых включает в себя четыре сферических органоида мозга шириной 0,5 мм. В каждый органоид вживлено 8 электродов. Они не только стимулируют электричеством мозговые клетки, но и связывают биокомпьютер со стандартными ЭВМ (рис. 4.22).

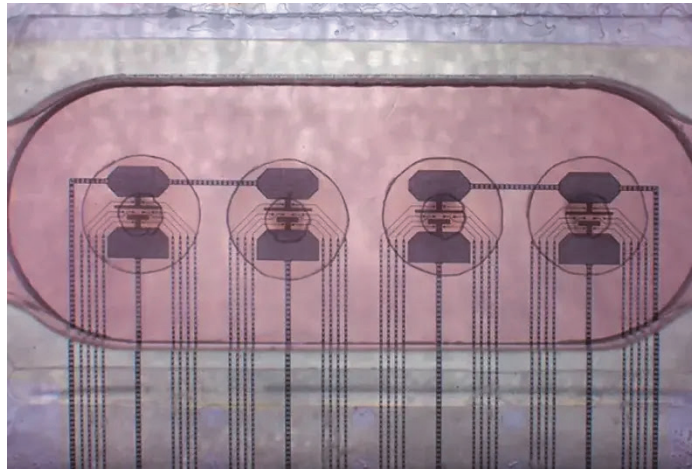


Рис. 4.22. Четыре кластера живых нейронов подключены к электродам на чипе Neuroplatform от FinalSpark

На нейроны в органоидах по специальному алгоритму воздействуют дофамином, нейромедиатором хорошего настроения. Таким образом, имитируется реальная система вознаграждения человеческого мозга. И это двойное электродофаминовое воздействие тренирует нейроны органоидов, поощряя их создавать новые связи и пути. Практически также обучается живой человеческий мозг. В FinalSpark уверены, что, используя определенные обучающие программы, можно заставить органоиды сымитировать искусственный интеллект, работающий на кремниевой основе. Также биокомпьютер способен сформировать внутри себя подобие центрального процессора и видеокарты.

Ученые и вообще любые желающие могут посмотреть на органоиды и их поведение. Это транслируется 24 часа в прямом эфире.

Сейчас наша главная задача – найти рабочий способ, который заставит нейроны выполнять все, что мы захотим – Джордан.

На данный момент уже 34 исследовательские группы из ведущих мировых вузов записались в очередь по использованию биокомпьютеров FinalSpark. Пока что доступ предоставлен командам из Мичигана (США), Свободного университета Берлина и коллективам из семи НИИ. Так как ресурсы биологических ЭВС ограничены, исследователи договорились, что будут фокусироваться на разных аспектах биокомпьютинга. Мичиганские ученые, к примеру, изучают

химические и электрические импульсы, изменяющие активность органоидов. По сути, американские специалисты пишут блоки для искусственного языка, на котором будет работать биокомпьютер.

В свою очередь, ученые из Лейпцигского университета пробуют использовать органоиды в различных моделях, предназначенных для обучения ИИ.

Надо признать, что ЭВМ на органоидах в данный момент вообще не может конкурировать с кремниевым компьютером. Это связано с крайне короткой жизнью органоидов. В среднем кластеры, из которых состоит биологическая вычислительная машина, живут не более 100 дней. И это еще очень хороший результат: когда FinalSpark только начинала выращивать органоиды, клетки мозга протягивали всего несколько часов. Впрочем, специалисты швейцарской компании постоянно улучшают и оптимизируют процессы. С каждым месяцем органоиды выращиваются все быстрее и легче, поэтому сейчас на «Нейроплатформе» работают уже до 3000 клеток человеческого мозга.

Помимо FinalSpark, другие исследователи также ищут биологические альтернативы кремниевым вычислениям. Анхель Гони-Морено, исследователь из Испании, изучает клеточные вычисления, где живые клетки используются для создания систем, способных выполнять логические операции и принимать решения. Гони-Морено считает, что клеточные компьютеры могут превосходить кремниевые аналоги в определенных задачах, таких как биоремедиация. Поскольку клетки могут реагировать на окружающую среду, они могут использоваться для мониторинга и восстановления поврежденных экосистем. Например, погружной бактериальный компьютер может предоставлять информацию об условиях окружающей среды, реагируя на химические и другие раздражители.

В то время как Гони-Морено исследует бактерии, Эндрю Адаматцки из Университета Западной Англии изучает вычислительный потенциал грибов. Он обнаружил, что грибной мицелий обладает электрическими свойствами, схожими с нейронами. Адаматцки стремится использовать эти свойства для создания вычислительной системы, имитирующей мозг. Эта система потенциально способна к обучению, резервному вычислению, распознаванию образов и многому другому. Команда Адаматцки уже обучила грибковые сети помогать компьютерам выполнять математические операции (рис. 4.23).

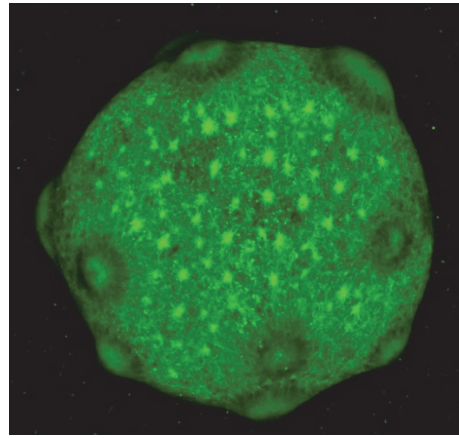


Рис. 4.23. Органоид человеческого мозга

По словам ученого, грибковые вычисления имеют преимущества перед вычислениями с использованием органоидов мозга, такие как этическая простота, легкость выращивания, устойчивость к окружающей среде, низкая стоимость и совместимость с существующими технологиями.

Возможно, грибной мицелий – куда лучший выбор для биокомпьютера, чем клетки человеческого мозга. Многие ученые вообще считают неэтичным использование нейронов в немедицинских целях. В настоящий момент руководитель FinalSpark попросил помощи у философов, чтобы те смогли решить этические противоречия (рис. 4.24).

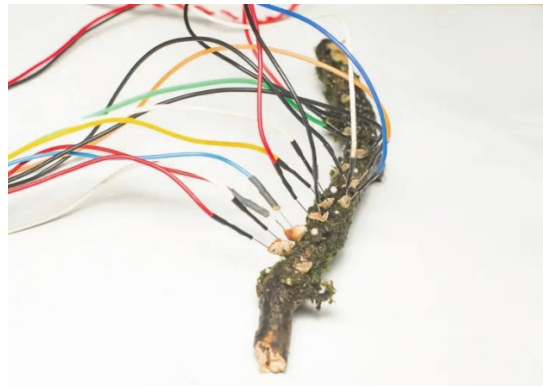


Рис. 4.24. Прототип грибного компьютера

С другой стороны, органоиды мозга на порядок превосходят своих грибных «коллег», когда дело касается сложных нейроноподобных структур. Да и в вычислениях компьютеры Фреда Джонсона куда быстрее грибных ЭВМ Эндрю Адамацки. Все-таки грибы человеческим мозгам однозначно неровня. Так что, кто прав, покажет время.

Сегодня становится ясно, что ИИ пришёл надолго в жизнь человечества.

4.7. Agro-bio-nanotechnologies*

The 21st century is the century of nanoscience and nanotechnology, which define its face. Nanotechnology, as a technological breakthrough in the agricultural sector, has enormous potential, since it allows us to combine economic efficiency and natural ingredients to solve many agricultural issues. To achieve high efficiency in agricultural production, new agrobionanotechnologies have been used in recent years [1]. Under the auspices of FAO (FAO, FAO (Food and Agriculture Organization, English) – Food and Agriculture Organization of the United Nations. A special UN agency founded on October 16, 1945 to fight for the implementation of one of the key human rights – the right to decent food) has created a database of more than 160 projects using nanotechnology in agriculture, which have been funded and developed around the world since 2006. In recent years, throughout the world there has been an increasing preference for agricultural products grown without the use of pesticides. Numerous “non-poisonous” preparations that can replace pesticides are being introduced into agricultural practice. In crop production, the use of nanopreparations, as plant protection products and microfertilizers, provides increased resistance to adverse weather conditions and an increase in yield (on average 1.5-2 times) of almost all food products (potatoes, grains, vegetables, fruits and berries), technical (cotton, flax) and other crops.

In protected ground, spraying plants with them strengthens their immune system, helps reduce morbidity, increase plant productivity and obtain high-quality products.

The effect here is achieved due to more active penetration of biologically active substances and microfertilizers into the plant due to the

nanosize of the particles, their special functionality and complex of properties. Thus, using nanotechnology, the drug NanoGro, the complex mineral microfertilizer GreenLift for pre-sowing seed treatment and foliar feeding of plants, and many others have been developed. GreenLift fertilizer is an aqueous suspension of compounds of biogenic macro- and microelements associated with ultrafine and nanoparticles of solid oxide. When processed, nano-sized structures are formed on plants, ensuring high efficiency of the processes of mineral nutrition, protection and development.

We are carrying out work (as part of the expansion and development of research with the aim of introducing US patent 2459518 [2] into agricultural practice) on the development of environmentally friendly (nano)technology for pre-sowing treatment of seeds of various crops using multicomponent multifunctional biologically active (nano)chips formed on (nano)sorbents based on various porous matrices (natural modified mineral (vermiculite derivative), active carbons and other carbon-containing sorption-intensive materials) and (nano)structured polyfunctional systems using water-soluble synthetic and natural polymers and their derivatives (polysaccharides – physiologically active substance amino (oligo) polysaccharide – chitosan (biopesticide with elicitor activity), cellulose derivatives and other certain ratios and concentrations with the introduction into their composition of various biologically active substances of both natural and synthetic origin.

Pre-sowing treatment of seeds using nanochips with new environmentally friendly multicomponent multifunctional (nano) systems, including modified natural components (derivatives of modified minerals, active carbons, oligo-, poly- and aminosaccharides, oligochitosans and preparations based on them) and other physiologically active substances was carried out on various Albanian wheat varieties Dajti, Progres, LVS, as well as corn Rozafa 609B and Rozafa 685 (US patent 2459518 [2]).

Field experiments were carried out in different soil and climatic zones of Albania: northern, middle and southern:

1 – Tirana (AUT);

2 – Korca;

3 – Kosovo (Peja)) in four repetitions, records and observations of the dynamics of growth, development, productivity were carried out, the

structure of the yield of various crops was studied. The climate in Albania is subtropical Mediterranean temperate. Summer is hot and dry (the average temperature in July is from +24° C to +28° C). Winter is cool and humid (from +14°C in the south to +6°C in the north). At the same time, the temperature regime strongly depends on the altitude of the place above sea level, so in some areas in winter the temperature drops to -12-20°C, and in summer it does not exceed +10°C. Precipitation amounts to 600–800 mm per year, with the maximum occurring in autumn and spring. In mountainous regions, annual precipitation amounts increase from 900–1200 mm, in the eastern regions – to 2000–2600 mm and more on the windward western slopes of the mountains. At altitudes above 1000 meters in mountainous areas, snow cover lasts for several months.

The production of (nano) chips, pre-sowing seed treatment and evaluation of their effectiveness were carried out according to the patent [2]. Conducting laboratory and field experiments, assessing the sowing qualities of seeds, observations, records, analyzes were carried out in accordance with generally accepted international standards, methods, GOSTs and recommendations for research, as well as agricultural rules for cultivating wheat and corn crops, adopted in various soil and climatic regions of Albania and Russia (Methodology for state variety testing of agricultural crops, 1985). The results were processed using ANOVA cluster analysis [3].

Laboratory testing of the sowing qualities of corn and wheat seeds of various varieties was carried out under Phytotron conditions. The energy of germination, laboratory germination of seeds were taken into account, the length of the seedlings (sprout and root), and their wet and dry weight in dynamics were measured (in four repetitions). Statistical processing of experimental data was carried out [4]. Analysis of variance showed that nanotechnology for pre-sowing seed treatment has a significant impact on most of the studied plant characteristics (the length of seedlings, roots and sprouts, their wet and dry masses, resistance to pathogens and pests, as well as on indicators of crop structure and, as a result, yield (Fig. 4.25-4.29).

Based on the results of field tests in Albania, the following was revealed in certain versions of the experiments (with nanoprocessing). The yield of wheat of the Dajti variety was 38.2 – 47.0 c/ha (in the control –

38.0 c/ha), of the Progres variety – 41.5 – 48.5 c/ha (in the control – 40.2 c/ha ha) and LVS varieties -41.8 – 44.2 c/ha (in control – 38.2 c/ha) depending on the composition of physiologically active multicomponent multifunctional (nano) chips (1-3) with elicitor activity for pre-sowing treatment seeds, and the yield of corn, respectively, Rozafa 609B 98.2 – 118.1 c/ha (in control – 94.8 c/ha), and Rozafa 685 125.3 – 136.7 c/ha (in control – 121.0 c/ha). Thus, a clear (strong) positive correlation (0.7) (Fig. 4.29) was revealed between the morphological and biometric characteristics of plants (the length of seedlings (root and sprout), their fresh and dry weight, resistance to pathogens and pests and other indicators crop structure), as well as the yield of different varieties of the studied crops and options for using nanotechnology for pre-sowing seed treatment using (nano) chips (1-3) with elicitor activity of various compositions.

The test results obtained allow us to draw a conclusion about the prospects of the developed (nano) technology for pre-sowing seed treatment and the possibility of preparing 1-2 patent applications for new ongoing research as part of the development of the concept of "pesticide-free agricultural products" being developed.

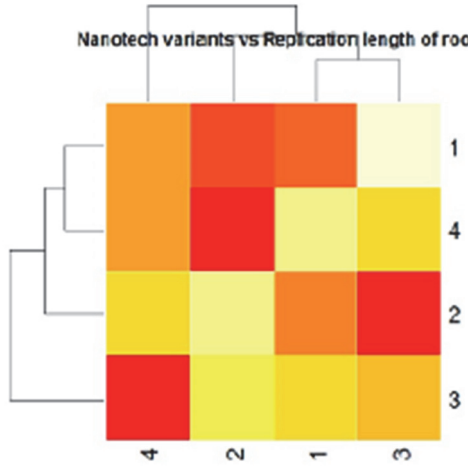


Fig. 4.25. Map of cluster analysis of the influence of nanochip compositions for pre-sowing seed treatment on the length of seedlings

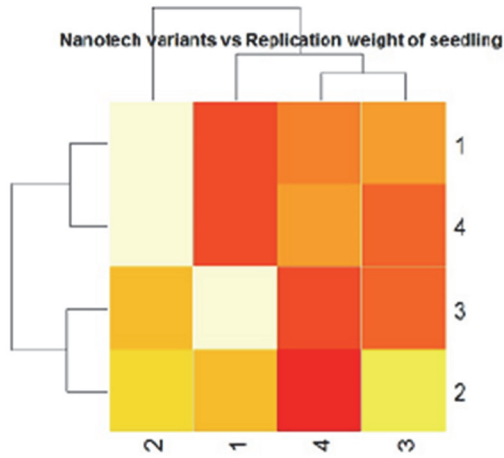


Fig. 4.26. Map of cluster analysis of the influence of nanochip compositions for pre-sowing seed treatment on the mass of seedlings

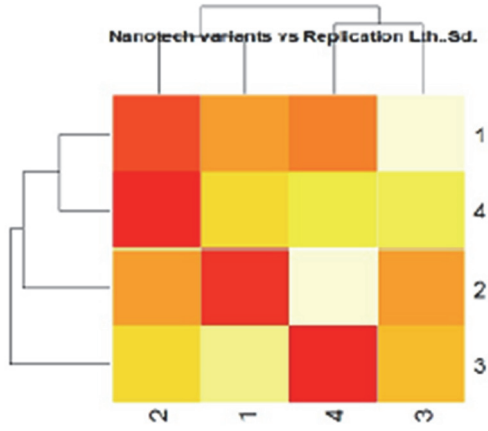
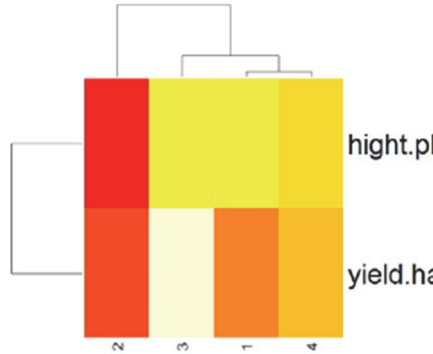
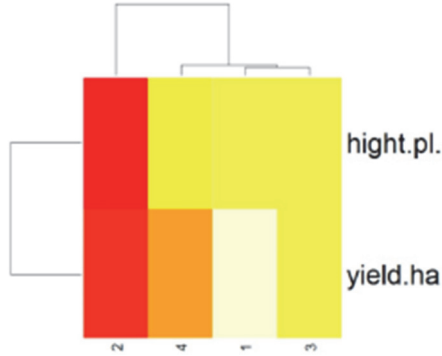


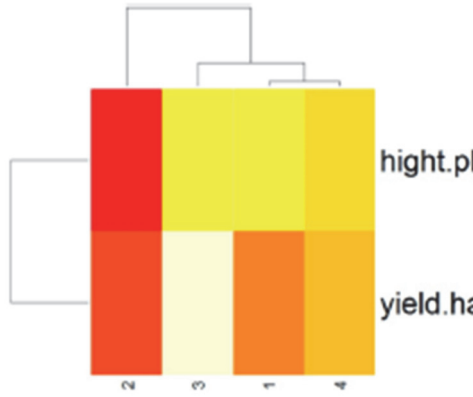
Fig. 4.27. Cluster analysis map of various nanotechnology options for pre-sowing seed treatment



a



b



c

Fig. 4.28. Cluster analysis of experimental data on the effect of different compositions of (nano)chips (1-3) for pre-sowing treatment of seeds of wheat varieties (a-Dajti, b-Progres and c-LVS) on yield

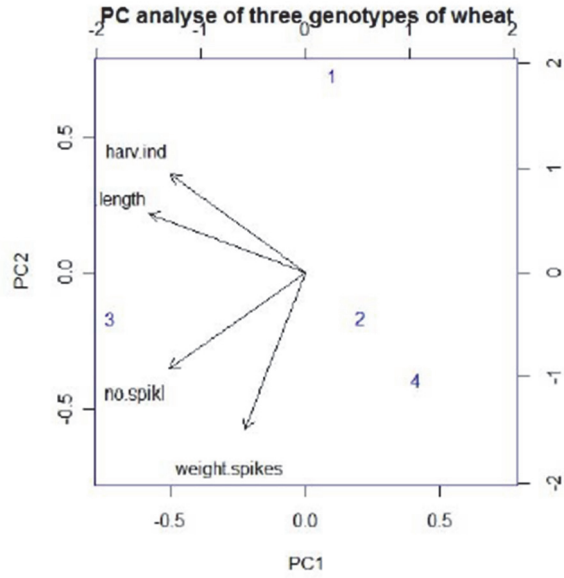


Fig. 4.29. Cluster analysis of experimental data on the influence of various compositions of (nano) chips (1-3) for pre-sowing treatment of seeds of wheat varieties (a-Dajti, b-Progres and c-LVS) on the studied morphological and biometric indicators of plant growth and development.
(In fig 4.29. it is clearly shown three dimensional PCA. In this figure, it is clearly demonstrated the significant impact of variant III with nanotech. In comparison to the other variants.)

Environmental safety of agricultural sector and quality of food supply are both of great international importance. Without soil, we cannot sustain life on earth, and in the case of loss of soil resources, they cannot be recovered during the lifetime of one generation. The current escalation of land degradation threatens the potential of future generations to meet their needs. That is why the adoption of the Global Plan of Action for the sustainable use and soil protection is a huge achievement. But we cannot stop on that point. We need the commitment of countries and the civil society to put these plans into reality. All this requires the political will and investments to save valuable soil resources whichour agroindustrial complexes depend on. The development of agricultural technologies aimed at the rehabilitation of anthropogenically destroyed areas is one way to resolve the situation.

Soil quality is the main aspect in agricultural production; the soil is exposed to great stress as a result of intensive pesticide usage. It is widely known that to remove pesticide, xenobiotic or other toxic substance residual quantity from the soil, various sorbate – detoxicants of natural and unnatural origin [5] his problem becomes even more urgent today, when ecological crisis is deepening, the need in nature conservation technology is also becoming greater . Application of active carbons (AC) as high-quality sorbents , and inactive high-porous matrix carriers of active components is of particular interest for resolving the problems of agro-industrial sector. It is to be noted, that to resolve the problems connected with the environment, more than 10% of activated carbon materials are used, such materials are produced by manufacturers all over the whole world [6]. In Table 4.1, there are internationally important technologies of active carbon application for biosphere "ecologization". Besides, one should mention new threats rising all the time, to deal with which AC is needed.

Owing to their physicochemical properties carbon absorbents (active carbons) are unique and ideal adsorption materials, which allow of resolving various problems connected with chemical and biological safety of humans, environment and infrastructure . Active carbon are high-porous carbon materials with highly developed internal structure (1000-2000 m2\g). This property is the result of high internal porosity, which includes macro-, meso- and micropores. Such porous structure of active carbon (micro- and mesospore size) absorbs all kinds of organic trace contaminants due to its adsorptive capacity (surface interaction processes). Microspores of carbon absorbents have slit-like form and are expressed as their half-width – x. To micropores we refer pores of x<0,6-0,7 nm, and also some bigger pores (0,6-0,7 < x < 1,5-1,6 нм), called supermicropores. Exactly in these pores the admixture absorption takes place due to Van der Waals' forces and their non-specific interactions. It means carbon absorbents are standard nanomaterials. Certain microspore nano-structure formation is a process taking place during active carbon obtainment through application of some specific raw material and certain thermal treatment regimes (drying, carbonization and activation). The macropores and mesopores of active carbons and carbon absorbent act as transport links and influence on process kinetics. Macropores possess an effective radius (ref) of more than 100-200 nm, but their surface makes only 0,5-2,0 m ^{2}\g.

Table 4.1

Technologies of active carbon application for biosphere "ecologization"

Part biosphere	Carbon absorption technology
Atmosphere	Solution recuperation Sanitary end gas purification , including desulfurization Nuclear power plant gas purification system Recovery of transport fuel gas Chemical weapon elimination Solid domestic and sanitary waste elimination Cleaning of the air in living and working space (air conditioning)
Hydrosphere	Drinking water purification Water-borne wastessterilization Liquid radioactive waste treatment Gold nonferrous materials mining
Lithosphere	Soil protection from xenobiotics, including pesticides Soil resuscitation Sanitary control of water sources zones
Human	Individual and collective protection means of filter type/ Chemical pharm., vitamins, antibiotic production Enterosorption and hemosorption Environmentally safe products manufacturing

Mesopores (transitional pores) have efficient radius from 1,5-1,6 to 100-200 nm and their specific surface is 50-100 m ^{2}\g, some certain samples have the surface of 300-400 m ^{2}\g. The parameters of carbon active porous structure are shown in Table 4.2. In various literature sources, for example, one can find vegetation and field test results of active carbon application as efficient means of soil fertility restoration, lost due to soil exhaustion and soil contamination with residual chlorosulfon and other herbicides. By studying kinetics of chlorosulfon extraction from a solution with the help of active carbon, S.I. Shmelev showed that in three days within the etalon experiment 95% of chlorosulfon turned into the absorbed state of AC. In this work active carbon application for tomato and houndsberry protection against metribuzin herbicide and its mixtures with napropamide is studied.

Table 4.2

Porous structure of active carbons

Poretype	***Porevolume sm³ \g***	Poresize, nm	Poresurface, m^2\g
Macropores	0,2-0,6	**Poreradius>100-200**	0,5-2,0
Mesopores (transition pores)	0,1-0,4	Pore radius 1,5-1,6 – 100-200	50-200
Micropores:			
Micropores proper	0.3 – 0.7	slit half-width size < 0,6-0,7	1200 – 1500
Super micropores	0,1 – 0,3	slit half-width size	500- 800
Total pore volume	0,7 – 2,0	0,6-0,7 – 0,5 – 1,6	1800-2000

As raw materials to obtain active carbon one can use coal, peat, timber, shell, various plant residues and other cheap materials.

For resolving environmental problems of the agricultural sector such active carbons have certain advantages, for instance, selectivity of organic toxin absorption, absorption properties universality, high absorptive capacity, hydrophobicity, they are also suitable for preparations (powder, granules), and more than that their price is low (0,8-1,5 $US per kg).

Below there are the results of various vegetation methods application, greenhouse and field tests, these data have been obtained from the study of carbon adsorption and soil detoxication, when the soil was contaminated with various herbicides. In particular, the results of vegetation tests on the podzolic soils near Moscow are shown in Table 4.3 and photo 4.30-432.

Table 4.3

The efficiency of soil fertility restoration, when the soils are contaminated with herbicide residues and modified active carbon (application dose – 100 kg\ha)

Herbicide	*Herbicide residues in soil, g\ha*	*Culture*	*Preserved yield data, culture tests, % the to contaminated level*
Chlorosulfon (CSF)	0,2	cucumber	16-20
		beet	58-63
		garden radish	23-28
Terbisil	1,4	cucumber	23-27
		beet	64-69
		garden radish	30-39
Pikloram	2	cucumber	22-24
Simasin	50	tomato	22-26
Chlorosulfon	0,4	tomato	98-100
	0,4	beet	98-99
	0,4	garden radish	98-100



Photo 4.30.

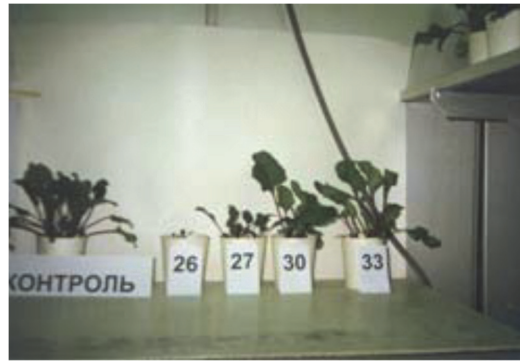


Photo 4.31.



Photo 4.32.



Photo 4.33.

In Table 4.4 the results of field tests in Krasnodar chernozem have been shown. In both cases (according to the data from Tables 4.3; 4.4) the unique effect of herbicide residues "elimination" in various sowing tests is obvious.

Table 4.4

Agricultural crop yield against the background of herbicides and active carbon (AC) application at doses 50 kg\ha

Crop	*Herbicide and dose background, vkg\ha*	*Yield against the background of herbicides, c\ha*	*Yield after AC application*	*Yield increase, c\ha (%)*
Corn (per grain)	Treflan 1,4	53	78	25(47)
Tomatoes	Treflan 1,5	333	652	319(96)
Sugar beet	Treflan 1,5	343	416	73 (21)
Rice	Ronstar 2,0	60	72	12 (20)
Bulb onion	Ramrod 8,5	228	295	67 (29)
Cucumber	Treflan 1,0	85	202	117(138)
Soya	Dialen 9,0	11	24	13(118)
Winter wheat*	Unidentified residues	43	49	6(14)
Corn* (green Mass)	Unidentified residues	342	592	250(73)
Rice	Unidentified residues	63	85	22 (35)

*– active carbon dose 100 kg\ha.

One should especially note that, in the tests with various agricultural crops cultivated (beetroot, garden radish, cucumber, tomato) in the soils which were not contaminated with herbicides, a positive influence of carbon absorbents on the tested crops has been detected.

Table 4.5 shows the influence of various absorbent brands and doses on table beet growth according to the vegetation test conducted All-Russian Research Institute of Phytopathology (Golitsyno c. Moscow region).

Table 4.5

Table beet growth depending on various absorbent brands with the soil contaminated

Contaminating substance dose –HSF, kg\ha	***Plant green mass, in % to the control variant***		
	UMD –1	*UMD –2*	*UMD –3*
Adsorbent norm 0 kg\ha			
0,1	3	9	16
0.2	2	2	6
Adsorbent norm 100 kg\ha			
0,1	12	g 46	g 25
0,2	8	27	16
0	102	105	134
Adsorbent norm 200 kg\ha			
0,1	25	100	34
0,2	21	92	20
0	105	111	201
Adsorbent norm 400 kg\ha			
0,1	40	93	145
0,2	37	101	124
0	107	116	210

***** UMD –1 – powder form (active carbon + natural clinoptilolite), UMD –2 – powder form (active carbon + synthetic zeolite, UMD –3- grained form (active carbon + natural clinoptilolite); in all the absorbent compositions the masses are the same.

Test crops mass increase by 10-15 % along with active carbon dose increase from 100 to 400 kg\ha can probably be explained by certain endogenous phytotoxins, typical for this crop, accumulating in the soil during the natural process of soil exhaustion and then connecting to the absorbent.

The results of comparative research works conducted on the range of agricultural crops being cultivated in the soils contaminated with herbicides like treflan (1 kg \ ha) and 2,4 D (2,4- dichlorophenoxyacetic

acid) (5-10 kg\ha), in accordance with the conventional cultivating technology using carbon adsorbents, have shown that introducing the absorbent into the contaminated soils in the amount up to 100 kg \ ha (in case with barley crop this amount was up to 200 kg \ ha) can allow of reducing (or sometimes even prevent) herbicide accumulation in plant and vegetable products (Table 4.6).

Table 4.6

Herbicide content in agricultural products

Herbicide and its dose, kg\ha	*Active carbon dose, kg \ ha*	*Test – crop*	*Herbicide content in products, mkg \ kg*
Treflan – 1	-	Tomatoes	28
Treflan – 1	100	Tomatoes	0.6
Treflan – 1	-	Carrot	95
Treflan – 1	100	Carrot	Not detected
2.4 – D – 5	-	Barley	220
2.4 – D – 5	200	Barley	Not detected
2.4 – D – U	-	Barley	670
2.4 – D – U	200	Barley	Not detected

The same results have been obtained from corn cultivation in the soils contaminated with herbicide atrazin (Table 4.7).

Thus, the application of active carbon for soil detoxication by fixation herbicide residues have two main aspects: yield increase in contaminated soils by 20-80% and an opportunity to obtain yields brought up to the “dietary” mark.

Table 4.7

Atrazin accumulation in corn

Active carbon dose, kg\ha	***ATRAZINCONTENT, MKG \ KG***					
	In green mass to ensilage at doses of atrazin, kg\ha			*In grain forms at doses of atrazine, kg \ha*		
	8	16	32	8	16	32
0	2	5	13	7	11	29
50	Not detected	Not detected	1	Not detected	1	2
100	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected

Both effects are conditional on pesticide absorption in the soils containing active carbon, that means fixating pesticides within the

structure of active carbon, thus making them unable to penetrate plants and their root system, it also prevents them from further spreading in the soil. Thus, the negative effect of these toxins on crop yield is being reduced.

Besides, it has been noted that the xenobiotics absorbed by active carbons are also unavailable for destructive soil microorganisms, and also only after desorption of this type of contaminating substances into the aqueous phase, they start being influenced by microflora. However, this process is quite energetically costly (timeconsuming also), that it will take the soil 3-4 years for natural purification. One should note that active carbon by itself does not affect plant life and soil biota activity. The safety of these components is proved by the fact that they are used as efficient absorbents of various toxins of exo – and endogenous origin in medicine and veterinary for human and animal treatment without any restrictions (Table 4.8).

Table 4.8

Herbicide detoxication and crop development levels when using active carbon at doses 100 kg\ha

Crop, herbicide and the dose g\ha	*Herbicide content decrease in soil, %*	*Green mass increase, %*
Garden radish, Chlorsulfuron, 0,2	40-45	23-28
Cucumber, Picloram, 2	33-37	22-24
Tomato, Simazin, 50	34-40	22-26

These data are also supported by the results, obtained in Krasnodar All-Russian research institute of biological plant protection by Belousov V. C. and Shmelev V.I. who studied chlorsulfuron extraction kinetics with the help of active carbon CKT (Fig. 4.34). Thus, the mechanism of herbicide fixation consists in herbicide absorption by active carbons. As it is obvious from the kinetic curve (Fig. 4.34), within tree days chlorsulforon almost disappears from aqueous phase and becomes and absorbed substance.

Studying the method of biological degradation of benzotiazole in the soil, which is formed as a result of tyre rubber interacting with asphalt roads, benzotiazole is a very strong carcinogen, these authors used 76 bacteria varieties from microbe bank of Moldova, two of them decomposed the xenobiotic successfully. In the soil there are 10 times more bacteria and fungi than in any research bank, so it means there is always a destructor of this or that pesticide. In case of specific strain-

destructors, introduced on active carbons, carbon pores protect them in the aggressive natural soil bio flora, allowing them to grow and breed, feeding on pesticide, absorbed from the soil. In this case, purification increasing effect exhibits a synergistic behavior.

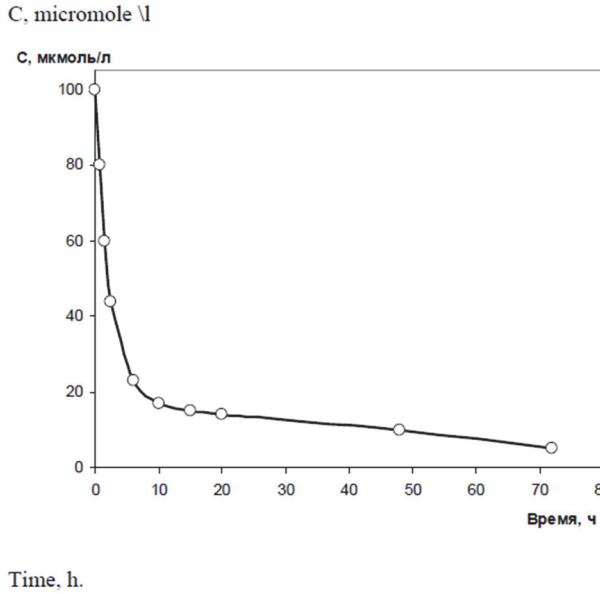


Fig. 4.34. Kinetic curve of chlorsulfuron absorption from aqueous solution by active carbon of CKT brand

Besides, the destruction of pesticides on the surface of active carbons, may, probably, take place, due to the oxidation, where oxygencontaining groups take their part, to the catalysis in certain active points, physicochemical influence of absorption potential of micropores and the other mechanisms. The efficiency of active carbons application in agricultural technologies is defined not only by its type (raw material type, absorbing pore size, transport and absorbing pore correlation), but also by application methods (grains and suspension, overall application, application in patches or in certain areas of seed sowing, embedding depth and other factors).

The newest approach in this area is a sorption-biological soil remediation,developed by “Neorganika” company together with Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science this approach

is connected with soil cleaning method, based on using small doses of absorbent (1-5% of soil mass), which is put into the soil together with specifically grown microbe strains – pesticide destructors. On the figure 4.35, for instance, the results of propanid pesticide destruction tests are shown, where the pesticide got in the soil as a result of the car accident with a truck-mounted tanker having taken place in Krasnodar region. This method, apparently, can be adapted to soil cleaning, where the soil are contaminated with various organic chemicals, petrochemical and other poisonous products. With the average rate of active carbon application, the active carbon brand AG 25-100 kg\ha, the expected economic growth, caused by various crop yield increase, can be amounted to 550-1800 US$ from one hectare. Thus, only on Moscow soils (including flood and greenhouse lands) are estimated at 70 US$.

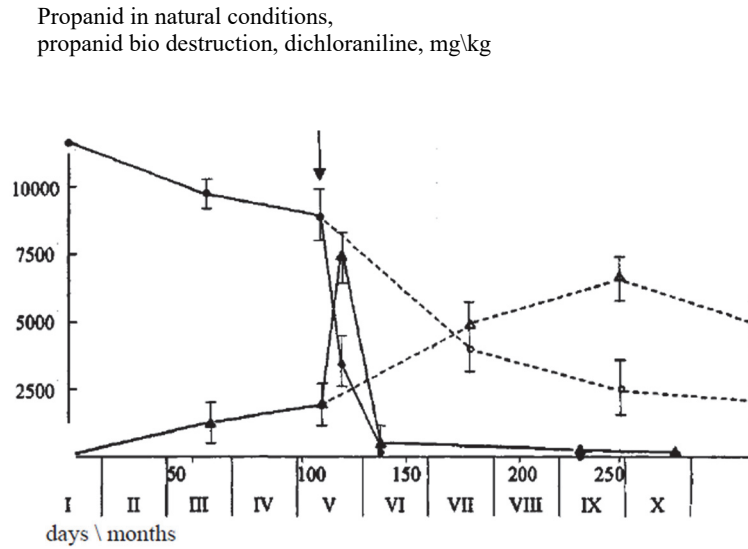


Fig. 4.35. The dynamics of propanid concentration changes (1 and 2) and DCHA (3 and 4) in the soil on the site of the accident.(Solid line – observed, dashed line – the soil without treatment, the arrow shows the beginning of the works aimed at accident consequences elimination by adding active carbons (50 kg\ha) and MFDD (microorganisms for dichloraniline destruction) (105 cells\ g) into the soil)

Some certain soil detoxication aspect is connected to defoliant-substance application, causing leaf exfoliation. These substances, used during cotton harvest, were used by US army in Vietnam to destroy tree

leaves to find out the enemy dislocation. In nature these substances transform into dioxins – extra poisonous substances for humans.

The preliminary experiments, conducted by All-Russian Research Institute of phytopathology, have shown that adding active carbons to the soil, contaminated with such xenobiotics, leads to these absorbents extraction from the soil and fixating them in the porous structure. As a result, the negative influence of xenobiotics on the lithosphere and hydrosphere is reduced.

The research works conducted nowadays are aimed at active carbon obtainment from various agricultural crop residues (straw of oil and grain crops) and their further application as a promising annually renewable source for sorbate development and, thus, for, agricultural soils improvement.

To define the properties of the active carbons obtained during the research works, we used State Standards and methods, along with the surface area and solid material porosity analysis device ASAP 2020.

The sorbates obtained by rape, barley , wheat and straw processing into active carbons according to the method (product yield amounts from 8,4–16,0%) have total pore volume from 3,53 cm 3\g to 4,14 cm 3\g, ultimate sorptive volume from 0,28 to 0,73 cm 3\g, micropore sizes of 0,6–1,0 nm, sorptive power according to iodine from 39,0% to 43,0%, according to methylene blue – from 37,0 mg/g to 87,0 mg\g, which allows of using them for soil detoxication from pesticide residues, because they meet the requirements, especially set to sorbates for “soil” improvement. Agricultural sorbates have to hold on pesticide molecules and their destruction products. Besides, transport porosity of agricultural sorbates should be well developed to provide the necessary absorption speed.

The researches that we conducted, taking sunflower crop as the example, according to the method have shown the rapid decrease of metsulfuron-methyl herbicide phytotoxic activity (Singer S.P.) from 73,2% to 4,9% when using agro sorbates based on active carbons from rape, barley and wheat crops, during the sowing period (this index of carbons Swiss Norit company, Grosafe brand, as the result of using active carbons, amounted to 12,2%, and AC from antriatsit – 51,2%). The average mass of the sunflower plants cultivated (in vegetation tests) changed from 1,1 g, when herbicide Singer had been put into the soil, to 3,9 g, when the active carbons, made of wheat and barley straw, had been put into the soil together with the herbicide (in the control variant this index amounts to 4,3 g (photo 4.36), which proofs of a quite high

detoxication activity of the sorbates, obtained from plant residues of grain crops.



Photo 4.36. K – control, 1 – Zinger, SP, 2 – AC from barley straw, 3 – AC of wheat straw, 4 – AC of rape straw, 5 – AC of antriatsit, 6 – AC of Grosafe brand (Switzerland)

Conducting researchworks on detoxification of soil with the sorbents of diverse nature, including active carbons obtained by processing the straw of different crops (brassica oilseeds, cereals and others) before sowing breeding samples of different cultures to optimize the selection process is currently very accute approach because the rest residual amounts of pesticides (herbicides, insecticide, fungicide, bactericide, and other plant protection chemicals) in the soil have an inhibitory effect on the productivity of many species of plants, thereby they significantly distort the results. In breeding practice there has always existed the problem of increasing the objectivity of the field evaluation of selection samples (lines, accessions) by leveling diversity of soil fertility. Therefore, a comprehensive approach to the preparation of soil and seeds for sowing, and that forms the basis of the research data on the leveling of the harmful effects of various toxicants in the process of breeding.

Taking into the consideration that the active carbons have no adverse effects on plant life and activity of soil biota, as evidenced by numerous studies, and the fact that many preparations containing such carbons are used as sorbentsin medical and veterinary practice for the treatment of humans and animals, effectively linking various toxins of exogenous and endogenous origin, the research works were conducted to study the effect ofcarbon – adsorbtion detoxification of soil on growth, development of rape plants in the process of selection. For this, two approacheswere used:

the first is to introduce active carbons and similar carbon adsorbents into the soil in certain dosestogether with the seeds (if sowing) using agricultural machinery,followed by their introductioninto the predetermined depth, as described above in the cultivation of various crops; and the second isto apply them to the seed surface consisting of (nano) chips for the treatment of. The selection of specific ways of introducing these materials into the soil within this method is carried out taking into account the toxicological indicators of soil and agro-climatic features of the studied areas.

The increase in weight and length of rape sprouts in field trials in the initial period of development of the different varieties of this crop 11,0-19,0%, contributing to the increase of yield up to 10,8%, was due to, probably, the bondage of carbonaceous adsorbents of "some" endogenous stufftypical only to the given culture of phytotoxicants accumulating in soils under natural soil exhaustion , and fixing the residual amounts of herbicides, pesticides and other xenobiotics especially. dangerous, allowing, in the end, to slightly "smooth" the diversity of soil fertility and getting in the future environmentally friendly or safe products (6-8).

Scientists have found that the cheapest and most environmentally friendly herbicide delivery systems are capsules made from biochar, silica and clay minerals. The authors came to this conclusion after studying articles devoted to innovative methods of weed control. At the same time, silica is also convenient because the rate of release of the herbicide from it can be adjusted within the range from several hours to a month. Such systems will prevent the penetration of agrochemicals into groundwater and surface water bodies, as well as increase the effectiveness of the drug in controlling weeds to protect grain crops.

In agriculture, herbicides are widely used to control weeds, many of which contain 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). This compound is included in more than 1,500 different drugs. It is especially valued for its effectiveness and selective action, since it suppresses the growth of weeds such as shepherd's purse, thistle, grasshopper, quinoa and others, without harming most types of agricultural grasses. This makes 2,4-D ideal for crop protection and lawn care.

However, the use of 2,4-D herbicide in concentrations necessary for effective weed control results in its release into groundwater and surface water bodies. This, in turn, can worsen the condition of algae, fish and other inhabitants of aquatic ecosystems. Moreover, traditional spraying of crops with the drug leads to its uneven distribution, which is why the

treatment has to be repeated. Therefore, to improve the safety and effectiveness of 2,4-D, scientists are developing new ways to use it.

Researchers from the Southern Federal University (Rostov-on-Don) compared the methods of targeted delivery and controlled release of the drug 2,4-D described in the literature. Such capsule materials are offered because they firmly hold the herbicide, but after the drug is introduced into the soil – when the temperature and acidity of the environment change – it is gradually released. Delivery systems like these are convenient because they release 2,4-D in the topsoil – near the roots of weeds – ensuring that virtually all of the herbicide reaches its intended purpose, doesn't seep into the groundwater, and isn't wasted.

The analysis showed that biochar-based capsules release up to 80% of the herbicide within 8 days, while 75% less enters the groundwater of the drug than with standard spraying. However, with such use, the rate of release of the drug cannot be controlled.

Silica-based capsules, on the contrary, are very convenient for controlling the intake of herbicide into the soil. So, by changing their porosity and charge on the surface of molecules, it is possible to achieve that 80% of the substance will get into the soil in a time from several hours to a month.

"When choosing a delivery system, you need to take into account the time it takes for the drug to penetrate the soil. So, ideally, most of the herbicide should be released in the first few hours to have a pronounced effect on the weeds. This is important, since low doses of the herbicide can lead to the appearance of weeds resistant to this drug. Further, the residue of the substance should slowly enter the soil for a longer time in approximately the same concentration," says Vera Butova, a participant in the project supported by a grant from the Russian Science Foundation, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, an employee of the International Research Center "Intellectual Materials" of SFedU.

In order to use clay minerals as carriers, surfactants must first be applied to their surface, which allow the herbicide to be retained and released in a controlled manner. With the help of such modifications, scientists managed to achieve that up to 64% of the active ingredient was released from the capsules in a week.

Studies conducted with polymer carriers for 2,4-D have shown that this method of delivery increases the effectiveness of the herbicide by 1.5 times due to the fact that the substance is not "dispersed" in the soil. This will allow the preparation to be used in lower concentrations and thereby reduce its impact on the environment. However, this approach is

significantly more expensive than biochar, silica and minerals. In addition, it remains unclear whether delivery polymers will harm soil ecosystems.

According to experiments, hydrogel capsules evenly release 79-95% of the herbicide over 10 days, while their effectiveness turns out to be comparable in some cases, and in others even greater (depending on the composition of the hydrogel) than that of a pure herbicide. Another advantage of hydrogel capsules is ease of storage and delivery. "In general, all the delivery systems we have considered are promising and can be used in agriculture. They improve weed control efficiency, reduce environmental impact, save costs, and improve user safety. As these technologies continue to evolve, they promise to play an increasingly important role in sustainable agricultural practices," concludes Vera Butova.

References:

- Фиговский О. Л. Что ещё ждать от нанотехнологий! // Инженерный вестник Дона, 2011.
- Ruban I. N, Voropaeva N. L., Figovsky O. L. et.al. / Biologically active multifunctional nanochips and method application thereof for production of highquality seed// Patent US 2459518. – USA. – 2012.
- Lithgow, Gordon J., and Glenda A. Walker. "Stress resistance as a determinate of *C. elegans* lifespan." *Mechanisms of ageing and development* 123.7 (2002): 765-771.
- Blerina Kolgjini UGent, Stijn Rambour UGent, Gustaaf Schoukens UGent and Paul Kiekens UGent/The effect of annealing temperature on the monofilaments behaviour for artificial turf applications//Konferenca V ndërkombëtare et tekstilit (abstraktet) = 5th International textile conference (abstracts). pp.27-28.
- A. Krauze. Uszkodzenia nerbicydowe roslin uprawnych /A. Krauze // Ochr.Rosl. – 1986. – T. 30. – N 11/12. -S. 14-16.
- V. M. Muhin, V. N. Klushin. Production and application of carbon absorbents.-M.: RchTU of Mendeleev D. I. -2012. – 308 pages.
- J. Masiunas. Weed control in vtne crops: can weeds be controlled /J. Masiunas, R. Lindstrom // Horticulture ser. – 1988. – T. 72. – P. 101-103.
- Figovsky Oleg & Beilin Dmitry. Green Nanotechnology. Pan Stanford Publishing Pte, Ltd/ 2017. 538 pages.
- Polyakov Victor, Voropaeva Nadezda, Figovsky Oleg. Sorption activity of “Taunit”-Series Carbon Nanomaterials. International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, vol.74, pp 1-8, 2017.

** Co-author: prof. N.L. Voropaeva*

4.8. Experience in obtaining foamed non-isocyanate polyurethanes*

Polyurethanes currently dominate the global thermal insulation foam market. The main disadvantage of these foams is the use of toxic di- and polyisocyanates.

Active research is underway to develop foamed polyurethane foams based on NRPU. Weak elaboration of the issue is due to the following factors. Firstly, the impossibility of isolating the blowing agent in the reaction of forming NRPU, in contrast to the classical reaction of obtaining polyurethanes, where the release of CO_2, which forms the foam, occurs directly during the formation of the polymer due to the hydrolysis of the isocyanate group. Secondly, only recently there has been a trend towards state regulation in the field of polyurethanes in order to replace unsafe isocyanates.

The first mention of the possibility of forming foam based on NRPU refers to the US patent **2014/0191156A1** [1]. The patent describes the creation of a new cyclic carbonate monomer that can be used as a reactive intermediate for the production of various polymers. The basis for cyclic carbonates in the invention is divinylareneoxides, which are proposed to be converted into the corresponding carbonates at a temperature of about 100℃ under a CO_2 pressure of about 5 atm, using TBAB as a catalyst. Directly foamed NRPU is proposed to be formed by the reaction of carbonates with the TETA hardener, using cyclohexane as a foaming agent, and surfactant as a foam stabilizer. However, none of the properties of the resulting foam in the patent is not disclosed.

A method for forming a non-isocyanate composition for spraying, as well as a device for implementing the process and formulations for forming a non-isocyanate foam are presented in US patent **2015/0024138A1** [2]. The spray mixture consists of two components fed into a heated mixer. Chemically, this patent is based on the reaction of high epoxy number dianic epoxides and a hydroxyurethane intermediate. It is essentially a reaction between an epoxy and an amine-type urethane hardener. This, of course, contradicts the general approach to the reaction of cyclocarbonate and amine, but given that epoxides react with amines better than carbonates, this approach is justified. The patent implies the use of fluorine-containing freon as a blowing agent. The foam obtained according to the invention is not inferior in density characteristics (25-40 kg/m3) and rigidity (0.2-0.4 MPa). However, the heat-conducting properties remain rather low: 0.4-0.7 W/(m^2*K).

For the first time in scientific publications, foamed NPCs were obtained from poly(propylene oxide) bis-carbonate and trimethylol propane tricarbonate and two amines. Equivalent amounts of blowing agent (MH 15) were used for foaming. An outgassing reaction proceeded between the amine groups of the hardener and the SiH groups of MH15 by releasing molecular hydrogen. The synthesized foams are elastic foams with high density, and their structure and thermal properties depend on the degree of crosslinking provided by the difference in the functionality of the cyclic carbonate and the structure of the amine [1].

The technology using supercritical CO_2 was also applied to obtain foamed NRPU. To this end, cyclocarbonates based on polyethylene glycol diglycidyl ether and epoxidized soybean oil (ESBO) were obtained by CO_2 cycloaddition using a two-component organocatalyst consisting of salt and fluorinated alcohol. NIPU was obtained by stepwise melt polymerization with a biologically derived amine-active oligoamide.

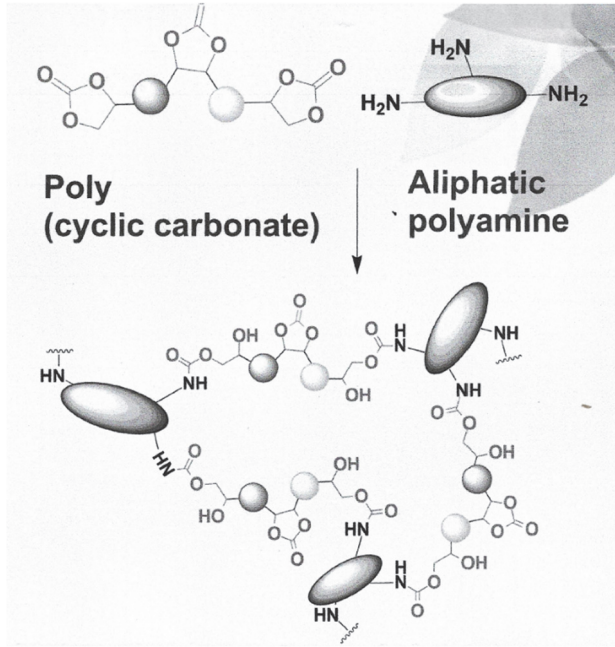


Fig. 4.37. The polymerization process

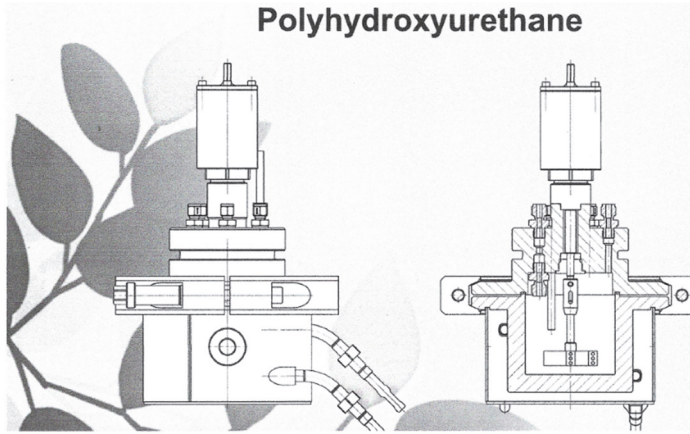


Fig. 4.38. An example of a reactor

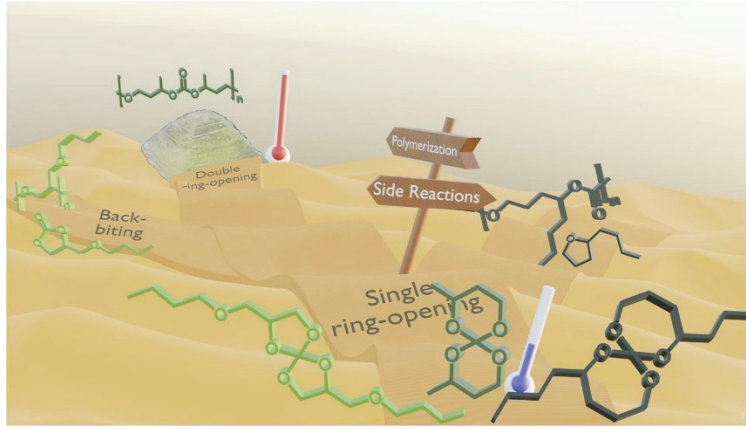


Fig. 4.39. The polymerization "map"

Finally, NIPU foams with fine pores (1–20 μm), low density ($d \approx 110$ kgm^3), and rather low thermal conductivity ($\lambda = 50$ MW m^{-1} K) were obtained by a two-stage periodic foaming method. The method consists of impregnation of NIPU samples with carbon dioxide under supercritical conditions before their expansion at a temperature of 80°C [4].

In the same year, a versatile process was introduced to make 100% plant-derived NIPU flexible foams made by curing mixtures of

trimethylolpropane-based cyclic carbonates (TMPGC/EO-TMPGC) with HMDA. Freon (Solkan 365/227) was used as an environmentally friendly blowing agent. Blending the flexible EO-TMPGC with the rigid TMPGC significantly improved the handling of the NIPU foam and allowed full control over the properties of the NIPU foam. With an increase in the content of EO-TMPGC, the viscosity of the carbonate mixture decreased, which was accompanied by a decrease in the glass transition temperature of NIPU. Thus, it is possible to obtain flexible bio-based NIPU foams for car seats using carbonate mixtures with a composition of 60 wt. % TMPGC and 40 wt. %EO-TMPGC. The presented NIPU flexible foam showed a low density of 83 kg/m^3 [5].

Flexible NIPU foams have a very good hysteresis value of 13.3% combined with a hardness of 3.0 kPa. Unlike modern NIPU blowing agents and silicon-based chemical blowing agents, fluorocarbons are not incorporated into the polymer structure, do not require high pressure, and do not release flammable hydrogen. Since the properties of NIPC are determined solely by the composition of the mixture of carbonates, mixing different carbonates eliminates the need to include less reactive long chain diamines such as Priamine 1047 or Jeffamine, which can cause side reactions due to longer reaction times.

Partially self-inflating and self-curing bio-based polyurethane foam from glucose-based non-isocyanate starting materials (g-NIPU) was obtained by the reaction of glucose with dimethyl carbonate and hexamethylenediamine [6]. In this work, g-NIPU-based self-inflating foam was prepared at room temperature using maleic acid as an initiator and glutaraldehyde as a cross-linking agent. The resulting self-inflating rigid foams have good resilience, which is directly proportional to the density of the foam. Increasing the amount of glutaraldehyde or decreasing the amount of maleic acid thickens the cell walls and increases the density of the foam.

Another example of an environmentally friendly solution leading to materials entirely from natural raw materials is the production of NIPU from lignin using biomass as a precursor for cyclocarbonates and for hardener. For the first time, a unique non-toxic cyclocarbonation scheme was used. NIPU have been obtained with properties comparable to those of classical cyanate polyurethane. The simplicity and safety of the presented technique open up the possibility of a wide application of lignin chemistry. The disadvantages of the method include the need to use hydrosilanes for foaming and the overall high density of the resulting foam [7].

In another work, a cascade reaction was carried out to obtain self-foaming non-isocyanate polythiourethane foams [8]. Dithiocarbonate ring opening results in in situ formation of a thiol capable of reacting with conventional cyclic carbonate to release CO_2, which is an interesting alternative to commercial polyurethane foams. The method uses previous developments of the Pearson reaction, but without the direct use of thiols. The use of a dithiocarbonate with a higher reactivity than the cyclic carbonate made it possible to obtain a porous material at a moderate temperature (50°C). The necessary parameters were determined to obtain foam with optimal performance: Catalyst, 90 °C and DTC ratio are critical to obtain a well-foamed HRPU. Foam properties can be adjusted with various additives. The use of surfactants results in a microporous material with a predominantly closed cell structure. Large cell foam formation is provided by additives using Pickering stabilization. The thermal stability of the material was improved with the help of flame retardant additives. The prospect of the method lies in the use of a mixture of carbon dioxide and carbon disulfide to obtain cyclocarbonate and thiocyclocarbonate, which avoids the stage of their mixing.

Despite the published promising results with NIPU foams, the development of exothermic endogenous self-purging approaches that can compete with the versatility and simplicity of isocyanate-based formulations is critical. High temperatures or an external blowing agent are needed to stimulate the foaming of HRH foams.

The first industrial production of NIPU was founded by "Nanotech Industries, Inc." (USA, California) [9-10]. For the development and development of industrial production of non-isocyanate polyurethanes and hybrid materials based on them, the company received the Presidential Green Chemistry Challenge Award in 2015. The award-winning work was carried out under the direction of Professor Oleg Figovsky, then director of science and development at Polymate Ltd. In the same place, for the first time, an industrial technology was created for obtaining coatings, monolithic floors and foamed polyurethanes that do not contain toxic and carcinogenic isocyanates at all stages of the technological process.

In the process of developing "green technology", Polymate Ltd. has developed several cutting-edge technologies protected by more than 10 US, European and Canadian patents. Non-isocyanate polyurethanes are obtained by the reaction of oligomeric cyclocarbonates, including those based on vegetable oils and oligomeric primary amines. Such polyurethanes have high strength, impact and wear resistance, as well as hydrolytic stability. The subject of environmentally friendly industrial

nanotechnologies is the main research topic of the Polymate International Nanotechnology Research Center (Israel), which has created more than ten such technologies protected by US patents.

A new UV curable composition was presented by an American developer, Hybrid Coating Technologies [11]. It is the first commercial company to produce polyurethane coatings and paint products from renewable sources under the brand name Green Polyurethane™. Isocyanate-free foam development is still under research, while NIPU-modified hybrid coatings and acrylic polymers are commercially successful.

According to Hybrid Coating Technologies, polyurethane flooring is UV cured in one hour rather than the standard seven days. Thanks to this development, the company's technology was mentioned by the Environmental Protection Agency as an alternative to toxic polyurethanes. The plans of the Agency include in the near future to introduce a ban on the use of isocyanates, which have a negative impact on human health.

Polyurethane also remains a staple in coatings, sealants, adhesives, elastomers, foams, textiles, automotive, the marine industry and even the biomedical industry. The production of a large number of products based on polyurethane with different properties is associated with a wide range of starting components.

Obtaining NIPU by the interaction of amines with cyclic carbonates with the formation of a urethane group remains the preferred method of manufacture. However, advances in the synthesis of cyclic carbonates by chemically incorporating CO2 into epoxy resins have led to a new round of research in replacing traditional polyurethanes with non-toxic alternatives. Trends in the use of plant precursors for the production of polyurethanes allow the production of "green" products. The development of water-based NIPUs for various applications is also of increasing interest, as the method allows for more environmentally friendly processes and expands the scope of NIPUs. At the same time, the market demand for sustainable plastics production is growing.

CARBONIZATION OF EPOXY RESINS; PREPARATION OF CYCLOCARBONATES FOR SYNTHESIS

The process of carbonization of epoxy resins conducted in laboratory conditions in a sealed reactor at temperatures of 80-150°C (depending on the type of epoxy resin) under a pressure of 8-10 MPa of carbon dioxide, in the presence of 0.5-1.2% catalyst- tetra-butyl-ammonium bromide (Table 4.9). Control of the carbonation process was

carried out by titration of the residual amount of the epoxy groups according to ASTM D 1652-90 and by infrared spectroscopy (spectrometer NICOLET 380 FT /IR).

The conversion of epoxy groups was 98-99.5%.

Table 4.9

Properties of epoxy resins used for preparing cyclocarbonates

Epoxy resins	*Supplier*	*Description*	*Epoxy equivalent*	*Functionality*	*Viscosity, cp*
DER-331	Dow Chemical Company, USA	DGEBA	182-192	2	11,000 14,000 at 77°F (25°C)
DEN-431		Novolac, n=0.7	172-179	2.8	1,100-1,700 at 125°F (52°C)
DEN 438		Novolac, n=1.6	176-181	3.8	22,500-50,000 at 125°F (52°C)
DER - 737		Cyclohexane dimethanol DGE	165-185	2	60-90 at 77°F (25°C)
DER-738		Neopentyl glycol DGE	150-160	2	15-25 at 77°F (25°C)
DER-734		1,6-Hexane diol DGE	140-161	2	15-25 at 77°F (25°C)
DER-732P		Polypropylene glycol DGE	313-345	2	40-90 at 77°F (25°C)
Heloxy 48	HEXION Specialty Chemicals, USA	Trimethylol propane TriGE	140-150	3	120-180 at 77°F (25°C)

SYNTHESIS OF NONISOCYANATE POLYURETHANES (NIPU) AND THE STUDY OF THEIR PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Plan of experiments selected 3 areas of research:

1. Synthesis of NIPU based aliphatic cyclocarbonate with different functionalities, cured with polyamines in stoichiometric ratios, and study the properties of the materials obtained.

2. Synthesis of NIPU based aromatic cyclocarbonates with different functionalities, cured with polyamines in stoichiometric ratios and study the properties of the materials obtained.

3. Synthesis of NIPU based on a mixture of aliphatic and aromatic cyclocarbonates in ratios of 30:70, 40:60, 50:50, cured with polyamines and study the properties of the materials.

Experiments were carried out without the use of organic solvents. Solid cyclocarbonate have been previously melted at temperatures of 100-140°C, and then cured at temperatures of 80-110°C for 8-18 hours.

These materials have been tested in accordance with US standards:

- Viscosity (Brookfield RVDV II, Spindle 29 100 rpm) at 77°F (25°C)..... ASTM D2196
- Tensile strength at break.. ASTM D638-10
- Tensile Elongation at break. ASTM D638
- Hardness (Shore D).... · ASTM D2240
- Abrasion resistance (TABER, wheel CS-17, 1000g),. loss of mass mg/1000 cycles ASTM D4060
- Adhesion..... ASTM D3359
- Weight gain at immersion in water ASTM D570
- •Weight gain at immersion in 10% Sulfuric acid
- Weight gain at immersion in 10% Sodium hydroxide

Properties of synthesized cyclocarbonates are shown in Table 4.10.

Compositions containing aliphatic trifunctional cyclocarbonates (Cycloate-A, CCHeloxy-48) were cured by different polyamines at various stoichiometric ratios at room temperature 24 hours, and then at 80°C for 18 hours (Table 4.11).

Table 4.10

Properties of cyclocarbonates synthesized in a laboratory reactor in Polymate Ltd

Cyclocarbonates of epoxy resins	*CC-Equivalent*	*Functionality*	*CC %*	*Epoxy %*	*Viscosity at 77°F (25°C), cP*
CC DER-331	238	2	36.6	0.4	Solid
CC DEN-431	230	2.8	37.5	1.3	Solid
CC DEN 438	225	3.8	38.6	0.3	Solid
Cycloate-A	380	3	23	0.5	3000-5000
CC DER -737	215	2	40	0.2	520
CC DER-738	197	2	44	0.6	500
CC DER-734	200	2	43	0.7	580
CC DER-732P	370	2	22.5	0.3	500
CC Heloxy 48	195	3	45	0.5	3000-4000 (50°C)

Synthesis of NIPU based on aliphatic cyclocarbonates.

Table 4.11

Properties of NIPU, synthesized on base of aliphatic cyclocarbonates

No. sample	*CC-oligomer*	*Amine*	*Tensile strength MPa %*	*Elongation*	*Hardness Shore A*	*Weight gain at immersion in water (24 h 25°C)%*
953	Cycloate-A	MXDA	0.9	131	soft	16
463	Cycloate-A	IPD	0.1	>900	Sticky	>60
6947	Cycloate-A	TCD	0.2	100	30	47
635	CC Heloxy 48	MXDA	rigid	brittle	60	25
693	CC Heloxy 48	IPD	rigid	brittle	69	39
947	CC Heloxy 48	MPMDA	47	3.3	58	38

These experimental results show the possibility of curing of aliphatic cyclocarbonates by primary amines, to receive a wide range of chemical and mechanical properties.

Wherein it is possible to obtain materials with high elasticity (experiments with Cycloate-A), and the hard brittle polymers. However, chemical resistance of NIPU materials based on aliphatic is very low. This is due to the low chemical resistance of aliphatic oligomers themselves, and to the presence of hydroxy-urethanes formed in the reaction.

Compositions based on aromatic cyclocarbonates (CC DER 331, CC DEN-431, CC DEN-438) were cured by polyamines in stoichiometric ratios at room temperature for 24 hours and then at 80°C.

References:

1. Marks M.J. et al. Cyclic carbonate monomers and polymers prepared therefrom: pat. US 2014/0191156A1 USA. United States, 2014.

2. Figovsky O. et al. Method for forming asprayable nonisocyanate polymer foam composition: pat. US 2015/0024138A1 USA. Israel, 2015.

3. Cornille A. et al. A new way of creating cellular polyurethane materials: NIPU foams // Eur. Polym. J. 2015. Vol. 66. P. 129–138.

4. Grignard B. et al. CO2-blown microcellular non-isocyanate polyurethane (NIPU) foams: from bio- and CO2-sourced monomers to potentially thermal insulating materials // Green Chem. The Royal Society of Chemistry, 2016. Vol. 18. № 7. P. 2206–2215.

5. Blattmann H., Lauth M., Mülhaupt R. Flexible and Bio-Based Nonisocyanate Polyurethane (NIPU) Foams // Macromol. Mater. Eng. 2016. Vol. 301. № 8. P. 944–952.

6. Xi X. et al. Preparation and Evaluation of Glucose Based Non-Isocyanate Polyurethane Self-Blowing Rigid Foams // Polymers (Basel). 2019. Vol. 11. № 11.

7. Sternberg J., Pilla S. Materials for the biorefinery: high bio-content{,} shape memory Kraft lignin-derived non-isocyanate polyurethane foams using a non-toxic protocol // Green Chem. The Royal Society of Chemistry, 2020. Vol. 22. № 20. P. 6922–6935.

8. Coste G., Negrell C., Caillol S. Cascade (Dithio)carbonate Ring Opening Reactions for Self-Blowing Polyhydroxythiourethane Foams // Macromol. Rapid Commun. 2022. Vol. 43. № 13. P. 2100833.

9. Professor Oleg Lvovich Figovsky: An outstanding inventor. Nanotechnologies in Construction. 2015; 1: 55–62.

10. Polymate ltd. & Nanotech Industries, inc – winners of 2015 US. EPA Presidential green chemistry award // Scientific israel – technological advantages. 2017. V. 19 (1). 4-11.

11. Hybrid Coating Technologies, Retreived on June 13, 2019 from. URL: https://hybridcoatingtech.com/company.html

** Co-author: Ph.D. O.I. Bolshakov*

4.9. Advantages in the nuclear fuel

Uranium is an abundant metal and is full of energy: One uranium fuel pellet creates as much energy as one ton of coal, 149 gallons of oil or 17,000 cubic feet of natural gas. It does not come out of the ground ready to go into a reactor, though. It is mined and processed to create nuclear fuel. Before uranium goes into a reactor, it must undergo four major processing steps to take it from its raw state to usable nuclear fuel: mining and milling, conversion, enrichment and fuel fabrication. First, uranium is mined with conventional methods or by in-situ leach mining, where carbonated water is shot into underground deposits and piped up to the surface. The worldwide supply of uranium is diverse, coming primarily from Kazakhstan, Canada and Australia. In the United States, uranium is mined in several western states. To sustain the chain reaction necessary to run a reactor, the uranium will need a high enough concentration of a specific isotope, uranium-235. Natural uranium is converted into several different forms to prepare it for enrichment. Special facilities enrich the uranium so that it can be used in a nuclear reactor.

The major commercial fuel enrichment facilities are in the United States, France, Germany, the Netherlands, the United Kingdom and Russia. The enriched uranium is converted again into a powder and then pressed into fuel pellets. The fuel fabricator loads these pellets into sets of closed metal tubes called fuel assemblies, which are used in nuclear reactors.

Scientists from the United States have reported a breakthrough in the creation of the world's first fast-spectrum molten salt reactor. They have found the ideal composition of nuclear fuel ingredients for the experimental reactor at the Idaho National Laboratory. With its help, the researchers are going to test a new type of nuclear reactor that uses a mixture of sodium hydrochloric acid and uranium as fuel and coolant.

The Molten Chloride Reactor Experiment (MCRE), conducted by the U.S. Department of Energy's Idaho National Laboratory, provides scientists with an opportunity to evaluate the safety and physics of a fast molten chloride reactor. Such a reactor is planned to be built by Southern Company and the nuclear energy company TerraPower, which is financed by the Bill Gates Foundation. Once commissioned, the improved reactor will provide electricity and heat to the population and industrial enterprises.

The advantage of a fast molten chloride reactor is that it operates at higher temperatures, IE reports. This allows for greater efficiency,

potentially reducing waste and improving safety by using liquid fuel. The process of creating the fuel involves converting uranium into a compound that dissolves in molten salt.

The process of creating fuel had to be developed from scratch by scientists. The main difficulty was productivity – to turn more than 90% of metallic uranium raw material into usable salt. Several years of experiments and data analysis were crowned with success – scientists found the ideal recipe for obtaining nuclear fuel.

Production was low at first, just 50 to 85 grams at a time, but gradually increased to several kilograms. "No one had ever produced that much uranium chloride before," said Bill Phillips, MCRE's technical manager.

Now that the scientists have all the necessary ingredients, a precise understanding of the process and conditions required to produce enriched fuel salt, they are ready to begin full-scale pilot production, which is scheduled for October 2025.

This year, China begins construction of the world's first nuclear power plant using a molten salt reactor. Chinese scientists have solved the problem of material corrosion that has previously prevented the widespread use of such reactors.

More than 10,000 results found in the Worldwide database for nuclear fuel. Below I describe only last year patents.

US2025062043 (A1) – A NUCLEAR FUEL ROD CLADDING TUBE AND A METHOD FOR MANUFACTURING A NUCLEAR FUEL ROD CLADDING TUBE

A nuclear fuel rod cladding tube is described. The nuclear fuel cladding tube has an manufacturing a nuclear fuel rod cladding tube is also described.

US2025062044 (A1) – NUCLEAR MATERIAL AND METHODS

Methods of providing load following capability to commercial nuclear reactors. Materials that thwart nuclear reactor hotspots and transients by absorbing excess neutrons such as hard or high energy neutrons. Nuclear fuel additives to stabilize nuclear reactor transients. Materials that interact more strongly with high energy neutrons than they do with now energy or thermal neutrons.

PH12021553225 (A1) – METHOD FOR MANUFACTURING A NUCLEAR REACTOR FUEL ASSEMBLY

The invention relates to nuclear energy and can find application in enterprises involved in manufacturing fuel assemblies, primarily for

water-cooled nuclear energy reactors and nuclear energy reactors with a liquid-metal coolant. The essence of the invention: in a method for assembling fuel elements into fuel assemblies which includes the following operations of manufacturing and monitoring fuel elements, applying a protective coating to each fuel element, assembling the prepared fuel elements into a fuel assembly, attaching a head section and a tail section, washing off the protective coating and drying, the operations of applying the protective coating and assembling the fuel elements into the fuel assembly are combined, using as the protective coating a water-soluble lubricant which contains oxyethylated alkylphenol and monobasic unsaturated fatty acids and which is applied to the surface of the fuel element on the assembly stand during the operation of assembling the fuel elements into the fuel element assembly, the fuel element being transferred in a horizontal direction along its own axis into spacer grid cells through a device for applying the protective coating which is installed on the assembly stand. The operation of washing off the protective coating is carried out using streams of pressurized, room-temperature water.

WO2025028762 (A1) – DRY STORAGE MODULE FOR SPENT NUCLEAR FUEL OF VERTICAL LIGHT WATER REACTOR, WITH IMPROVED AIR OUTLET POSITION AND CYLINDER BODY MOUNTING METHOD, AND STORAGE SYSTEM COMPRISING SAME

The present invention relates to a dry storage module for the spent nuclear fuel of a vertical light water reactor, and to a dry storage module with an improved air outlet and cylinder body mounting method, and a system comprising same, the module comprising: a case for forming a hexahedral accommodation space; a plurality of storage parts, which are arranged in two rows in the accommodation space, store the spent nuclear fuel and are elongated; a hexahedral module part for accommodating the storage parts; canisters in which the spent nuclear fuel is loaded; cylinder bodies each encompassing the canister; cylinder supports for attaching/detaching the cylinder body to/from the module part; an air inlet positioned at a side of the upper portion of the case; an air outlet positioned in the lower portion of the case; and shielding grids disposed in each of the inlet and the outlet.

KR20250011255 (A) – NUCLEAR FUEL ASSEMBLY

A fuel assembly for use in a core of a nuclear power reactor. The assembly includes a frame shaped and configured to fit within the nuclear reactor internal core structure; and a plurality of helically twisted fuel

elements supported by the frame in a fuel rod bundle. Each of the fuel elements includes fissile material. When viewed in a cross-section that is perpendicular to an axial direction of the fuel assembly, the outermost fuel elements of the fuel rod bundle define a substantially circular perimeter. Other features, and a nuclear reactor, are also described.

UA129186 (C2) – METHOD FOR PROTECTING NUCLEAR REACTOR AND CORRESPONDING NUCLEAR REACTOR

The protection method comprises the following steps: – Step (S12): Reconstructing a maximum linear power density released among the rods of the nuclear fuel assemblies of the core; – Step (S14): Calculating the thermomechanical state and the burnup fraction of the rods; – Step (S24): Calculating a mechanical stress or a deformation energy density in the cladding of one of the rods by using the reconstructed maximum linear power density, the calculated thermomechanical states and the calculated burnup fractions, using a metamodel of a thermomechanical code; – Step (S30): Comparing the calculated mechanical stress or the calculated deformation energy density with a respective threshold; – Step (S32): Stopping the nuclear reactor if the calculated mechanical stress or the calculated deformation energy density exceeds the respective threshold.

US2025046483 (A1) – METHOD AND APPARATUS FOR SAFE AND EFFICIENT NUCLEAR POWER GENERATION

A system for nuclear power generation includes an accelerator-driven subcritical reactor that operates using molten-salt fuel. The operation of the reactor can be continuously monitored to ensure subcriticality. The system also includes means for removing volatile radioactive fission products from the molten-salt fuel continuously during the operation of the reactor to maintain an amount of the volatile radioactive fission products in the reactor below a threshold corresponding to a safety limit for accidental release of radioactive materials. The system can be used for highly efficient nuclear power generation while preventing criticality accidents and accidental releases of radioactive isotopes.

US2025046480 (A1) – Nuclear Fuel Assembly Retrofit for Increasing Reactor Power

A reactor core having improved power output uses an irregular fuel rod spacing that nevertheless retains grid-positioned control rods allowing a retrofitting of the reactor core to existing reactors without substantial modification to the pressure vessel. Generally, the fuel rod placement deviates from a regular grid and the distance between fuel rods varies.

US2025046479 (A1) – METHOD AND MACHINE FOR TESTING A SPACER GRID OF A NUCLEAR FUEL ASSEMBLY

A test method is for testing a spacer grid of a nuclear fuel assembly comprising a bundle of nuclear fuel rods and N spacer grids distributed along the bundle of nuclear fuel rods, where N is a positive integer equal to or greater than four. The method of testing includes providing a test assembly comprising a bundle of test rods shorter than the nuclear fuel rods and three spacer grids distributed along the test rods, generating an impact on the centrally located spacer grid, and measuring and recording at least one impact parameter and/or at least one displacement of said centrally located spacer grid.

US2025037888 (A1) – NUCLEAR POWER PLANT INCLUDING SMALL MODULAR REACTOR (SMR) DISPOSED IN COOLING WATER TANK AND MAINTENANCE METHOD THEREOF

The present invention relates to a nuclear power plant which includes a small modular reactor (SMR), the nuclear power plant comprising a water tank, wherein the water tank comprises: a first water tank filled with cooling water and forming a first space in which spent nuclear fuel is disposed; and a second water tank forming a second space which is separated from the first space and in which the small modular reactor (SMR) is disposed.

US2025037892 (A1) – NUCLEAR WASTE CASK WITH IMPACT PROTECTION, IMPACT AMELIORATION SYSTEM FOR NUCLEAR FUEL STORAGE, UNVENTILATED CASK FOR STORING NUCLEAR WASTE, AND STORAGE AND TRANSPORT CASK FOR NUCLEAR WASTE

A nuclear waste cask with impact protection includes impact limiters comprising deformable energy-absorbing perforated sleeves. An impact amelioration system for nuclear fuel storage components includes impact limiter assemblies at the bottom cask to canister interface including impact limiter plugs frictionally engaging corresponding plug holes formed in the cask closure plate. A nuclear waste fuel storage system includes an unventilated cask including a heavy free-floating radiation shielding lid loosely coupled the top end of the cask in a movable manner via the anchor bosses which provides cask overpressurization protection. A nuclear waste cask includes an axially elongated rectangular cuboid cask body having a cavity for holding nuclear waste materials and cask locking mechanism including first locking protrusions on the lid which are selectively interlockable with mating second locking protrusions on the cask body to lock the lid to the cask body.

US2025029740 (A1) – MANDREL-WOUND, SPLINED MONOLITHIC FUEL ASSEMBLY CORE, FUEL ASSEMBLY AND REACTOR INCORPORATING SAME, AND METHODS OF MANUFACTURE

Insulated fuel assembly core with axially arranged fuel monoliths including channels and having a composition including a fissionable fuel component, exhaust support plate, exhaust shield assembly, and insulation layer. Fuel monoliths have an eccentric cylinder shape or a right circular cylinder shape with side surface keyway. The eccentric shape and/or a keyway (with associated alignment rod) provide alignment. Channels in the exhaust support plate are oriented so propellant gas flowing from the fuel monoliths through the exhaust support plate does not impinge the exhaust shield assembly. Insulated fuel assembly cores are manufactured by forming a tensioned fuel monolith stack mandrel assembly using mandrel spacers and internal tensioning components and mandrel winding an insulation layer on an outer surface of the tensioned fuel monolith stack mandrel assembly. Insulated fuel assembly cores can be incorporated into fuel assemblies of nuclear propulsion fission reactor structures, for example, a nuclear thermal propulsion engine.

US2025029739 (A1) – DEVICE FOR ASSEMBLING AND DISASSEMBLING TOP NOZZLE OF NUCLEAR FUEL ASSEMBLY

Proposed is a device for assembling and disassembling a top nozzle of a nuclear fuel assembly wherein the top nozzle of the nuclear fuel assembly is assembled and disassembled with improved convenience, and the load value is measured to ensure stable operations without damaging components. To this end, the device includes a pedestal including a threaded hole through both sides, a screw bar screw-coupled to the threaded hole to reciprocate in a straight line, a top nozzle plate configured to be detachably coupled to the screw bar and to be able to be hooked by and coupled to the top nozzle of the nuclear fuel assembly, and a load cell provided between the top nozzle plate and the screw bar to measure a load value applied to the top nozzle plate hooked on the top nozzle.

SMT202100412 (T1) – NUCLEAR FUEL PEBBLE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

A method of manufacturing nuclear fuel elements may include: forming a graphite base portion of the fuel element; depositing a first layer of fuel, burnable poison and/or breeder particles on the base portion; forming a first graphite layer on the base portion; depositing a second layer of fuel, burnable poison and/or breeder particles on the first graphite layer; forming a second graphite layer on the first graphite layer; and forming a

graphite cap portion of the fuel element on the second graphite layer, wherein, adjacent fuel, burnable poison and/or breeder particles of the first layer are spaced apart by substantially the same distance, and adjacent fuel, burnable poison and/or breeder particles of the second layer are spaced apart by substantially the same distance. The fuel element may be a spherical fuel pebble for pebble bed reactors. The fuel particles may be tri-structural-isotropic (TRISO) particles that do not have an overcoat.

US2025022621 (A1) – NUCLEAR FUEL ELEMENT

Disclosed embodiments include fuel assemblies, methods of making a fuel element, and methods of using a fuel element. A fuel element includes fuel, a fuel liner, and a cladding. The liner may be formed of one, two, three, or more layers of different materials, including different alloys have a different primary metallic component. The cladding may likewise be formed of one, two, three, or more layers of different materials. The different materials may include different alloys, different compositions, and/or different alloys in which the primary constituent of the alloy is a different material.

US2025022620 (A1) – Molten Salt Nuclear Reactor of the Fast Neutron Reactor Type, Having a Design of the Primary Circuit Allowing Exploitation which is Versatile in Terms of Fuel and Mode of Operation

A molten salt nuclear reactor of the fast neutron reactor type may be designed as a cylindrical shell in the reactor vessel free of moderator or at the very least of a moderator enabling a reactor to be qualified as a thermal neutron reactor, which may make it possible to effectively separate the fluid zones between those delimited at its periphery in which the heat exchanger(s) exchanging heat between primary and secondary circuit is (are) arranged and the zone inside the shell of which the bottom defines the reactor core within which the nuclear fission chain reactions occur, and a neutron reflector at the periphery of the core makes it possible to use a plurality of types of fuel liquid.

US2025014768 (A1) – SUSPENDED URANIUM DIOXIDE FUEL

A nuclear reactor fuel is provided. The nuclear reactor fuel includes a liquid metal alloy, and uranium dioxide (UO2) particles suspended in the liquid metal alloy. The UO2 particles are enriched with uranium-235 (235U) in an amount of less than 20%. The nuclear reactor fuel has a thermal conductivity greater than a thermal conductivity of sintered UO2 pellets at the same temperature. The liquid metal alloy may be a bismuth-lead-tin (Bi–Pb–Sn)-based alloy and a lead-tin (Pb–Sn)-based alloy. A concentration of the UO2 particles in the liquid metal alloy may be up to 30 wt % or more. The UO2 particles alternatively may be uranium

carbide (UC) particles, uranium nitride (UN) particles, or tri-structural isotropic (TRISO) particles. A nuclear reactor is also provided. The nuclear reactor includes a reactor vessel and the nuclear reactor fuel. The nuclear reactor fuel is contained in or circulated through the reactor vessel.

WO2025007856 (A1) – HOLLOW RADIOACTIVE CONTAINMENT FUEL CONTAINING BURNABLE POISON, PREPARATION METHOD THEREFOR AND USE THEREOF

Provided are a hollow radioactive containment fuel containing a burnable poison, a preparation method therefor and the use thereof. The hollow radioactive containment fuel containing a burnable poison comprises a hollow fuel area and a fuel-free protective layer covering the periphery of the fuel area; the hollow fuel area comprises a matrix, and a fuel element and a burnable poison which are distributed in the matrix, wherein the fuel element is an isotropic coated fuel particle, and the burnable poison is an isotropic coated burnable poison particle. The present invention can realize highly compact and safe radioactive containment of a reactor fuel, ensure that radioactive products, especially fission gas, are not released into the environment accidentally, stably provide a fission site for the core of a miniature nuclear power pile for a long period of time, effectively confine the radioactive fission products inside the fuel, and guarantee the safe and stable operation of a reactor.

US2025006385 (A1) – NUCLEAR REACTOR SYSTEM AND METALLIC COOLANT COMPOSITION

One variation of a system includes: a nuclear reactor; a shield arranged about the nuclear reactor; a metallic coolant; and a set of melt seals. The nuclear reactor includes a pressure vessel and nuclear fuel arranged within a lower region of the pressure vessel. The metallic coolant includes a mixture of metals and is configured to: occupy a liquid state within an operating temperature range; occupy an interstitial volume between the nuclear reactor and the shield; and occupy the lower region of the pressure vessel encompassing the nuclear fuel. The set of melt seals are arranged on the pressure vessel and configured to open to enable transfer of a volume of the metallic coolant from the interstitial volume into the lower region of the pressure vessel in response to temperatures within the pressure vessel exceeding the operating temperature range.

WO2025006190 (A1) – NUCLEAR REACTOR FUEL AND ASSOCIATED SYSTEMS AND METHODS

Disclosed are embodiments of a nuclear fuel element for use in various types of nuclear reactors. One embodiment of the nuclear fuel element comprises a plurality of solid nuclear fuel particles, such as

tristructural-isotropic (TRISO) fuel particles, intermixed in a non-solid matrix that is substantially stagnant relative to the plurality of solid nuclear fuel particles. The non-solid matrix may comprise a liquid metal, a liquid metal alloy, and a liquid salt. Various embodiments of the non-solid matrix include tin, lead, sodium, aluminum, bismuth, and alloys thereof. A method of manufacturing a nuclear fuel and embodiments of a nuclear fuel core comprising the nuclear fuel element are also disclosed.

WO2024262717 (A1) – NUCLEAR FUEL ROD FOR DESIGNING AND MANUFACTURING HEAT-PIPE REACTOR, MODULAR NUCLEAR FUEL ROD-COOLING TUBE INTEGRATED ASSEMBLY COMPRISING COOLING TUBE, AND REACTOR CORE STRUCTURE COMPRISING SAME

A nuclear fuel rod-cooling tube integrated assembly, according to the present invention, comprises: a nuclear fuel rod accommodating nuclear fuel; and a cooling tube having at least a portion formed to surround the circumference of the nuclear fuel rod, and the remaining portion extending to the other side connected to the outside of a reactor to transfer heat generated by nuclear fission inside the nuclear fuel rod to a heat exchanger installed outside the re--actor.

US2024428960 (A1) – FUEL-MODERATOR INVERSION FOR SAFER NUCLEAR REACTORS

A nuclear reactor including a nuclear reactor core. The nuclear reactor core includes a plurality of moderator elements, and an inverted fuel moderator block array of one or more inverted fuel moderator blocks. The one or more inverted fuel moderator blocks include a high-temperature matrix; a plurality of fuel particles embedded inside the high-temperature matrix; and at least one moderator opening for disposition of at least one of the moderator elements therein. The one or more inverted fuel moderator blocks also include at least one coolant passage formed in the high-temperature matrix to flow a coolant. The nuclear reactor can also include a reactivity control system, which can include one or more control drums, one or more control rods, or a combination thereof.

ZA201405612 (B) – SYSTEM FOR STORAGE AND TRANSPORTATION OF SEPNT NUCLEAR FUEL

A concrete storage module is adapted to slideably receive a cylindrical canister assembly therein. II act dissipation fins and a tubular heat shield (96) are disposed within the module to help dissipate heat emitted from the nuclear fuel assemblies stored in the canister assembly is composed of a basket assembly constructed from multi-layer structural plates disposed in cross-cross or egg carton configuration. A single port

tool is provided for draining water from the canister and replacing the drain water with make-up gas. The single port tool is mounted in the cover of the canister and is in fluid flow communication with the interior of the canister.

US2024410034 (A1) – CYCLIC AMINE MONOAMIDES FOR EXTRACTING URANIUM(VI) AND PLUTONIUM(IV) AND FOR SEPARATING THEM WITHOUT REDUCING PLUTONIUM(IV)

Uses of cyclic amine monoamides for extracting uranium(VI) and/or plutonium(IV) from an acidic aqueous solution, as well as for totally or partially separating uranium(VI) from plutonium(IV) from an acidic aqueous solution. A method for treating an aqueous solution resulting from the dissolution of spent nuclear fuel in nitric acid to extract, separate and decontaminate uranium(VI) and plutonium(IV) in a single cycle and without resorting to any operation of reducing plutonium(IV), and wherein a cyclic amine monoamide or a mixture of cyclic amine monoamides is used as extractant.

US2024412882 (A1) – CERMET FUEL ELEMENT AND FABRICATION AND APPLICATIONS THEREOF, INCLUDING IN THERMAL PROPULSION REACTOR (preferably refractory-metal coated HALEU fuel kernels) and an array of axially-oriented coolant flow channels. Formation and lateral positions of coolant flow channels in the fuel meat are controlled during manufacturing by spacer structures that include ceramic fuel particles. In one embodiment, a coating on a sacrificial rod (the rod being subsequently removed) forms the coolant channel and the spacer structures are affixed to the coating; in a second embodiment, a metal tube forms the coolant channel and the spacer structures are affixed to the metal tube. The spacer structures laterally position the coolant channels in spaced-apart relation and are consolidated with the ceramic fuel particles to form CERMET fuel meat of a fuel element, which are subsequently incorporated into fuel assemblies that are distributively arranged in a moderator block within a nuclear fission reactor, in particular for propulsion.

US2024404719 (A1) – SYSTEM AND PROCEDURE FOR INSPECTION OF THE SURFACE OF A NUCLEAR FUEL ROD FOR THE AUTOMATIC DETECTION, LOCATION AND CHARACTERIZATION OF DEFECTS

System and procedure for the inspection of the surface of a nuclear fuel rod for the automatic detection, localization and characterization of defects, comprising a plurality of point cloud acquisition systems and translation means for the nuclear fuel rod; where the system also

comprises processing means capable of transforming the point cloud into a height map, locally thresholding for the segmentation of the height map and obtaining the discontinuities in said map, classifying the discontinuities in different geometric shapes to obtain the area, length, width, position and orientation, projecting the defect on the y-axis to obtain its depth and calculating the equivalent function and its second derivative to obtain the points where the depth of the defect is maximum.

Nuclear fuel is at the heart of a nuclear reactor, and the safe and economic behaviour of this fuel is a key factor in the continuing long term development of nuclear power. This was recognised early, with the key issues determining the economic drivers for fuel development summarized, for example, in 1977 in Oak Ridge National Laboratory's report, "A Survey of Nuclear Fuel Cycle Economics 1970 – 1985" (Prince et al. 1977). It was originally anticipated that there would be a first stage involving pool storage of spent fuel, a second stage where reprocessing would lead to the use of plutonium bearing (MOX) fuels in light water reactors and finally the use of fast breeder reactors. The timescales anticipated are now seen to have been extremely optimistic, and the economics are no longer so clearly driving towards reprocessing and fast reactors. However, the drivers of uranium availability and the costs of enrichment, fuel manufacture and waste management that were identified in 1977 are still valid today, and they have ensured continuous development and improvement in nuclear fuel.

The most important determinant of nuclear power's future is cost-competitiveness compared with alternatives. Nuclear power plants have a 'front-loaded' cost structure, i.e. they are expensive to build and comparatively cheap to operate. There is, therefore, a strong economic incentive to maximise the utilisation of the asset. This means fewer unplanned outages and, for plants with batch reloading, longer operational cycles and shorter outages. The load factor of modern nuclear plants with batch reloading is often over 95%, and two year fuel cycles are becoming common. For plants with on-load refuelling capabilities, maximising utilization of the asset has meant longer fuel dwell (i.e. increasing the total time a fuel element spends in the reactor). For all power plants there is also a need to minimise waste arisings, due to limited on-site storage facilities and the cost of waste removal and treatment.

Because nuclear fuel is the source of the vast majority of the radioactivity produced by a nuclear power plant, it is imperative that the design and manufacture of the fuel is sufficiently robust not only to allow it to operate normally without incident, but also to withstand any transient

or accident that could occur in the plant in a manner that can ensure that safety is not compromised. This is ensured through a licensing process that oversees, not only operation, but also that the design and manufacture of nuclear fuel is carried out to extremely high standards, and that design requirements are codified and performance is demonstrated experimentally. Modern nuclear fuel is the result of a huge investment in research, experimental testing and operational experience. Changes are introduced to improve safety or performance margins or perhaps to overcome a design problem.

4.10. Израильская экономика и наука на фоне войны

Израиль прожил 500 дней войны. Конфликт, ставший самым долгим за несколько десятилетий, разумеется, неизбежно должен был привести к значительным последствиям для экономики страны. Уже сегодня мы видим его влияние: рост цен, увеличение государственных расходов, вынужденное повышение налогов и сборов, но что еще более важно – какие трудности ждут нас впереди? По данным Министерства финансов, затраты Израиля на ведение боевых действий против террористической группировки ХАМАС в секторе Газа, а также на противостояние поддерживаемой Ираном «Хизбалле» достигли в 2024 г. 100 млрд шекелей. Несмотря на ухудшение макроэкономических показателей, израильская экономика по-прежнему выглядит стабильнее, чем в ряде других развитых стран. Так, по данным Международного валютного фонда, госдолг Израиля в 2024 г. остается ниже, чем в еврозоне (88,1%) и США (121%), хотя уже превысил уровень Германии (62,7%).

Война также нарушила логистические цепочки поставок, что сказалось на доступности товаров и сроках доставки. Время доставки товаров увеличилось на 20-30%, что привело к удорожанию импорта. Продовольственные товары подорожали в среднем на 7%, топливо – на 12%, строительные материалы – на 10%. Ослабление шекеля по отношению к доллару в первые месяцы конфликта привело к росту стоимости импорта, но к концу 2024 г. на фоне ожиданий стабилизации и возможного завершения войны национальная валюта начала укрепляться. Некоторые сектора экономики, особенно малый и средний бизнес, столкнулись с трудностями из-за снижения потребительского спроса, а также призыва владельцев или части персонала на резервистскую службу. Многие предприятия были вынуждены

сократить или приостановить свою деятельность, что привело к временным увольнениям и снижению доходов работников. Однако вопреки ожиданиям, война не привела к массовым увольнениям и закрытию предприятий. Напротив, уровень безработицы снизился до исторического минимума. По данным Центрального статистического бюро, в декабре 2024 г. безработица составила 2,6%, что ниже показателя 2,7% месяцем ранее.

Наибольшую надежду вселяют данные по итогам 2024 г. для израильского венчурного рынка, которые опубликовал Startup Nation Central:

- более 12 млрд долл. инвестиций привлекли израильские стартапы – это третий лучший показатель за всю историю экосистемы;
- 15,8 млрд долл. принесли экзиты – второй лучший показатель за всю историю экосистемы (и абсолютный рекорд по M&A);
- 82% сделок пришлось на компании ранних стадий – однозначный индикатор доверия инвесторов к долгосрочным перспективам израильского рынка.

А что было и Израиле до начала войны. Из данных Центрального статистического бюро явствует, что в 2020 г. в стране было 4810 стартапов, а средний рост их числа с 2011 по 2020 г. составил 4%. В 2020 г. в Израиле было 1907 компаний, перешедших из разряда стартапов в «зрелые» компании, т.е. те, в которых завершился этап разработки продукта или услуги и начался процесс производства. Таких компаний в хайтеке было 28%. В них были заняты 73,3 тыс. работников (70% всех занятых в хайтеке – это на 7% больше, чем в 2019 г.). В 2020 г. в стартапах были заняты около 31 тыс. наемных работников. По сравнению с предыдущим годом число занятых в стартапах сократилось за счет перехода многих компаний из стартапов в «зрелые» компании.

За десятилетие с 2011 по 2020 г. в Израиле открылись 7256 стартапов и 3472 из них закрылись. 2011–2015 гг. были самыми бурными в истории израильских стартапов: годовой рост их числа составлял 6%. С 2016 г. начался некоторый спад числа этих компаний, и эта тенденция продолжилась в 2020 г. Средняя зарплата работника в стартапах в 2020 г. составляла 21,6 тыс. шекелей в месяц, что на 3% больше, чем в 2019 г. Это в 1,9 раза больше средней зарплаты наемного работника в стране (11,2 тыс.). В стартапах, в которых занято более 50 работников, зарплата заметно выше – в среднем 24,1 тыс.

В Тель-Авиве и в центре страны находятся 72% стартапов, и 78% занятых в них работают в Центре. Так, в районе Тель-Авива

2057 стартапов. В 2020 г. там открылись 199 новых компаний и 292 закрылись. Большая часть стартапов заняты в области создания аппликаций для индустрии и бизнеса. В 2020 г. в этой отрасли открылись 137 новых стартапов. В медицинских технологиях открылись 87 стартапов; 59% рабочих мест в стартапах относятся к области программных продуктов (для индустрии, медицины, интернета, мобильной связи, кибербезопасности, электронной торговли и рекламы).

По данным за 2022 г., 16% компаний хайтека (стартапов и выросших из них компаний) находились на этапе «быстрого роста», и состояние еще 10% определяли как «рост газели» (это означает, что их годовой доход рос на 20% в год в течение 4 и более лет). В 2023 г. стартапы и выросшие из них компании мобилизовали инвестиции в размере 12,3 млрд долл., что на 35% больше, чем в 2019 г.

Успехи израильской техники и экономики во многом обусловлены наукой страны.

Министерство обороны Израиля и судостроительная компания **Israel Shipyards** начали строительство пяти новых военных кораблей проекта «Решеф» для ВМС Израиля. Стоимость проекта составит около 2,8 млрд шекелей. Эти корабли призваны заменить устаревшие суда класса «Нирит», которые находились в эксплуатации более 40 лет. Новые корабли будут легче на 1000 тонн по сравнению с Saar 6. Это сделает их более маневренными и скоростными. Суда будут оснащены современными технологиями и системами вооружения, что позволит им эффективно выполнять задачи по защите морских границ, борьбе с воздушными и надводными угрозами, а также поддерживать специальные операции.

Первый корабль класса «Решеф» планируется передать ВМС Израиля через три с половиной года, остальные будут вводиться в эксплуатацию поэтапно. Проект также направлен на укрепление местной оборонной промышленности и создание рабочих мест, особенно на севере страны. Министерство обороны подчеркивает, что производство кораблей в Израиле после десятилетий зависимости от иностранных закупок является важным шагом к укреплению стратегической независимости страны.

Ученые Тель-Авивского университета разработали «гибридного микроробота» размером с биологическую клетку, способного захватывать поврежденные клетки и удалять их, передает JNS. Крошечный робот (10 микрон или 0,000393701 дюйма в поперечнике) может перемещаться между клетками в биологическом образце,

доставляя целевую клетку для исследования, например, такого, как генетический анализ, сообщили в университете. Им можно управлять с помощью двух типов механизмов: электрических и магнитных.

Технология была разработана профессором Гиладом Йоссифоном из Школы машиностроения и Департамента биомедицинской инженерии и его исследовательской группой. Ее подробное описание было опубликовано в журнале Advanced Science. «Развитие способности микророботов двигаться автономно было вдохновлено биологическими микроплавающими – бактериями и сперматозоидами. Это инновационная область исследований, которая быстро развивается, с широким спектром применения в медицине и защите окружающей среды, а также в качестве исследовательского инструмента», – пояснил профессор Йоссифон.

Израильский стартап Pylon Medical разработал первый в своем роде метод лечения заболевания сонных артерий, одного из ведущих факторов риска инсульта. Сонные артерии – это пара кровеносных сосудов по обе стороны шеи, которые доставляют кровь к мозгу и голове. Заболевание сонных артерий развивается, когда на стенках этих сосудов образуются жировые отложения, называемые бляшками. Они закупоривают артерию. Заболевание приводит к множеству осложнений, некоторые из которых могут быть смертельными. Существующие решения для очистки закупоренных кровеносных сосудов включают хирургическое открытие артерий и очистку бляшек или установку стента, расширяющего кровеносный сосуд. Эти методы требуют длительного восстановления, что иногда приводит к дополнительным осложнениям. Разработанный Pylon Medical специализированный набор включает баллонный катетер, устройство для закрытия артерии и систему аспирации. Это делает лечение закупоренных кровеносных сосудов намного безопаснее и проще, рассказал ISRAEL21c Ор Зигельбойм, основатель и генеральный директор Pylon Medical.

«Мы делаем небольшой прокол диаметром 2,5 миллиметра и вводим баллонный катетер; затем мы можем установить стент или открыть сосуд и улучшить кровоток», – говорит Зигельбойм. Самая большая проблема существующих методов лечения: как закрыть разрез в сонной артерии после того, как бляшка будет удалена. «Наше устройство может закрыть артерию без необходимости ее обнажения и дополнительных надрезов», – объясняет Зигельбойм.

В феврале 2025 г. в Музее естественной истории им. Стейнхардта при Тель-Авивском университете начал работу **Израильский центр гражданской науки** – крупнейшая в стране платформа, объединяющая ученых и общественность в деле изучения и сохранения биоразнообразия.

Центр создан в партнерстве с **Еврейским национальным фондом ККЛ и Обществом охраны природы Израиля** с целью дать каждому возможность участвовать в научных исследованиях, вносить вклад в сбор данных о состоянии окружающей среды и стать частью движения по защите природы в Израиле. Задача Центра также включает предоставление технической и научной поддержки существующим проектам. Официальное открытие Центра состоялось 20 февраля 2025 г. в рамках Первой ежегодной конференции по гражданской науке в Израиле. На мероприятии будут представлены платформы и инструменты для сбора и обработки информации о биоразнообразии в Израиле и для упрощения доступа к этим данным заинтересованным организациям и широкой общественности.

В заключение всего несколько израильских изобретений, изменивших мир. Представьте себе, на каком уровне технологического и культурного развития находилось бы сегодня человечество, если бы половина еврейского народа не погибла в Катастрофе, а израильтяне с момента создания государства не были бы вынуждены уделять львиную долю своего времени, сил и средств на обеспечение безопасности.

Waze

Бесплатное навигационное приложение для мобильных устройств, позволяющее отслеживать ситуацию на дорогах в режиме реального времени, прокладывать оптимальные маршруты, узнавать о расположении полицейских радаров, получать информацию и предупреждать других пользователей об изменении транспортных условий, препятствиях, дорожной полиции, общаться с другими пользователями на карте. Waze был создан в Израиле в 2008 г., и сегодня просто невозможно себе представить вождение автомобиля без использования этого приложения.

DiskOnKey

USB (флеш-память) изобрели в израильской компании M-Systems. Патент на нее зарегистрировали в 1999 г., в продаже первые

флешки появились в 2000 г. У первого DiskOnKey была память всего лишь 8 МБ. Сегодня на рынке продаются миниатюрные флешки, объем памяти которых в миллионы раз больше.

Mobileye – система безопасности вождения

Система помощи водителю Mobileye основана на совместной работе цифровой камеры и микропроцессора, устанавливаемых под лобовым стеклом. Камера передает изображение в цифровом виде процессору, а тот обрабатывает ее в реальном времени. Благодаря этому точно и оперативно определяется расстояние до объектов, находящихся впереди машины, что является критически важным для безопасности движения. Эту систему у израильской компании приобрели крупнейшие автомобильные концерны – Chrysler, Ford, GM, Tesla, Audi, BMW, FIAT, Jaguar, Opel, Renault, Volvo, VW, Honda, Mitsubishi, Nissan и др.

Quicktionary – ручка-переводчик

Сканирующая ручка-переводчик Quicktionary, созданная израильской компанией Wizcom, быстро находит перевод слова без помощи словаря и Гугла. Первая модель была представлена в 1995 г., сегодня продается третье поколение Quicktionary. Пользоваться ручкой просто – надо провести ею по незнакомому слову и на экране ручки высветится не только перевод слова, но и словарная статья со всеми значениями, транскрипцией и примерами употребления слова. Последняя модель дает возможность прослушать и перевести произнесенные вслух отдельные слова и даже целые фразы.

Umoove – управление взглядом

Израильская фирма Umoove создала устройство и его программное обеспечение, дающее возможность управлять этим устройством при помощи движений головы и глаз. Изображение от камеры смартфона или планшета анализируется онлайн и переводится в управляющие команды.

PillCam – камера-капсула

Израильский ученый, работающий в оборонной промышленности, создал миниатюрную камеру размером с обычную таблетку. Такая «таблетка» содержит не только камеру, но и передатчик, модуль подсветки и аккумулятор. После того как пациент проглатывает капсулу, врачи наблюдают происходящее в пищевом тракте и могут

поставить наиболее точный диагноз, ничуть не мешая нормальному функционированию желудка пациента. В 2013 г. израильскую компанию Given Imaging, изготовляющую эти капсулы, приобрела за 970 млн долл. ирландская компания Covidien.

Копаксон – первое лекарство от рассеянного склероза

Копаксон – лекарство для лечения рассеянного склероза, был разработан и производится израильской фармацевтической компанией Teva. Копаксон – первый препарат в мире, разработанный специально для лечения рассеянного склероза.

Netafim – капельное орошение

Идея капельного орошения была придумана израильским инженером Симхой Блассом, который изобрел гибкий трубопровод, осуществляющий полив там, где это наиболее необходимо. Исследования показали, что медленный и сбалансированный полив существенно повышает урожайность. Современные системы капельного орошения способны самоочищаться и обеспечивать равномерное распределение воды. С помощью этой системы стало возможным собирать высокие урожаи даже в тех районах, где без нее сельское хозяйство вообще не существовала, как, например, в пустыне.

«**Железный купол»** – мобильная система ПРО

Знаменитая на весь мир система защиты от неуправляемых тактических ракет создана и производится израильским концерном Rafael. Она прекрасно показала себя во время предыдущих операций по борьбе с группировкой ХАМАС и в ходе войны «Железные мечи». Одна батарея «Железного купола» защищает территорию площадью 150 квадратных километров, ее эффективность более 90%. Первая батарея встала на боевое дежурство в марте 2011 г.

НИРУ – неизоцианатные полиуретаны

Первые промышленные неизоцианатные полиуретаны, созданные израильской компанией Polymate Ltd. и запатентованные во многих странах мира. Такие полиуретаны не токсичны и не канцерогенны и применяются промышленности, строительстве и военной техники.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

500 изобретений Олега Фиговского

Однажды Олег Фиговский пришёл работать в советский «НИИ Мосстрой» в Москве и создал своё первое изобретение – пласт-асфальтовый бетон. С этого и началась его фантастическая, быстрая карьера в науке о материалах. Последние годы наш герой уделяет большое внимание инновационным технологиям, созданию экологически безопасных материалов, является постоянным автором журнала «Атомная стратегия», награждён рядом орденов и медалей за свою активную научную и общественную деятельность. Пообщаться с ним – мне было очень почётно, приятно и интересно.

Рождение. Война. Эвакуация.

Я родился в Москве в 1940 году, я ещё – довоенный ребёнок, мои родители были обычные советские люди. Папа работал инженером на военном заводе, мама была бухгалтером на кроватной фабрике. Фактически сразу после моего рождения началась война, и нас эвакуировали в Оренбургскую область. По этой причине сейчас я получаю материальную поддержку от организации «Клаймс Конференс», а также от государства Израиль. Из эвакуации помню немало. Это было очень глухое место. Там располагался только папин завод, который раньше изготовлял трубы, а в период войны делал военную продукцию, и кроме него там больше ничего не имелось. Однажды я собирал в лесу малину, а рядом тем же самым занимался медвежонок, он тоже поедал эту сладкую ягоду. Мы дружно делали это вместе с медвежонком (смеется). Потом папу перевели на другой военный завод в Башкирии, где оказалось очень голодно, холодно, и в памяти отчётливо застыло, что три дня у нас не было хлеба. А я жил в доме, где на первом этаже располагался продуктовый магазин. Видимо, у меня был очень жалкий вид, и меня в этом магазине пожалели и дали мне корку чёрного хлеба. Знаете, какое удовольствие для меня тогда было её съесть! В целом воспоминания об эвакуации у меня остались весьма тяжёлые, но иногда было и весело. Кончилась война, и мы вернулись в Москву.

Об этимологии фамилии Фиговский.

Фамилия «Фиговский» имеет польско-еврейское происхождение. В Польше есть города, где эта фамилия встречается очень часто, особенно в городе Быгдощ. Фига является синонимом слов «инжир» и «смоква», то есть названием фигового дерева и его плодов. Фига – это символ плодовитости и силы. В Древнем Риме солдаты носили амулеты в виде фиги (кукиша). Показывать кукиш (фигу) придумали тоже в Древнем Риме. На картинах художников в Средние века было принято прикрывать причинные места у мужчин фиговым листом. В Южной Америке сегодня популярны амулеты и мужские украшения в виде фиги (кукиша). Возможно, из-за того, что фиги – плоды фигового дерева, содержат очень много зёрен – семян.

Первое знакомство с пирожными.

Моя родная тётя работала в литературной части МХАТа, где проходили заседания комитета по Сталинским и Ленинским премиям. Помню, мне шёл уже шестой год, и в магазине для работников МХАТа впервые увидел на витрине такое блюдо, как пирожное. Так как прежде, находясь в эвакуации, никогда не слышал о таких вкусных, красивых лакомствах. Так я, маленький ребёнок, впервые узнал, что такое аппетитнейшие эклеры и корзиночки.

Мирная жизнь. О любви / нелюбви к Маяковскому.

Далее, я окончил обычную среднюю школу и хотел поступить в физтех. Но на вступительных экзаменах сочинение было на тему «За что вы любите Маяковского?» Меня тогда так поразил и разозлил этот вопрос, это утверждение, не оставляющее мне право свободного выбора, что я написал сочинение на тему «За что я не люблю Маяковского». Хорошо отношусь к этому великому поэту, но сама постановка вопроса автоматически вызвала у меня желание выступить против. Потом мне предлагали пересдать экзамены, как «нерусскому», просто написав диктант, а не сочинение. Но я отказался и пошёл работать в НИИ, где трудился сначала лаборантом. Моё направление деятельности предполагало получение очень маленькой зарплаты, и тогда меня оформили рабочим – бетонщиком четвёртого разряда. Стал получать больше и чем лаборант, и даже чем наш научный сотрудник. Через приблизительно года полтора поступил в заочный инженерно-строительный институт. Начиная со второго –

третьего года пребывания в НИИ, стал проводить самостоятельные исследования, будучи студентом-заочником. И это было невероятно интересно, задорно и увлекательно. Работал тогда в «НИИ Мосстроя», в сфере дорожного строительства и занимался применением полимеров в данной области, придумывал новые материалы. Оказалось, это весьма благодарная тема. Первые два своих изобретения разработал в возрасте 19 лет. Уже в 20 лет – впервые прочитал научный доклад на президиуме Академии архитектуры и строительных наук. Мне задавали вопросы, я отвечал, вступил в полемику. Таким образом, сразу был «брошен» в науку, как в воду, и в итоге начал профессионально ей заниматься.

Научная деятельность. Авторские изобретения.

Мне очень понравилось изобретать. Но в то время это было не так модно. Где-то через 3–4 года на меня уже обращали внимание, как на молодого специалиста, когда нужно было создать что-то новое, чего ещё не было придумано. К 30 годам у меня уже было около пятидесяти разных изобретений, имевших самую практическую направленность. Самое главное моё творение тех лет – создание первого латексного клея на водной основе «Бустилат», который производится до сегодняшнего дня и используется для приклеивания плитки, виниловых обоев в домашних условиях. После «Бустилата» у меня в арсенале ещё целый ряд ноу-хау – цветной асфальт, эмульсии для строительных работ и прочие. Потом я трудился в других НИИ, в основном занимался специальной тематикой, материалами особого назначения. Перед отъездом в Израиль из России числился заместителем директора НИИ по защите металлов от коррозии. Мне уже было 50 лет. У меня, естественно, была форма секретности, и о переезде до этого не думал. С моей формой секретности меня никто бы не выпустил из страны. Но наступила перестройка, и надо было что-то решать. У меня был близкий друг норвежец, официально пригласивший меня в свою страну. Каким-то чудом мне разрешили поехать в Норвегию. И через две недели я подал визу на въезд в Израиль.

Совершение репатриации. Жизнь в Израиле. Изучение иврита.

После чего, вернувшись из Норвегии, совершил алию, а если проще, как тогда говорили, перебрался из одной капиталистической

страны – в другую капиталистическую страну. Самое смешное, что и первая моя должность в Израиле также звучала как «заместитель директора НИИ по защите металлов от коррозии». Только в Москве у меня были тысячи сотрудников и коллег, а на Святой Земле их насчитывалось пять.

Иврит – не учил, я его и сейчас мало знаю, только какие-то очень простые вещи. После совершения репатриации выяснилось, что в еврейском государстве меня никто не ждал, и мне пришлось «крутиться» самому, чтобы как-то трудоустроиться. В 1994–1995 году был создан Союз учёных репатриантов Израиля (СУРИ), и меня избрали вице-президентом этой общественной организации. В 1996 году министр промышленности Натан Щаранский обратился к генеральному директору СУРИ д-ру Александру Берману с предложением порекомендовать кого-либо из учёных-репатриантов, специализирующегося в области прикладных исследований, для поездки вместе с ним в США. Александр Берман порекомендовал для этой поездки меня. Благодаря этой поездке в США вместе с министром промышленности Натаном Щаранским мне удалось установить необходимые деловые контакты, и мне предложили работу директора по науке и развитию в американской фирме EUROTECH, президентом которой был адмирал Уоткинс. Занимался созданием новых материалов и технологий. В Израиле я создал дочернее предприятие – «Полимейт», что позволило мне работать и на своей исторической родине. Таким образом, я обеспечил рабочими местами большую группу учёных-репатриантов, специалистов по материаловедению, по борьбе с коррозией. Почти 30 лет я выпускал научный журнал на английском языке, подаривший возможность срочной публикации многим учёным-репатриантам из стран бывшего СССР, что тоже было для них крайне важно. Сегодня у меня уже более 500 изобретений. И это было отмечено специальной медалью от правительства США. Но я очень любил и люблю наш уютный, солнечный, маленький Израиль, ещё в СССР я участвовал в разных сионистских общественных объединениях, поэтому не захотел переехать в США насовсем.

Общественная деятельность в еврейском государстве. Союз учёных-репатриантов Израиля (СУРИ).

Говоря о движении «Хазит-а-Кавод» и о Союзе учёных-репатриантов, хотел бы отметить, что я присутствовал на учредительном собрании этих общественных организаций и всячески поддерживал это благое начинание, так как всегда стремился помогать нуждающимся в этом. В 1995 году я, будучи вице-президентом СУРИ, получил доступ к «засекреченному» уставу технологических теплиц министерства промышленности и торговли. В нём было сказано, что зарплата нового репатрианта-учёного, работающего в этих теплицах, составляет 3.600 шекелей в месяц, а старожила учёного – 7.200 шекелей в месяц, то есть в два раза больше. Директор СУРИ д-р Александр Берман направил письмо министру промышленности и торговли Мики Харишу, а также председателю израильского профсоюза Хаиму Рамону с угрозой подать в суд на министерство промышленности и торговли из-за дискриминации новых учёных-репатриантов при начислении им зарплаты. Это письмо СУРИ привело к тому, что через короткое время зарплаты около 300 новых учёных-репатриантов были увеличены в два раза (до 7.200 шекелей в месяц). Так, вместе с Александром Берманом, президентом «Хазит-а-Кавод», мы добились ряда льгот для наших учёных-репатриантов, выступая против дискриминации наших людей и в защите их прав как учёных. Кстати, уже когда я переехал в Израиль, в России был избран членом двух российских академий наук. Меня также избрали академиком Европейской академии наук.

День сегодняшний.

Сегодня я по-прежнему занимаюсь научными изобретениями и пишу книги на русском и английском, являюсь главным редактором журнала ICMS (США). Издаю минимум одну – две книги в год. Мои печатные труды делятся на два раздела. Первая категория – это технические издания на английском языке, посвящённые науке о материалах, выходящие в крупнейших издательствах нашей планеты. Также немало пишу на русском языке, рассказывая о состоянии науки в разных странах, таких как США, Великобритания, Китай. Стараюсь жить происходящим в мире, не замыкаясь только на событиях Ближнего Востока, чтобы не быть «местечковым» евреем. У меня также выходит не менее 20 статей в год в европейских,

китайских, российских и других научных и технических журналах. Хочу отметить, что я всегда «плыл» против течения как в России, так и в Израиле. Но, несмотря на все трудности, не уехал из еврейского государства и в наши дни, например, активно борюсь за кардинальные изменения в израильском строительстве, подготовив реальные предложения по устранению зависимости от иностранных рабочих.



Прадедушка Олега Фиговского
Беллинсгаузен Григорий и его бабушка Екатерина

** Author: Яна Любарская*

КРАТКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ

1. Turysheva E.S., Marchenko A.A., Gorovaya G.K., Chelnochkov N.A., Shulyushenkov D.S. 3D printing reinforcement of concrete mixture. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2024.

2. Jha K.N. Formwork for Concrete Structures. Tata McGraw Hill Education Private Limited, New Dilhi, India, 2012.

3. To Grow a Building, Jerusalem Design Week 7.2022, jerusalem design week 2022 | design and architecture news and projects (designboom.com).

4. Some new technologies and materials for 3D printing in buildings / Acad O.Figovsky, Dr. A.Shteinbok, 2023.

5. 3D Printing Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Software, Services), GVR, By Printer Type, By Technology, By Software, By Application, By Vertical, By Region, And Segment Forecasts, 2023–2030. URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis

6. The World's Largest 3D Printing Companies by Market Cap: 3D Systems & Xometry on Top. URL: https://manufactur3dmag.com/the-worlds-largest-3d-printing-companies-by-market-cap-protolabs-3d-systems-on-top/

7. Phenotypically complex living materials containing engineered cyanobacteria. URL: https://www.nature.com/articles/s41467-023-40265-2

8. 3D-печать и армирование бетонной смеси / Е.С. Турышева, А.А., Марченко, Г.К. Горовая, Н.А. Челночков, Д.С. Шулюшенков // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8951

9. 3D Printing Additive Manufacturing Technologies / Figovsky Oleg, Shteinbok Arkady // China Coatings Journal. 2023, july. P. 58-65.

10. Compositions and Methods for 3D Printing of Calcium Phosphate Cement Composite Scaffolds, Dr Stella Alimperti, Dr Yoontae Kim, Dr Eun-Jin Lee, Dr Laurence Chow, Dr Shozo Takagi. URL: https://www.ada.org/-/media/project/ada-organization/ada/ada-org/files/resources/research/compositions-and-methods-for-3d-printing-of-calcium-phosphate-cement-composite-scaffolds.pdf?rev=979a9ae585504c54910450363e447f52&hash=4A1F38D3D2724DD663359FA3102BF799

11. Liquid Metal Printing – chrome-extension. URL: https://static1.squarespace.com/static/58977341414fb5309fc954e6/t/65aee0cdbd9c1e50b009b2b7/1705959629800/ACADIA+23+Proceedings_LMP.pdf

12. 3D bioprinting of human neural tissues with functional connectivity. URL: https://www.cell.com/cell-stem-cell/fulltext/S1934-5909(23)00439-3

13. Typical construction project cost distribution (Paul et al., 2018). URL: https://www.researchgate.net/figure/Typical-construction-project-cost-distribution-Paul-et-al-2018_fig3_329365708

14. World's first 3D-printed steel bridge unveiled at Dutch Design Week, 2018. URL: https://www.dezeen.com/2018/10/22/worlds-first-3d-printed-steel-bridge-completed-mx3d-technology/

15. Umaine 3D Printerю Maine Universyty, 2024. URL: https://go.umaine.edu/

16. Нетоксичное полиуретановое промышленное напольное покрытие. URL: https://hybridcoatingtech.com/polyurethane/non-toxic-polyurethane-floor-coating/January 29, 2023/

17. 3D-печать строительных элементов и зданий цементом BCT. URL: https://patents.google.com/patent/CN104891891A/en

18. 3D-печать и жилищное строительство: интеллектуальная собственность и строительное право. URL: https://www.researchgate.net/publication/348205429_3D_Printing_and_Housing_Intellectual_Property_and_Construction_Law

19. ICE CORAL. URL: https://www.ice.cz/en/construction-automation/mobile-3d-concrete-printer?utm_term=3%20d%20printing%20construction&utm_campaign=sea+3d+printing+en&utm_source=google&utm_medium=cpc&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjqWzBhAqEiwAQmtgT4-6BqN7DqS_s3SOLWy_14X7fVgKpDu8tt8UFxy1MamRffgpyHWK0xoCWh4QAvD_BwE

20. PERI 3D Construction и KRAUSGRUPPE. URL: https://www.google.com/search?q=PERI+3D+Construction+%D0%B8+KRAUSGRUPPE&sca_esv=0638464d073c0798&sca_upv=1&hl=en-IL&gbv=2&tbm=isch&sxsrf=ADLYWIIR1XXJguuIXgXf-9gfPWHaWloFTg:1722404821957&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEwiHzsn8ydCHAxW9BNsEHeVMBcgQ_AUIBigB&biw=1524&bih=770

21. Digital Building Technology (DBT). URL: https://dbt.arch.ethz.ch/project/3d-printed-formwork-for-hires-concrete-slab/

22. Революция в гражданском строительстве: последняя тенденция 3D-печати. URL: https://tint.edu.in/trend-of-3d-printing.html

23. ‘World’s first on-site 3D printing of apartment building’ begins. URL: https://bkt.tradelinkmedia.biz/publications/7/news/2538

24. Куприяновский В.П., Покусаев О.Н., Намиот Д.Е., Климов А.А., Жабицкий М.Г. Цифровой бетон: открытый BIM, машиночитаемые стандарты, IOT, цифровые двойники, логистика 4.0, бережливое строительство и другие промышленные подходы на примерах транспортных инфраструктур // International Journal of Open Information Technologies. 2021. № 9. URL: cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-betonotkrytyy-bim-mashinochitaemye-standarty-iot-tsifrovye-dvoyniki-logistika-4-0-berezhlivoe-stroitelstvo-i-drugie; URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_17N6y24_Tamov1.pdf_903dfd177e.pdf

25. Тамов Р.М. Обеспечение процессов эффективного возведения бетонных конструкций различной функциональности в строительстве. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_17N6y24_Tamov1.pdf_903dfd177e.pdf

26. 3D printing in construction: is it worth the hype? URL: https://www.ucem.ac.uk/whats-happening/articles/3d-printing-construction/

ИЗБРАННЫЕ КНИГИ АКАДЕМИКА ОЛЕГА ФИГОВСКОГО



- New technologies and Science in Modern Word, part 1, VOIR, 2022, 188 pages. (in Russia).
- New technologies and Science in Modern Word, part 2, VOIR, 2023, 346 pages. (in Russian & English).
- The Future is Beginning Today – Etudes about New Tendency in Science. PSNRU, 2021, 345 pages (in Russian).
- Nanomaterials based on soluble silicates. Lambert A.P., 2014, 241 pages.
- Люди и роботы. М.: РУДН, 2021. 368 с. (in Russian).
- Man and Artificial Intellect. RYDH, Moscow, 2020, 520 pages (in Russian).
- Encyclopedia of Surface and Colloid Science. Taylor & Francis Group, CRC Press, 2006: O. Active Fillers for Composite Materials: Interaction with Penetrated Media. V. 1, pp. 94–96; Cyclocarbonate Based Polymers Including Non-Isocyanate Polyurethane Adhesives and Coatings. V. 3, pp. 1633–1653; O. Polymeric Coating Interfaces. V. 6, pp. 4966–4972. Innovative Systems: Perspectives & Forecasts, Lambert Academic Publishing, 2019. 448 pages (in Russian).
- Innovative Systems: Advantages & Problems, Lambert Academic Publishing, 2018. 646 pages (in Russian).
- Green Nanotechnology, Pan Stanford Publishing, 2017. 538 pages.

- Advanced Polymer Concretes and Compounds. Taylor & Francis Group, CRC Press, 2013. 272 pages.
- The Anticorrosion Service of Plants (Антикоррозионная служба предприятий Metallurgizdat. Moscow, 1987. 240 pages (in Russian).
- Handbook of Adhesives and Gluing Mastics in Building (Справочник по клеям и мастикам в строительстве). Stroiizdat, Moscow, 1984. 230 pages (in Russian).
- The Floors of Industrial Buildings (Полы промышленных зданий). Stroiizdat, Moscow, 1978. 136 pages (in Russian).
- Innovative Systems: Perspectives & Forecasts, Lambert Academic Publishing, 2019. 448 pages (in Russian).
- Figovsky O., Beilin D.: Advanced Polymer Concretes and Compounds. Taylor & Francis Group, CRC Press, 2013. 272 pages.
- The Anticorrosion Service of Plants.(Антикоррозионная служба предприятий Metallurgizdat, Moscow, 1987. 240 pages (in Russian).
- Nonisocyanate Polyurethanes – Green Solutions. URSU, 2021, 112 pages.

Научное издание

Фиговский Олег Львович

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
в 2020–2025-х годах

Редактор *Ж.В. Медведева*
Компьютерная верстка *М.Н. Заикиной*
Дизайн обложки *М.В. Роговой*

Подписано в печать 10.03.2026. Формат 60×90/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 44,12. Тираж 500 экз. Заказ 408

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3.
Тел.: 8 (495) 955-08-61. E-mail: publishing@rudn.ru