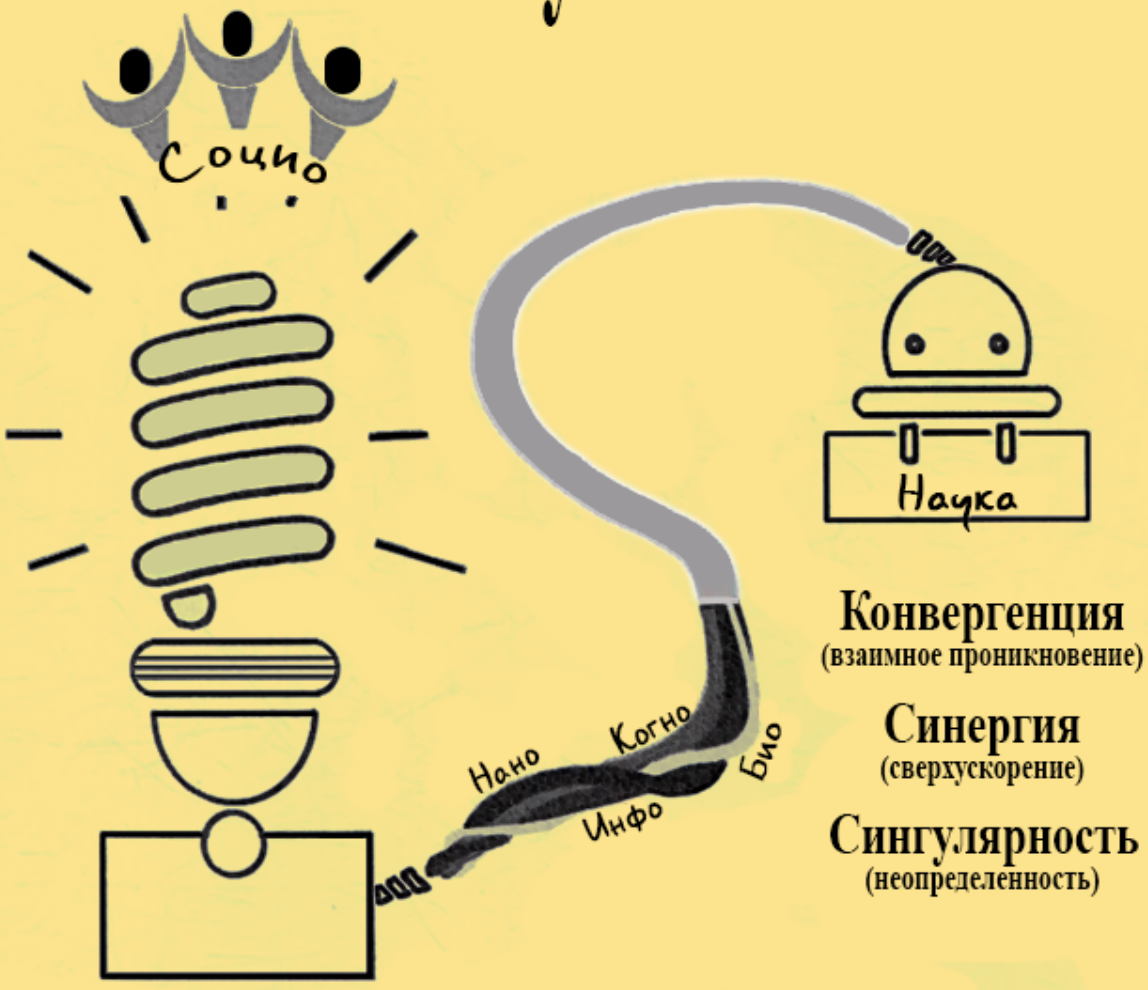
Научно-просветительский журнал

НБИКС

(нано, био, инфо, когно, социо)

Наука. Технологии.



Конвергенция
(взаимное проникновение)

Синергия
(сверхускорение)

Сингулярность
(неопределенность)

27 2026 (08)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор



Кричевский Герман Евсеевич, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, вице-президент Нанотехнологического общества России, научный руководитель ООО «Колетекс». Научные интересы: фотоника окрашенных веществ, медтекстиль, химия и физико-химия производства волокон и текстиля, диффузионно-сорбционные явления, гетерогенная химическая кинетика.

Ответственный секретарь



Барышева Наталья Викторовна, кандидат технических наук, редактор портала Нанотехнологического общества России.

Члены редакционного совета



Берлин Александр Александрович, доктор химических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН. Научные интересы: физика и химия высокомолекулярных соединений и композиционных материалов.



Быков Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, президент Нанотехнологического общества России, Почетный президент «НТ-МДТ Спектрум Инструменте».

Научные интересы: нанотехнологии, молекулярные технологии, жидкие кристаллы, приборостроение для нанотехнологии.



Гусев Борис Владимирович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, президент Российской инженерной академии, президент Российского Союза общественных академий наук. Научные интересы: прочность материалов оптимизация технических решений и технологий создания новых материалов, строительное материаловедение и технологии строительных материалов.



Дубровский Давид Израилевич, доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Сектора теории познания Института философии РАН, профессор Философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, сопредседатель Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта. Научные интересы: проблемы «сознание и мозг», методологические вопросы развития информационных и когнитивных технологий.



Заславский Илья Иосифович, кандидат технических наук, действительный Государственный Советник РФ 3-го класса.

В конце 90-х и начале нулевых работал в должности заместителя Министра РФ, входил в редколлегии журналов «Химия и жизнь» и «Столица». В настоящее время - частный консультант. Область научных интересов: применения методов системного анализа, эксперт по земельным отношениям и земельному праву.



Кричевский Сергей Владимирович, доктор философских наук, кандидат технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН, космонавт-испытатель. Научные интересы: аэрокосмическая деятельность, история и философия техники, «зеленые» технологии, эволюция технологий и техносферы, космическое будущее человека и человечества.



Куринный Александр Николаевич, создатель и руководитель проекта NanoNewsNet.ru, член Центрального правления Нанотехнологического общества России. Сфера интересов: популяризация знаний в области нано-, био-, инфо-, когнонауки, технологий, индустрии, информационно-аналитическая и просветительская деятельность в области высоких технологий.



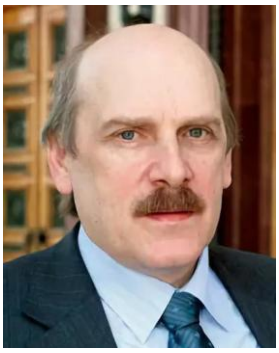
Лютомский Николай Вадимович, архитектор, лауреат Государственной премии РФ, лауреат премий Москвы 1999 и 2007 годов, творческий руководитель компании «Архитектурное бюро ЭЛИС».



Ткаченко Юрий Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.



Фиговский Олег Львович, директор по науке и развитию компаний ASTEROS Sp. Z.o.o. и ZSZ, Inc., академик Европейской Академии Наук и двух Российских академий (РААСН и РИА), президент Израильской Ассоциации Изобретателей, профессор Высшей Школы Экономики Польши. Научные интересы: нанокомпозиты на основе полимерных, силикатных и металлических матриц, экологически безопасные материалы на основе наноструктур.



Яминский Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор физического и химического факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова, генеральный директор Центра перспективных технологий, научный руководитель Центра молодежного инновационного творчества «Нанотехнологии». Научные интересы: аналитическая бионаноскопия, наноскопия полимерных материалов, разработка инструментария для наноскопии, обучение в области нанотехнологии и наноскопии.

Контакты:

Главный редактор Герман Кричевский gek20003@gmail.com, т. 8-910-415-08-50

Ответственный секретарь Наталья Барышева i@cathouse3.ru

Редакция журнала не всегда разделяет высказанные на страницах журнала авторами публикаций мнения, позиции, положения, точки зрения на происходящие в России и в мире процессы и события. Публикация спорных, дискуссионных и иных противоречивых авторских точек зрения означает отсутствие со стороны редакционной коллегии и редакционного совета журнала, официальных государственных органов власти Российской Федерации и иных структур, организаций и учреждений каких-либо форм и видов цензуры, и ограничений.

Редакция журнала не несет ответственности за полноту содержания и достоверность информации. Авторы несут персональную ответственность за содержание своих материалов, точность перевода, цитирования и достоверность информации.

Редакция журнала не несет ответственности за содержание и точность любых приводимых цифровых, иллюстративных и цитируемых материалов в публикациях авторов журнала. Данную ответственность несут исключительно авторы тех публикаций, в тексте которых содержатся соответствующие материалы.

Редакция журнала не несет ответственности за высказанные авторами публикаций точки зрения на происходящие в России и в мире политические процессы, события, явления. Редакция журнала не уполномочена и не в праве определять, какие из происходящих в политическом пространстве России и в остальном мире события имеют положительный или отрицательный, правомочный или иной характер. Редакция журнала не несет ответственности за высказанные в рамках публикаций их авторами оценочные суждения в данном вопросе.

Редакция журнала размещает и публикует материалы, которые не противоречат Международному праву и национальным законодательствам тех стран, из которых поступают публикации, но при этом не берет на себя обязанности по установлению фактов соответствия/несоответствия данных материалов. Ответственность за любые подобные соответствия несут исключительно авторы публикуемых материалов.

Редакция журнала не несет ответственности за размещаемые в сети Интернет или на любых иных средствах передачи информации и прочих информационных носителях материалов, имеющих указание на отношение к научно-просветительскому журналу «НБИКС-Наука. Технологии».

Научно-просветительский журнал «НБИКС-Наука. Технологии» рекомендован к ознакомлению читателям и пользователям интернета, начиная с возрастной категории от 6 лет.

С ЖУРНАЛОМ СОТРУДНИЧАЮТ:



Нанотехнологическое общество России



Компания «НТ-МДТ Спектрум Инструментс»



Российское on-line издание NanoNewsNet



Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»



Российская инженерная академия



Российский союз научных и инженерных общественных организаций



Научный совет РАН по методологии искусственного интеллекта



Центр перспективных технологий

Содержание

11	Колонка главного редактора

Наука

13	Вклад нанотехнологий в мировую экономику *Кричевский Г.Е.*
35	Микогенные наночастицы TiO2 для удаления токсичных металлов из промышленных сточных вод и профилирования их токсичности *Yamini Vinayagam, Devi Rajeswari Vijayarangan*

Обзоры. Инновации

65	Биомедицина – сегодня и завтра *Фиговский О.Л.*
75	Мировая экономика и наука *Фиговский О.Л.*
83	Микропластик: угроза или нет?
95	Открыты универсальные законы сборки белковых комплексов
97	SARS-CoV-2 не смог обойти структурные ограничения в эволюции
99	Учёные доказали невозможность бессмертия для человека
101	В песке Хиросимской бухты нашли неизвестный металлический сплав, возникший во время ядерного взрыва в 1945 году
104	Секрет иммунитета прячется в коровнике: ученые назвали бактерии, защищающие детей от астмы и аллергии

Отраслевая наука

107	Химическая и ферментативная переработка текстиля, содержащего спандекс
137	Наноматериалы, способствующие переходу к «зеленой» энергетике

История

143	Мария Склодовская-Кюри
161	«Как жаль, что меня сделали академиком»: зачем Иванов просил натурщицу зарыдать
165	Семь старейших технологических компаний и их эволюция
168	Происхождение анестезии: враждующие ученые, война и яд для дротиков
177	«Город» за день: как римляне возводили свои неприступные лагеря

География

182	Всё об Алжире. Африканская культура с французским колоритом

Информация

195	Доживем ли мы до таблетки от старости
199	Почему нельзя делить на ноль — простое и понятное объяснение для всех
209	Мошенничество в… науке
211	Как они общаются, охотятся, обманывают насекомых… Интересные факты о цветковых растениях
220	Самые глубокие станции метро в мире

227	Чем отличаются ультраобработанные продукты от минимально обработанных
232	От орбиты до кухни: космические технологии, которые вошли в наш быт
235	В Австралии построили самое высокое в мире деревянное здание

ИИ и Человек

239	Бум искусственного интеллекта в мире *Фиговский О.Л.*
247	ИИ помог астрономам найти 7 квазаров, искажающих пространство-время

Немного красоты и юмора

250	Юмор в «картинках»
252	Лучшие из лучших. Самые эффектные фото дикой природы России

Колонка главного редактора

27-ой номер нашего журнала – это не хухры-мухры, с учетом того, что журнал делают два человека: главный и ответственный редакторы. Малыми силами, большие дела.

Это номер получился толстый (если так можно сказать про что-то в электронном формате) – 262 страницы. Номер журнала получился интересным, содержательным для широкой аудитории. Все тексты актуальны и в большинстве своем междисциплинарны.

Как всегда, имеются статьи по ИИ. Куда без него, он проник во все сферы нашей жизни. Им пугают, а он не боится. Уже выявили его (наши) проблемы – необходимость для него огромного объема энергии, что вызвало взрывное строительство электростанций разного вида, в том числе плазмонных генераторов электричества.

В номере, конечно, традиционно публикуются статьи по нанотехнологиям, и мы будем традиционно соблюдать это и впредь. Мы продолжаем позиционировать журнал, как журнал НОР несмотря на то, что роль НОР в функционировании журнала очень сильно поубивалась. Правда она и никогда не была значимой.

Следует отметить статью в разделе «Отраслевая наука» по ресайклингу текстильных материалов, состоящих из природных и синтетических полиуретановых эластомерных волокон спандекс. Задача эта очень сложная из-за присутствия в ткани волокна спандекс, обладающего уникальными химическими и физическими свойствами. Решение состоит из химических и ферментативных способов обработки смесовой ткани.

Очень интересный материал в разделе «История» посвящен замечательной женщине-ученой Марии Складовской-Кюри. Мы и дальше будем публиковать статьи о выдающихся ученых.

Заслуживает внимания текст из раздела «Информация», доказывающий, что у всех живущих на планете Земля людей имеется предел жизни порядка 120-150 лет. Текст этот весьма актуален, поскольку некоторые очень известные земные персонажи очень хотят достигнуть такого долголетия.

Очень интересная статья об «интимной» жизни растений с закрытыми семенами (их большинство на нашей планете), которые способны общаться друг с другом через испускание ими запахов.

Ну и традиционно приглашаем читателей полюбоваться цветными фотографиями на этот раз победителей конкурса "Самая красивая страна".

P.S. Призываем Вас перейти от формы пассивного потребления текстов журнала к активной форме авторства текстов.

P.S.S. Забыл упомянуть еще один интересный текст об истории анестезии.

Главный редактор Герман Кричевский

Наука


КОНВЕРГЕНЦИЯ НАУК И ТЕХНОЛОГИИ
Когнитивные технологии
Нанотехнологии
НБИКС
Биотехнологии
Информационные технологии
Социогуманитарные технологии


Право
Математика
Политология
Статистика
инфо
Вычисл.техника
Экономика
Информатика
Физическая химия
Педагогика
Зрение
Физика
нано
Химия
Психология
Нейрофизиология
Экология
когно
Психиатрия
Науки о земле
Магнитно-рез.скан.
био
Биология
Биохимия
Био-материалы
Ботаника
Микробиология
Медицина
Онкология
Зоология
Вирусология
Инфекционные заболевания

Вклад нанотехнологий в мировую экономику

Кричесвкий Г.Е.

Д.т.н., профессор

Нанотехнологии практически начали использоваться в различных областях индустрии, науки и техники в последней четверти предыдущего века и на сегодняшний день (первая четверть 21 века) заняла одно из ведущих научно-практических направлений современности. Это очевидно, поскольку нанотехнологии межотраслевые и междисциплинарные (межпредметные) технологии.

Междисциплинарность нанотехнологий стала еще более широкой, охватив не только технические, но и гуманитарные и социальные направления.

Попытаемся рассмотреть вклад нанотехнологий в мировую экономику на количественном и качественном уровнях, поскольку уже давно количественный вклад нанотехнологий трансформировался в качественные изменения мировой экономики.

Интересно проследить вклад нанотехнологий в различные отрасли индустрии, области науки и техники. Это будет сделано. Конечно, вклад этот не одинаков, как и успехи нанотехнологий в различных странах.

Все нанотехнологии грубо по происхождению и области использования можно разделить на два источника и на две обобщенные области использования:

1. Квантовая физика и прикладная область – электроника (теперь наноэлектроника);

2. Коллоидная химия (нанохимия) – нанонаука о живой природе (биология, медицина). Поэтому, прежде всего, нанотехнологии в первую очередь нашли практическое применение в электронике (наноэлектроника, производство наночипов и других наноэлементов, всех видов гаджетов), в биологии, в генетике, биотехнологии, в медицине. Остальные отрасли индустрии, области науки и техники подтянулись к этим двум направлениям.

Общий качественный и количественный вклад нанотехнологий в мировую экономику

Нанотехнологии действуют как критический, определяющий двигатель роста мировой (глобальной) экономики, трансформируя (изменяя) производства, здравоохранение, электронику, энергетику и другие сектора экономики. В период 2024-2026 гг. глобальный рынок нанопродукции вырос до трех триллионов долларов США. Это привело к экономическому росту, появлению новых материалов и нанопродуктов. И это в свою очередь привело к повышению эффективности экономики, к снижению расхода сырья и к существенному развитию электроники и наноэлектроники.

Основные экономические вклады и тренды:

– Рост мирового рынка труда. Изменение модели рынка и бизнеса, что характеризуется планированием выпуска нанопродукции в 2026 году на 15 млрд долларов и ростом рабочих мест до двух миллиардов, повышением производительности в химической отрасли, в электронике, в сельском хозяйстве.

– Энергетика и устойчивость развития «зеленой» экономики (солнечные батареи, повышение эффективности аккумуляторов, очистка воды, фильтры для двигателей, сохранение энергии в различных технологиях).

– Революция в медицине. Система адресной доставки лекарств к пораженным органам (онкология), нанодиагностика, инженерия тканей. Революция в фармации и рынке медицинских услуг, повышение эффективности лечения (нанотерапия).

Глобальная конкуренция и стратегические инвестиции. Лидеры конкуренции – Китай, является лидером по патентам в нанотехнологиях, обогнав США.

– Экономическая независимость: нанотехнологии помогают странам снижать зависимость от традиционных ресурсов, повышается эффективность их использования и создания новых видов ресурсов.

Вызовы и экономические риски

Масштабируемость и стоимость. Высокая стоимость и трудности масштабируемости производства на пути от науки к производству лимитирует оборот инвестиций.

В медицине необходимость обеспечения безопасности для здоровья людей (токсикология) и для окружающей среды.

Электроника и компьютеризация. Нанотехнологии являются определяющей в миниатюризации, эффективности производства таких нанопродуктов как транзисторы, чипы, элементы памяти, полупроводники, сенсоры.

Появлению новых материалов (графеновые композиции), обладающих высокой прочностью и проводимостью обязаны нанотехнологиям.

Экономия продукции и устойчивое развитие, новое направление «зелёные нанотехнологии».

– Эффективность энергетики за счет лучшей экономики сохранения энергии, эффективные аккумуляторы, меньше расход топлива, снижение выбросов в атмосферу CO_2.

– Снижение стоимости нанопродуктов за счёт нано лубрикантов, нанопокрытий; снижение стоимости производства оборудования и материалов.

– Устойчивое развитие. «Зелёные нанотехнологии» способствуют производству более долговечных наноматериалов, эффективной очистке воды и окружающей среды, уменьшению всяческих выбросов.

Количественные показатели вклада нанотехнологии в мировую экономику

Ниже приведены количественные показатели в долларах США и евро нанотехнологий в мировую экономику и в экономику разных стран.

– К 2024 году стоимость нанопродуктов составила 1-3 триллионов долларов США, которые производили 2 млн компаний.

– США в 2024г. произвела нанопродукции на 30 млрд долларов.

– Китай – 2024г. - 40% от всех мировых патентов по нанотехнологиям.

– США, Япония, Германия, Южная Корея – главные производители нанопродуктов.

– В 2024 год госинвестиции в США составили 43 млрд.

– Китай, США – лидеры в патентах и в производстве нанопродукции. ЕС - 2,7 млрд евро инвестиций в нанотехнологии в 2020 году.

– Венчурный мировой капитал нанотехнологий в 2020 году составил 1,9 трлн долларов. Корпоративные инвестиции и др.

– Коллаборация стран и корпораций. ЕС – 1 млрд евро в программу «Горизонты Европы».

– Коллаборация между государством, крупными корпорациями, университетами, академической наукой.

– В США 60% инвестиций частный сектор, в Японии 2/3 .

– В США национальные нанотехнологические программы объединяют 20 федеральных агентств.

– Китай, правительство + частные крупные фирмы + университеты объединены в крупные программы.

– ЕС, бюджет нанотехнологии 2021-2027 гг. 5,4 млрд евро (Bosch, Aerobes, Siemens (графен))/

– Индия, Япония, Саудовская Аравия стараются догнать

Вклад нанотехнологий в различные отрасли экономики и в различные направления науки и техники

В настоящее время нанотехнологии как междисциплинарные и межотраслевые технологии вносят вклад практически во все направления жизнедеятельности человека.

Влияние нанотехнологий на медицину и здравоохранение. Начнём рассмотрение с влияния нанотехнологий на медицину и здравоохранение, поскольку книга посвящена использованию наночастиц металлов в медицине.

В наномедицине (самостоятельное научно-практическое направление) используются многочисленные нанотехнологии, в которых важное место занимает применение наночастиц металлов и оксидов металлов.

Нанотехнологии — это искусство и наука создания материалов размером менее 100 нм. Они произвели революцию в медицине и стоматологии, улучшив механические и физические свойства материалов, а также способствовали появлению новых методов диагностики и систем нано доставки.

Первые рекомендации в области нанотехнологий были разработаны Эриком Дрекслером из Института Форсайта. Он познакомил общественность с наукой о нанотехнологиях в своей книге «Машины созидания». Стремясь создать экологически чистые и социально приемлемые нанотехнологии, Национальный геномный исследовательский институт США предложил новый подход к разработке новых технологий. Это было достигнуто за счет решения этических, правовых и социальных проблем до того, как нанопродукция вышла на рынок, что позволило легко вносить изменения и корректировки на ранних этапах производства.

Высокое значение отношения площади поверхности к объему является уникальной физической характеристикой наночастиц. Это означает, что на поверхности наночастицы больше атомов, чем в ее объеме. Это особенно полезно, поскольку поверхностные атомы имеют несвязанные поверхности по сравнению с атомами в ядре, что позволяет создавать новые прочные связи. Таким образом, наночастицы более реакционноспособны по сравнению с микро- и макрочастицами, в которых больше атомов в ядре, чем на поверхности. Продолжающиеся исследования в области нанотехнологий обусловлены уникальными

свойствами наночастиц. Атомы являются строительными блоками биологических тканей, и их размер измеряется в наномасштабах. Использование наночастиц позволяет осуществлять взаимодействие на молекулярном уровне, повышая общую эффективность и аффинность по сравнению с биологическими молекулами, взаимодействующими с частицами микро- или макроразмера.

По сравнению с тем же материалом в объемном состоянии (макро- или микрочастицы), наночастицы могут легко принимать различные конфигурации упаковки благодаря высокому соотношению площади поверхности к объему, что упрощает их обработку и использование в различных областях. Более сильные тепловые колебания, испытываемые атомами на поверхности по сравнению с атомами в объеме любого материала, независимо от размера частиц, способствуют снижению температуры плавления наноматериалов по сравнению с тем же материалом в объемном состоянии. Это может иметь особое значение при использовании наноматериалов для изготовления металлокерамических коронок (МКК), литых штифтов или каркасов.

Многие авторы публиковали обзорные статьи, в которых обсуждали потенциал нанотехнологий в стоматологии, в том числе в области разработки новых материалов, однако в литературе нет обзоров, подробно раскрывающих научные основы нанотехнологий и их влияние на стоматологию. В этом обзоре рассматриваются научные аспекты, последствия и современные способы применения нанотехнологий в стоматологии, в том числе недавно разработанные коммерческие материалы и сопутствующая литература, которые помогут стоматологам понять клиническую значимость и эффективность таких материалов по сравнению с теми, что используются в клинической практике в настоящее время.

Значение нанотехнологий

Этические аспекты

После этапа исследования и разработки любого стоматологического или медицинского нанопродукта он проходит обширные доклинические испытания in vitro для изучения его механических, токсикологических и иммунологических свойств. Многие агентства, такие как Агентство по охране окружающей среды США и Национальный институт безопасности и гигиены труда, представили руководящие принципы по исследованию рисков, связанных с наноматериалами. Однако разработка междисциплинарной нормативно-правовой базы для оценки и контроля нанотехнологий, а также решения этических проблем, относящихся к четырем категориям: метафизическим, социальным, связанным с неприкосновенностью частной жизни и безопасностью, — это постоянная задача для законодателей. Несмотря на то, что исследования на животных дают представление о том, чего ожидать при проведении первой фазы испытаний, были зафиксированы серьезные побочные реакции при воздействии на людей дозы препарата в 500 раз меньшей, чем зарегистрированный токсический предел в исследованиях на животных. Таким образом, мы должны понимать, насколько высок риск, связанный с воздействием новых материалов, а в каждом клиническом испытании должны быть назначены наблюдательные комиссии по мониторингу безопасности, которые будут тщательно отслеживать и фиксировать любые побочные эффекты на ранних этапах, выявлять несоответствия в обработке данных и обеспечивать безопасность и благополучие испытуемых. Непредсказуемость наноматериалов ставит медиков перед этической дилеммой, когда перед ними открывается широкий выбор материалов, некоторые из которых имеют долгую историю клинического применения, например гибридные или микронаполненные композитные полимеры, а другие, например композитные полимеры с нано наполнением, привлекательны с точки зрения концепции и подтверждены

краткосрочными клиническими исследованиями. Традиционный подход к принятию этических решений, основанный на утилитаризме, не поспевает за стремительным развитием нанотехнологий и их неопределенным будущим. По этой причине требуется более глубокое понимание научных основ, включая анализ соотношения риска и пользы и учет этических аспектов на всех этапах разработки. В связи с этим была предложена концепция упреждающей этики и управления, разработанная для выявления и устранения этических и социальных последствий с помощью моделей этического анализа на начальном этапе развития технологии, чтобы затем можно было легко модифицировать технологию и направить ее развитие в этически приемлемое русло.

Нанотехнологии и общество

Поскольку общество является потребителем, спонсором, а также субъектом, определяющим политику и принимающим решения, отношение людей к нанотехнологиям играет ключевую роль в их успехе или провале. Другими словами, общество — это и судья, и присяжные. Это обусловлено этическими, моральными и ценностными установками, которые в последнее время стали более благосклонно относиться к новым прорывным технологиям, поскольку предполагаемые выгоды перевешивают предполагаемые риски. Однако несмотря на то, что нанотехнологии уже внедрены в сферы, которые напрямую влияют на жизнь общества, такие как энергоснабжение, здравоохранение и диагностика, телекоммуникации и борьба с загрязнением окружающей среды, это вызывает опасения, поскольку подобные достижения могут привести к сокращению тысяч рабочих мест из-за перехода на более автоматизированную систему. Для решения социальных проблем были предприняты различные инициативы, призванные сократить разрыв между обществом и нано наукой. В докладе «Национальная нанотехнологическая инициатива» (Правительство США) утверждается, что развитие технологий требует подготовки нового поколения специалистов с расширенным набором профессиональных и управленческих навыков. В 2003 году технолог Рэй Курцвейл заявил, что «портативные производственные системы смогут производить практически любой физический продукт из области информации за копейки, тем самым удовлетворяя наши физические потребности практически без затрат». Это требует немедленного взаимодействия с обществом для решения проблем и повышения осведомленности о текущих и будущих сферах применения нанотехнологий, чтобы заручиться поддержкой общественности и сохранить её.

Последствия для здоровья

Федеральные агентства и учреждения штатов США приняли четырехэтапную систему оценки масштабов любой проблемы для здоровья, начиная с выявления проблемы, за которой следует оценка зависимости доза-реакция, оценка воздействия и заканчивая определением характера риска. Воздействие наноматериалов в значительной степени зависит от их размера, а это означает, что нетоксичные частицы размером 100 нм могут резко превратиться в токсичные элементы, если их размер уменьшится, например, до 1 нм, и наоборот. Нетоксичный наноматериал также может распадаться или агрегировать, образуя токсичные наночастицы. Эта непредсказуемость реакции нашего организма на наноматериалы зависит не только от размера, но и от того, как наша иммунная система реагирует на нанопродукт, поскольку исследования показали, что наночастицы могут реагировать иначе в культуре клеток, чем в организме.

Исследования показали, что наночастицы при вдыхании проникают через клеточные мембраны и достигают печени, лимфатических узлов, селезенки и костного мозга. Хотя утверждения о нанотехнологических эффектах при вдыхании были четко сформулированы, в

литературе отсутствуют убедительные научные доказательства, подтверждающие или опровергающие эти утверждения. Поэтому, хотя частные компании не обязаны проводить постмаркетинговые исследования своей продукции, государственные органы должны спонсировать и поощрять такие исследования для изучения долгосрочного воздействия наноматериалов и сообщать о любых неблагоприятных побочных эффектах законодательным и регулирующим органам, таким как Управление по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA). Исследования этических, социальных последствий нанотехнологий и последствий для здоровья людей далеко отстают от науки, и, независимо от наличия финансирования, серьезных попыток рассмотреть рассматриваемые проблемы не предпринимается. Вместо этого появляются шумиха и споры, которые только усиливают недоверие общественности к новым прорывным технологиям

Нанодиагностику и нанотерапию можно разделить на два уровня:

- Нанодиагностика ex vivo проводится вне организма человека, т.е. это неинвазивные технологии, не способные нанести вред здоровью;

- Нанодиагностика и нанотерапия для визуализации и терапии in vivo, которые проводятся непосредственно в организме человека, инвазивные технологии.

Применение нанодиагностики с неинплантированными устройствами предохраняет человека от вредного воздействия. Они не требуют клинических испытаний и поэтому быстро внедряются в медицинскую практику.

Основными требованиями к этому виду нанодиагностики можно сформулировать следующим образом:

- Повышение прецизионности (точности) в диапазоне концентрации 10i молекул/мл, т.е. это фемто / атомолярная концентрация;

- Повышение мультикомплексности нанодиагностики, т.е. В одном анализе определять несколько физиологических параметров организма. Это повышает системность диагноза заболеваний пациента:

- Ускорение получения результатов анализа до несколько минут. Это снижение риска негативного исхода для пациента, экономия при анализе;

- Повышение надежности, воспроизводимости результатов.

Выполнение этих требований обеспечивают нанотехнологии (миниатюрные биосенсоры, лаборатории на одном чипе, микрофлюидика и др.).

Результаты этих анализов могут выводиться на мобильный телефон с помощью специальных программ. Сейчас многие фирмы выпускают браслеты и майки, которые определяют основные параметры организма - температуру, ритм сердца, давление, насыщение кислородом, электрокардиограмму и др.

У автора на запястье такие умные часы Smart Help. По точности показателей этот гаджет уступает классической диагностики, но с каждым годом эти неинвазивные методы анализа совершенствуются.

Такие комплексные методы диагностики, если они оперативно связаны с лечащим врачом или с клиникой формируют образ будущей телемедицины. Многие элементы телемедицины используются в армии НАТО в условиях боевых действий, когда у солдат через

гаджеты, встроенные в нижнее бельё, фиксируются и передаются физиологические параметры организма в полевой госпиталь для принятия решений.

Диагностическая система Loc была разработана для точного подсчёта изоляции онкологических редких клеток (1-10 клеток) в окружении миллиардного избытка нормальных клеток в крови. Это определяет нано флюидный чип.

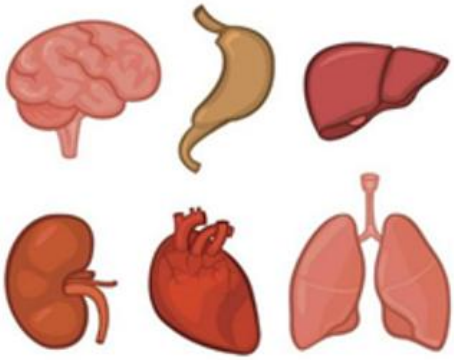
В молекулярной биологии, синтетической биологии и нанодиагностике очень важной, очень сложной операцией является секвенирование нуклеиновых кислот (ДНК. РНК) с использованием нанопористых материалов, нанопоры которых соизмеримы с размером нуклеиновых кислот.

Очень важным для всего населения планеты является надежная диагностика микробных и вирусных заболеваний и госпитальных инфекций. Нанотехнологии повышают надёжность и точность диагностики обнаружения с помощью наночастиц различной природы (золото прежде всего), вирусов и бактерий практически всех видов.

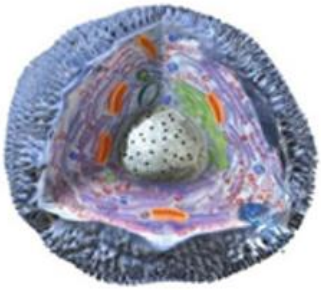
На рис. 1-2 показаны возможности нанотехнологий в медицине.



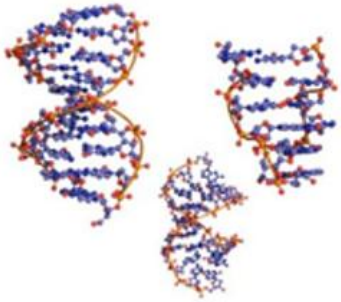
1. Человек. Инвазивная и неинвазивная диагностика. Вспомогательные устройства, помогающие когнитивным функциям



2. Органы. Искусственные органы, сенсоры для мониторинга invivo, локализованное высвобождение лекарств, стимуляция нервной системы, материалы для сердца и кардиотерапии.



3. Клетки. Улучшение межклеточного обмена. Платформа для инженерии ткани. Генная терапия. Рост клеток. Клеточная стволовая терапия.



4. Биомолекулы. Локализация распределения лекарств. Генная терапия. Самоорганизующиеся структуры. Быстрая диагностика.

Рисунок 1.

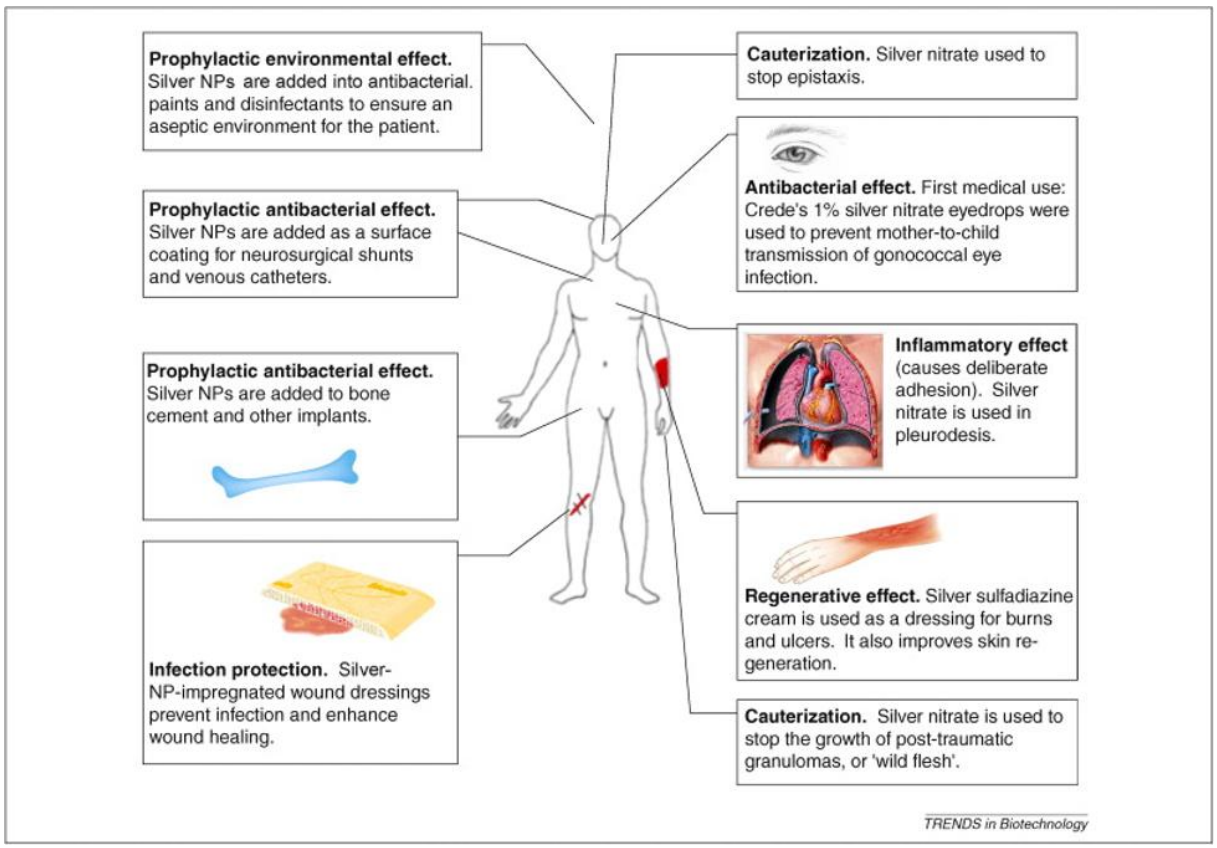


Рисунок 2

Нанотехнологии в медицине

Эта тема близка автору, но её ставлю на первое место не по этой причине, а потому что в этой области нанотехнологии заняла безусловно одно из ведущих мест.

Нанотехнологии проникли во все области медицины и здравоохранения:

- Фармация, отдельная от медицины отрасль по производству лекарств для медицины;

- Нанодиагностика использует современные физические и физико-химические методы;

- Нанотерапия использует наночастицы для лечения практически всех заболеваний;

- Нанопрепараты для лечения микробных и вирусных заболеваний.

Целиком наномедицину можно определить как применение наноразмерных частиц и наноматериалов в медицине, которая использует их уникальные биологические свойства. Это отличает наномедицину от других классических дисциплин о ЖИЗНИ, таких как биохимия, молекулярная биология, которые также изучают природные наночастицы (ДНК, белки), но под другим углом зрения, не используя их в диагностике и терапии. Это делает наномедицина.

Нанотехнологии используются в медицине на четырёх уровнях организма человека:

- биологические молекулы;

- клетки;

- органы;

- организм целиком.

Это показано на рис. 3 с указанием, в каких лечебных действиях могут участвовать нанотехнологии.

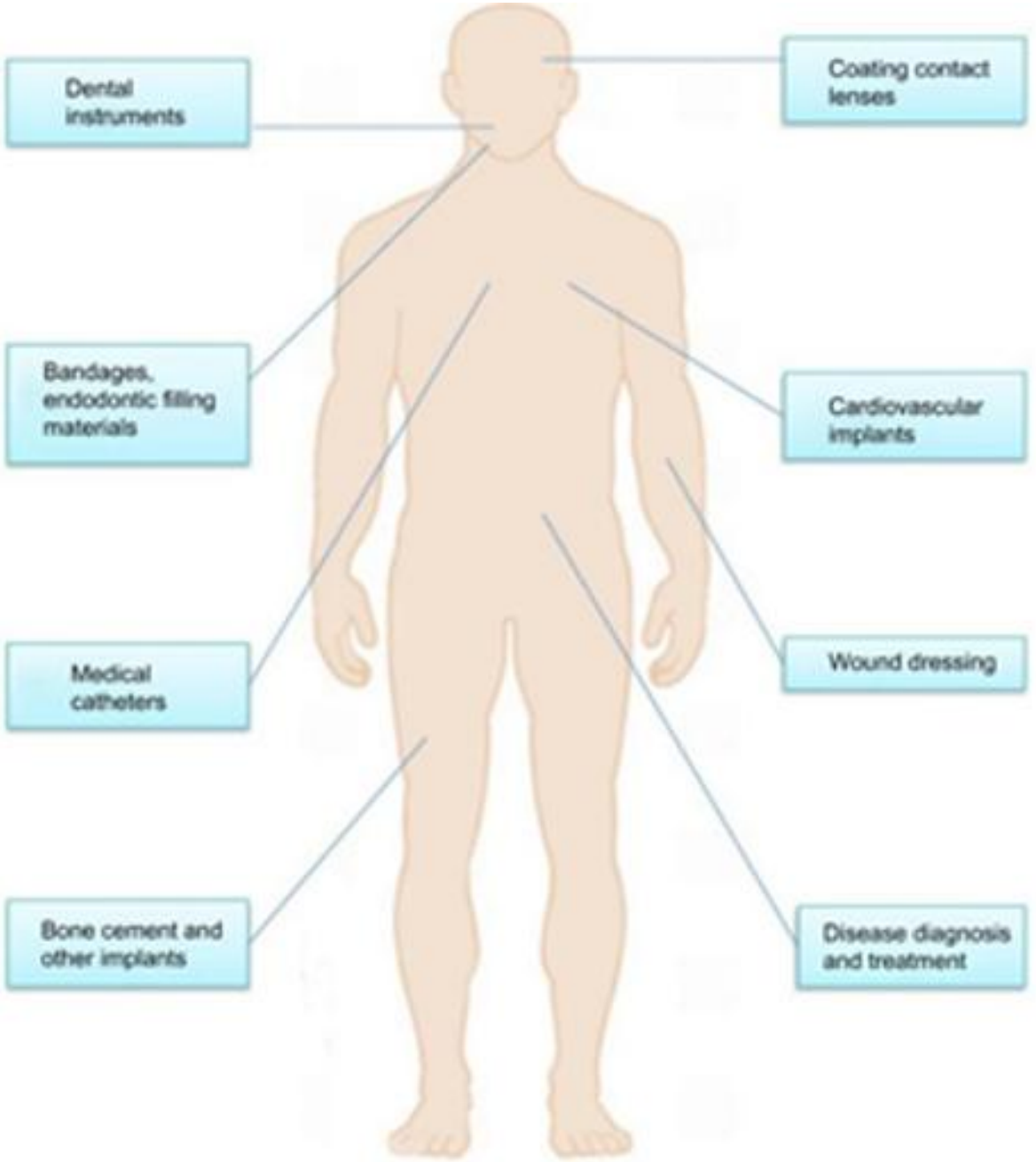


Рисунок 3

Наиболее значимые области медицины, где успешно используются нанотехнологии: онкология, сердечно-сосудистые заболевания и болезни центральной нервной системы (Паркинсон, Альцгеймер), инфекционный контроль, заживление ран разного происхождения, хирургия (рис. 4-5).

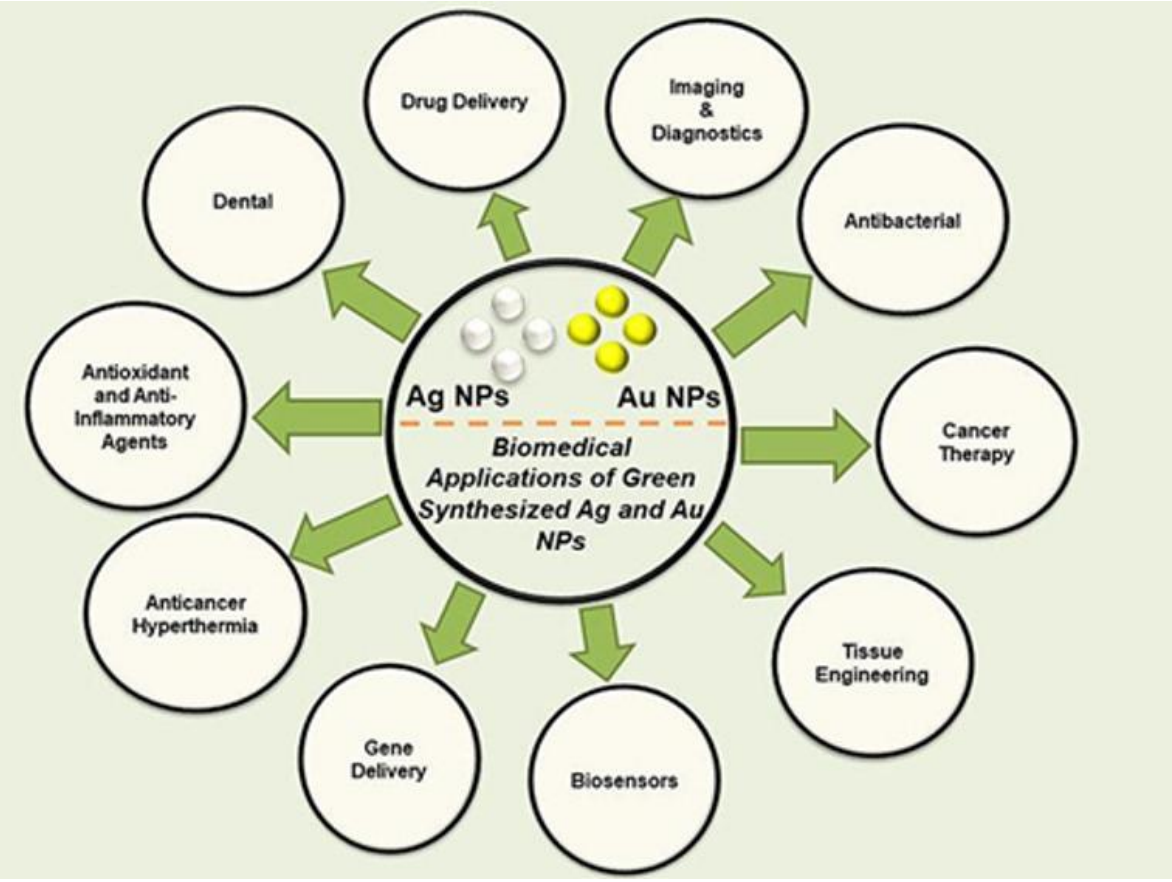


Рисунок 4. Области использования наночастиц металлов в медицине.

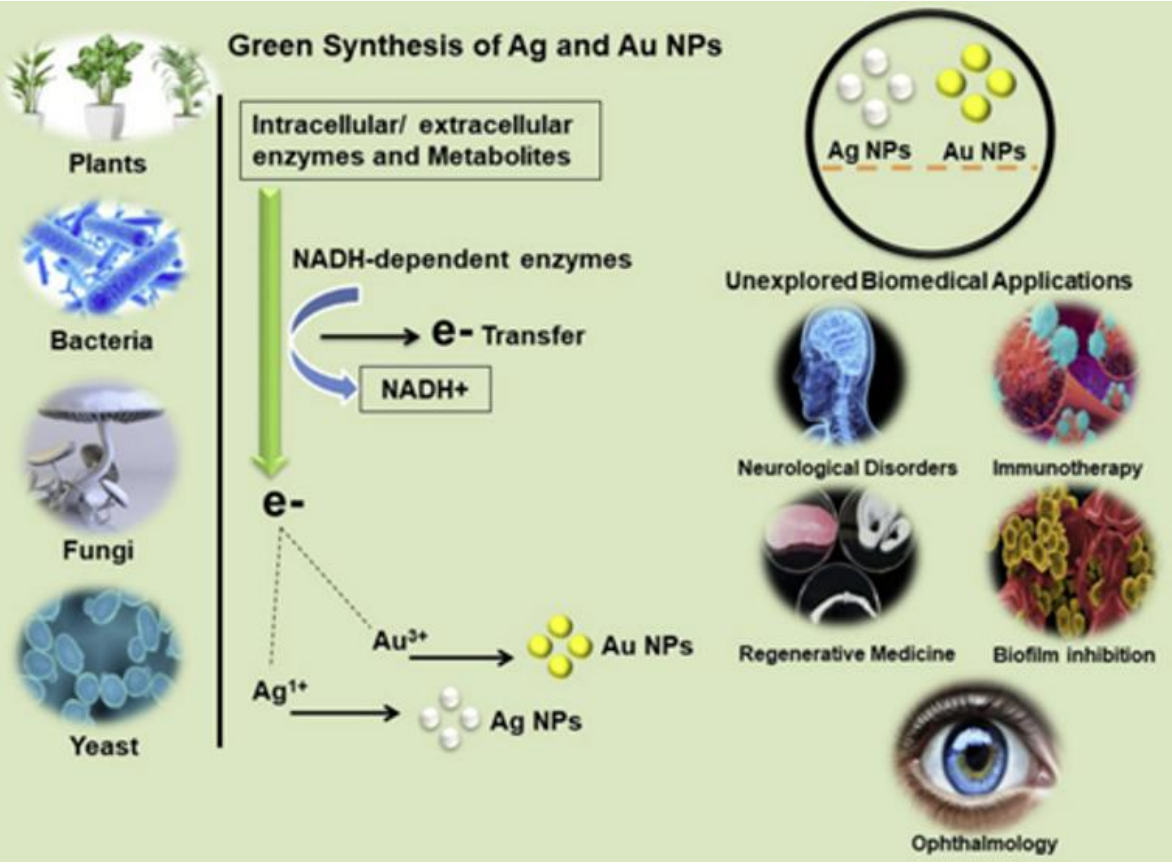


Рисунок 5. Области использования наночастиц металлов в медицине.

Мировой рынок медицины в 2016 году составил 112 млрд. долларов США, а в 2023 году 260 млрд. долларов США, прогноз на 2025 год составляет 350 млрд. долларов США. В чём причины, стимулирующие подобный рост бизнеса в наномедицине:

1. Меньше побочных эффектов от применения нанопрепаратов по сравнению с обычными лекарствами;

2. Использование на но диагностики способствует снижению заболеваний и их успешной терапии;

3. Наноимпланты (бионоги, биоруки, биоглаз и др.) Позволяют инвалидам не терять качество жизни;

4. Таргетная (адресная) нанотерапия в онкологии позволяет решать важнейшую проблему в медицине. На долю сегмента онкологии приходится треть мирового рынка, который будет еще расти.

5. В производстве вакцин будет зарегистрирован среднегодовой прирост -13%. После 2025 года ожидается очень быстрый рост клинической кардиологии, благодаря использованию нанопокрытий стентов, сердечных клапанов для их биосовместимости;

6. Сегмент терапии неврологических заболеваний будет расти в годовом объеме 13,9%, и в этой области нанотерапия займёт весомое место.

Научные задачи на будущее в наномедицине

Автор уверен, что наномедицина займёт ведущее место в мировой медицине, в здравоохранении многих стран.

Основные задачи нанотехнологий в медицине и здравоохранении можно с определенной вероятностью определить как следующие:

- использование молекулярной, клеточной биологии, синтетической биологии для глубокого понимания взаимодействия наночастиц материалов с биомолекулами, клетками, органами, тканями с целью совершенствования нанодиагностики и наноматериалов;

- изучить интимные механизмы взаимодействия наночастиц металлов с компонентами патологических и здоровых клеток;

- изучить распределение и накопление наночастиц металлов в различных органах и тканях;

- перейти от производства имплантов традиционного типа к биоимплантам (биоухо, биоглаз, бионога, биорука, искусственное сердце и др.);

- совершенствовать с помощью нанотехнологии адресной доставки лекарств к патологическим органам и тканям с целью минимизации побочных явлений;

- решить с помощью нанотехнологий проблемы эффективного лечения наиболее значимых заболеваний (рак, кардиология, СПИД, диабет, Альцгеймер, Паркинсон и др.);

- совершенствовать диагностику рака на ранних стадиях с помощью нанотехнологий (биосенсоры);

- использование генной инженерии (это тоже нанотехнологии) для коррекции патологий па стадии эмбриона и при дальнейшей жизни человека;

- создание с помощью нанотехнологий, информационных технологий, ИИ, автоматизированной системы обслуживания больных на разных стадиях их заболевания;

- реализовать наконец мечту об интеллектуальных нанороботах, контролирующих организм, отслеживающих жизненно важные функции и корректирующие физиологические показатели по мере необходимости для восстановления или замены дефектных структур, клеток, биомолекул.

Основные мировые коммерческие успехи нанотехнологий в медицине

Успехов этих множества. Приведем более яркие примеры.

Как ранее отмечалось, доминирующим направлением в наномедицине является адресная доставка лекарств в патогенные зоны, прежде всего в раковые клетки и опухоли. На долю этого направления приходится 76% мировых научных публикаций по тематике наномедицины.

Второе место занимает нанодиагностика in vitro - 11% публикаций, 36% приходится на долю всех европейских нано публикаций, США - 32%, Азия - 18%. США лидирует по количеству патентов и это реализуется в том, что американские компании производят 45¬50% мировой наномедицинской продукции. Европейские компании имеют долю только 35%. 60% от всех американских компаний занимаются производством 60% от мирового объёма адресных противораковых препаратов. В мире в области наномедицины работают примерно 200 компаний и около ¾ из них являются стартапами. Малыми и средними предприятиями (производство фармпрепаратов медицинских устройств).

Нанотехнологии в энергетике. Основные направления

- первичные источники энергии;

- производство энергии;

- распространение энергии;

- хранение энергии;

- использование энергии.

Рассмотрим участие нанотехнологии в каждой из этих фаз.

Первичные источники энергии как традиционные, так и альтернативные

При добыче нефти нанотехнологии позволяют создавать н использовать погодостойкие, коррозионностойкие, износостойкие нанопокрытия для бурильных установок.

Нанопокрытия труб для нефти и газа существенно удлиняют срок их эксплуатации.

В атомной энергетике нанокомпозиты используются для защиты персонала от радиации, повышают надежность утилизации источников радиации.

В фотовольтаике нанотехнологии обеспечивают повышение коэффициента полезного действия солнечных батарей за счет применения нано пленок, наночастиц металлов, квантовых точек.

В ветроэнергетике используют легкие и прочные нанокомпозиты для лопастей ветрогенераторов. Это позволяет генерировать энергию даже при слабом ветре.

В технологии получения биотоплива нанотехнологии предоставляют наноматериалы для биореакторов.

Использование нанотехнологии в распространении энергии

При доставке энергии от места её производства к потребителю нанотехнологии предлагают следующие инновации:

- использование мягких магнитных материалов на высоковольтных линиях электропередач. Это обеспечивает меньшую потерю электричества;

- сверхпроводящие кабели на основе углеродных нанотрубок;

- беспроводная передача энергии лазеров, микроволн.

Использование нанотехнологий в хранении энергии

- Совершенствование электробатарей для всех видов транспорта и гаджетов с помощью наноматериалов для электродов с целью повышения скорости зарядки, ёмкости, веса;

- Использование нанокомпозитов для ёмкостей для хранения топлива;

- Использование наноматериалов для окон зданий, сохраняющих тепло зимой.

Нанотехнологии в преобразовании производства энергии

- Изготовление лопастей гидротурбин из лёгких, прочных, жаростойких, коррозиестойких с наноматериалов;

- Высокоэффективные нанокатализаторы в топливных элементах;

- Термоэлектрическое преобразование энергии с использованием наноструктурированных полупроводников.

Нанотехнологии в эффективном использовании энергии

- Энергосбережение и нанотехнологии касаются всех отраслей индустрии и домашних хозяйств;

- Снижение расхода топлива во всех видах транспорта за счёт лёгких и прочных наноматериалов. В современном самолёте более 50 % материалов – это композиты.

Светоизлучающий диод (OLED), в котором излучающий электролюминесцентный слой — это пленка органической природы, излучающая свет в ответ на сигнал электрического тока. Это слой находится между двумя электродами. Безусловно, изготовление OLED устройств относится к нанотехнологиям, поскольку органические пленки имеют толщину 1-2 им. В настоящее время экраны дисплеев мониторов могут производиться в гибкой форме (свернуть и положить в карман).

Рынок всех типов OLED-устройств достиг 16 млрд. долларов США в 2017 году, в 2026 году вырастет до 57 млрд. долларов США. Пластиковые гибкие дисплеи производились в 2016 году на 2 млрд. долларов США, а в 2020 году вырос до 18 млрд. Долларов США. К достижениям нанотехнологии можно отнести широко распространенные лампы LED.

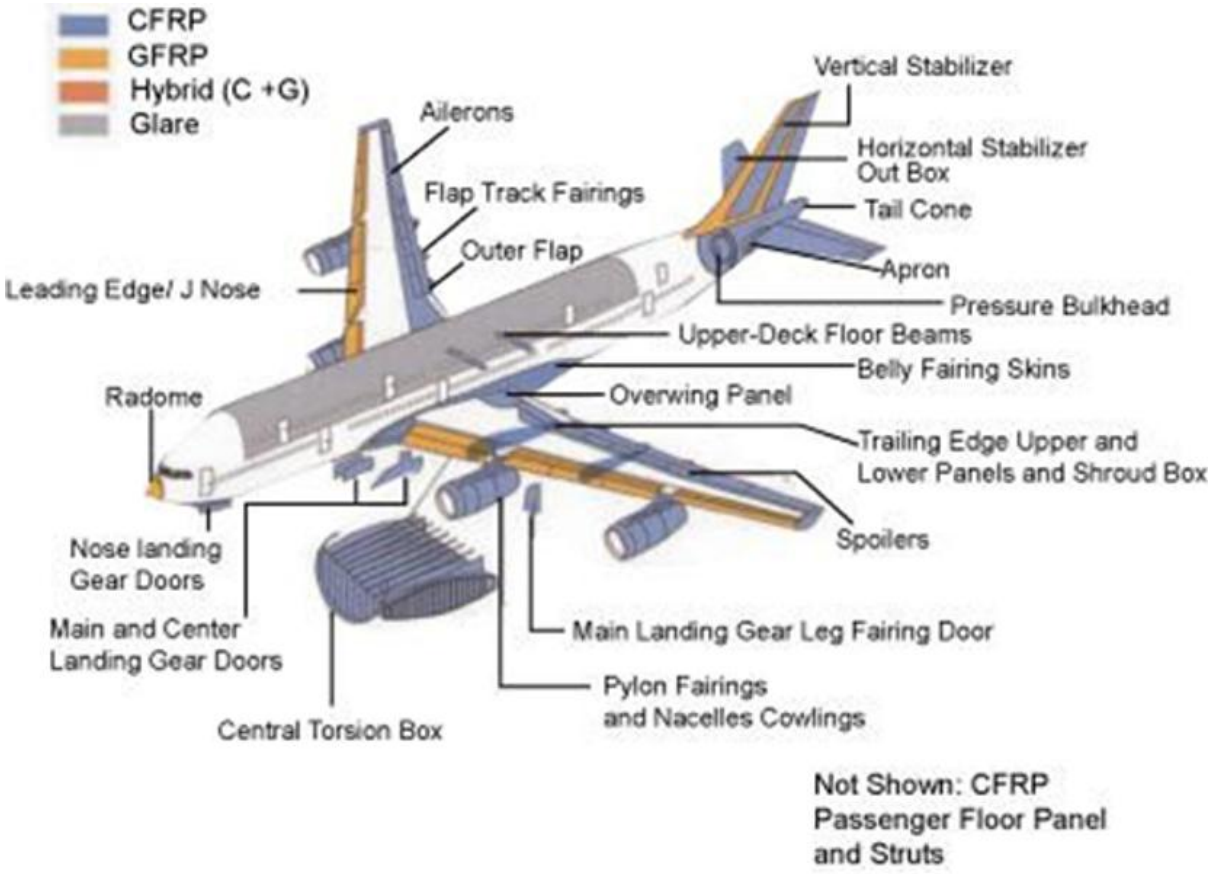


Рисунок 6

Энергетика. Роль энергетики в современном мире можно оценить как доминирующую, критическую. Кто владеет современной энергетикой, тот может владеть миром (если умный).

И природные и рукотворные источники энергии являются объектом применения нанотехнологии, которая повышают эффективность энергетики на всех ее частях технологической цепочки: источники энергии, преобразование первичных источников, распределение энергии, использования энергии.

Нанотехнологии в энергетике могут очень многое сделать и делают и, прежде всего, в области воспроизводимых источников энергии и традиционных углеводородных. Начиная с начала 21 века началось активное замещение природных углеводородов на возобновляемые источники энергии, поскольку использование только ископаемых источников (нефть, газ, уголь) — это путь в никуда.

Энергию потребляют ВСЕ, и поэтому рост рост популяции планеты коррелируют с потреблением энергии.

На рис. 7 показана динамика потребления различных источников энергии на протяжении трёх веков на фоне роста населения планеты.

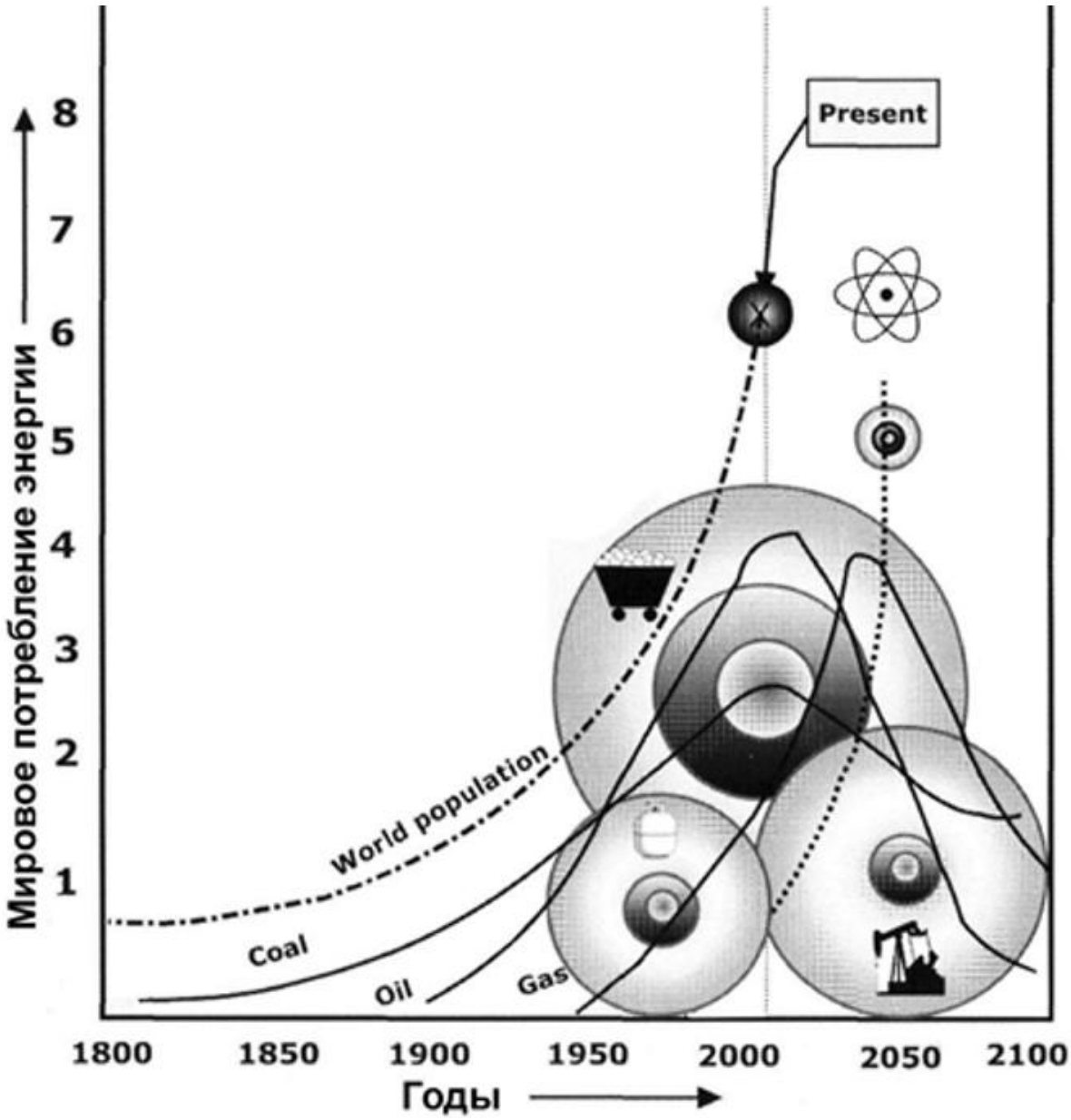


Рисунок 7

Наноэлектроника

Электроника является неотъемлемой частью мира современного человека. Можно сказать, что мы живем в эпоху динамично развивающейся электроники, которая является составляющей информационных технологий. Нанотехнологии продолжают влиять на компьютерную обработку, память и хранение данных, на технологию изображения и отображения. Впечатляет миниатюризация чипов (до 1- 2 нм) для интегральных схем. Это типичной слияние нано- и информационных технологий. Можно сказать, что микроэлектроника трансформировалась в наноэлектронику.

Эмпирический закон Мура «количество трансформаторов в чипе удваивается каждый 18-24 месяца» в настоящее время преодолен. Кремниевая микроэлектроника замещается наноэлектроникой на основе органических элементов (ДНК компьютеры), квантовые компьютеры., квантовые компьютеры

Хранение данных стало полностью нанотехнологией. Для хранения данных используются одноатомные транзисторы, одно спиновые магнитометры, одноатомная память. Фейнман и Дрекслер немного не дождались до воплощения их предсказаний об управлении материи на атомном уровне. Созданы устройства для хранения объемом в 1 килобайт с плотностью информации до 78 терабит на $см^3$. Такое устройство может хранить библиотеку конгресса США в форме куба шириной всего 100 мкм.

Вычислительная техника стала использовать нанофотонику, коммутаторы оптической природы, позволяющие производить квантовые вычисления. Используется нано плёночная технология, когда поляризаторы состоят из многослойной наноструктуры с различным показателем преломления (TiO_2, SiO_2 – 5-10 нм). Технологии квантовых вычислений стали реальностью стали реальностью.

Дисплеи. Современные телевизоры, компьютерные мониторы, экраны мобильных телефонов, игровые консоли используют систему OLED, основанную на органических светодиодах и, следовательно, при их производстве используются нанотехнологии.

Нанокристаллическая целлюлоза

Это ещё одно интересное направление в нанотехнологиях, относящееся к наночастицам, получаемым из природных полимеров; в данном случае речь идёт о природном полимере целлюлозы - полисахариде.

Целлюлоза — это самый распространённый биополимер в природе, его продуцируют практически все растения в большей или меньшей степени. Особенно богаты целлюлозой растительные волокна и древесина. Если природными волокнами РФ не может похвастаться (за исключением льна), то Россия одна из богатейших стран по лесным угодьям. К сожалению, наше государство продаёт древесное сырье, теряя очень ценные продукты, содержащиеся в древесине. Таким ценным сырьем является одна из составляющих древесной целлюлозы - нанокристаллическая целлюлоза. Целлюлоза — это гетерогенный по физическому строению полимер, состоящий из аморфной и кристаллической частей.

Задача производства нанокристаллической целлюлозы заключается в отделении (сепарации) кристаллической части от аморфной. Это достигается путём деструкции аморфной части механическими, химическими и ферментативными методами. Нанокристаллическая целлюлоза, полученная такими методами, обладает уникальными физико-механическими свойствами, определяющими области ее применение в цивильных и военных целях.

Цивильное применение нанокристаллической целлюлозы:

- Уникальный наполнитель в современных композитных материалах. Нанокристаллическая целлюлоза придает композиту прочность при малом весе. Композиты — это один из самых динамически развивающихся конструкционных материалов для всех видов транспорта, например, современные самолеты, ракеты, автомобили на 50% состоят из легких и прочных композитов;

- Нанокристаллическая целлюлоза используется в восстановительной медицине, при скреплении костей, для ранозаживляющих материалов, в качестве основы для адресной доставки лекарств;

- В катализе в качестве подложки для катализаторов, усиливая процесс катализа;

Применение нанокристаллической целлюлозы в военных целях:

1. Создание нового поколения порохов на основе нано нитроцеллюлозы;

2. Легкие и пуленепробиваемые бронежилеты, каски;

3. Эффективные фильтры для обеззараживания воды в полевых условиях.

Стоимость производства нанокристаллической целлюлозы в несколько раз дешевле, чем углеродных волокон и трубок, которые нанокристаллическая целлюлоза заменяет в различных областях.

Защита окружающей среды с помощью нанотехнологий

Защита окружающей среды с помощью нанопродуктов, нанопроцессов и нанотехнологий происходит большей частью опосредованно за счет экономии сырья, энергии и воды, а также за счёт сокращения выбросов парниковых газов, защиты от различных вредных отходов, поддержания постоянства климата. Приведем несколько примеров.

1. Перевод с помощью нанотехнологий всех видов транспорта с бензина на электричество и водород существенно снижает расход не возобновляемой нефти.

2. Замена углеводородного не возобновляемого сырья, как топливо, на производство многих ценных продуктов (лекарства, красители, полимеры) с помощью нанотехнологий совместно с биотехнологией экономят расход энергии, воды, сырья, поскольку это зелёные технологии, протекающие в более мягких условиях.

3. Переход на высокопрочные и лёгкие композитные материалы с использованием наночастиц как наполнителей композитов экономит расход топлива во всех видах современного транспорта, значительная часть конструкции которых изготовлена из современных легких композитов.

4. Производство наночастиц металлов из отходов электронной промышленности и всевозможной ее продукции на свалках. Это экономия затрат на производство дорогих металлов.

5. Производство с помощью нанотехнологий нового поколения батарей с использованием более дешевых, доступных и не вредных металлов, взамен свинца, кадмия, никеля. Утилизация старых батарей, находящихся на свалках (миллиарды разного типа).

6. Ликвидация последствий частых разливов нефти на приисках и нефтепроводах через повреждение трубопроводов, из нефтеналивных танкеров. Хорошие результаты достигаются с помощью суперсорбентов на основе нанопористых материалов.

7. Очистка воздуха от патогенных бактерий и вирусов с помощью фильтров, содержащих наночастицы серебра. Так оборудуются «чистые» комнаты в производствах специального назначения (производство наноэлектроники, медицинские учреждения, производство лекарств).

8. Очистка и опреснение воды с помощью нанотехнологий (нанотехнология емкостной деионизации). Фильтры, содержащие наночастицы серебра, широчайшим образом используются во многих процессах, в том числе миллиарды подобных фильтров установлены в домашних хозяйствах большинства стран мира.

9. Снижение негативного влияния парникового эффекта от выделения углекислого газа достигается с помощью нанотехнологий (новые нано мембранные материалы).

10. Водородные технологии как альтернатива использованию бензиновых технологий. Нанотехнологии используются для экономичного синтеза водорода фотоэлектрохимическим методом.

11, Производство электрической энергии с помощью фотовольтаики (солнечные батареи).

В заключение этой части отметим, что мировой рынок нанотехнологий в области охраны окружающей среды достиг 23,4 млрд долларов США в 2014 году, в 2020 году - 41,8 млрд долларов США.

Опасности и риски нанотехнологий

Как в любой инновации, у революционных технологий и у у нанотехнологий имеются недостатки и проблемы на всех стадиях их разработки и применения. Главная проблема нанотехнологий, как и их достоинства, определяются малыми размерами наночастиц.

В связи с малыми размерами наночастицы (1-100 им) способны преодолевать любые физиологические барьеры, то есть проникать во все ткани, органы, клетки. Поэтому наночастицы всегда проявляют большую токсичность, чем их макроскопические аналоги по химическому строению. Если вещество токсично в обычном состоянии, то в нано форме оно будет более токсичным.

Токсичность наночастиц зависит не только от размера, но и от их формы и концентрации.

При работе с наночастицами необходимо обязательно выполнять требования безопасности, которые разработаны на международном уровне.

Наночастицы, наноматериалы на мировом рынке

Вклад нанотехнологий в мировую экономику можно оценить по количеству конечных нанопродуктов на рынке, по их общей стоимости, по количеству компаний крупного, среднего и малого бизнеса.

Собрать воедино все эти данные непростая задача. К сожалению, наиболее информативная литература, посвященная экономике, маркетингу нанотехнологий, стоит не дёшево. В этих регулярных выпусках публикуются материалы о мировом рынке нанотехнологий и о состоянии нанотехнологии в различных странах. Данные о производстве нанопродуктов в России там отсутствуют.

Вот, что удалось собрать.

Мировой рынок наноматериалов в 2016 году оценивался в 7,3 млрд. Долларов США, в 2022 году он составил 16,8 млрд. Долларов США. Прирост более чем в два раза.

США в этот период сосредоточилась на новых видах упаковки (наносеребро - антимикробность), производстве нанотрубок для разных отраслей (энергетика, фармацевтика, катализаторы для химической продукции). ЕС сосредоточилась в этот период на использовании нанотехнологий в здравоохранении. Происходит активное использование нанотехнологий в странах Дальнего Востока. Ожидается высокая скорость внедрения нанотехнологий в экономику Китая, Индии, Японии.

Начинается рост производства наноматериалов в странах Латинской Америки (Бразилия), в Африке, в Саудовской Аравии. Есть с кем соревноваться, пока не поздно.

Рынок наноматериалов в США в период 2017-2024 года вырос с 4,7 млрд. долларов США до 13 млрд. долларов США. В основном это наночастицы, квантовые точки, нановолокна, нанотекстиль.

Растущие потребности авиации, космоса, автопрома в легких прочных материалах обуславливает рост производства нановолокон.

Наносеребро и фильтры на его основе являются главными и наиболее используемыми наноматериалами в очистке воды и воздуха.

Большое место среди наноматериалов занимают наночастицы металлов и их оксидов (титан, серебро, кремний). Потребление sio_2 составило в 2015 году 198000 тонн, а в 2022 году 786000 тонн.

Мировые потребительские нанотовары на 50% составляют продукты на основе наносеребра (антимикробные свойства): текстиль, электроника, косметика, медицина, упаковка пищевых продуктов и напитков.

Кристаллическая наноцеллюлоза и наноглина - растущие наноматериалы, идущие как наполнители в новое поколение нанокомпозитов.

В табл.1 приведены данные по производству наиболее важных наноматериалов в денежном выражении в миллиардах долларов США.

Таблица 1

Наноматериал	Выручка на мировом рынке, 2016 год, млрд. Долларов	Выручка на мировом рынке, 2021 год, млрд. Долларов	Ожидаемый среднегодовой рост, %
Наночастицы серебра	1,1	3	13
Наноглина	0,7	2,1	24.9
Нанокомпозиты	1,6	5,3	26,7
Квантовые т очки	0,61	3,4	41,3
Нановолокна	0,39	2	38.6
Наноразмерная керамика	14,6	22,3	8,9

Ассортимент наноматериалов в 2018 году насчитывал более 3500 наименований (528 нанотрубок, 2453 наночастицы, 117 графеновых материалов, 231 квантовых точек, 99 фуллеренов, 77 нанопроволок, 42 нановолокна). Всё это производят 1555 производителей в 53 странах для 15 отраслей индустрии.

Нанотехнологии, наночастицы и катализ

Катализ — это одно из важнейших направлений в химической технологии производства очень ценных полу- и конечных химических продуктов. Катализаторы — это вещества, использующиеся в очень малых концентрациях, но дающие очень большой экономический эффект. С помощью катализаторов осуществляют реакции, которые без них не идут. Катализаторы снижают энергию активации реакций, и они протекает при более низкой температуре и с высокой скоростью.

В качестве катализатора часто используют различные металлы (золото, платина, палладий и др.). Если эти металлы перевести в нано форму, то эффективность катализа существенно повысится. Это обусловлено тем, что малые размеры наночастиц металлов при гой же концентрации, что и в случае традиционных микрокатализаторов, будут чаще встречаться с реагентами системы и скорость, выход реакции повысится. Производить нано катализаторы можно по схемам зелёного биосинтеза.

Нанотехнологии, наночастицы металлов в сельском хозяйстве и в упаковке пищевых продуктов

Эффективность использования наночастиц металлов в сельском хозяйстве и в производстве нового поколения упаковочного материала для пищевых продуктов основана на их уникальных биоцидных свойствах - убивать патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы).

В сельском хозяйстве хорошие результаты показывают наночастицы серебра, их растворами (дисперсиями) обрабатывают посадочный материал различных зерновых, рассаду овощи. Такая обработка защищает посадочный материал от действия вредных микроорганизмов и приводит к повышению урожайности.

Упаковочный материал, содержащий наночастицы металлов, защищает продукты питания от вредных микроорганизмов и существенно увеличивает срок их хранения.

Нанотехнологии в современном текстиле и одежде

Коммерциализация нанотехнологий началась с производства нового поколения текстиля и одежды – smart текстиля. Прежде всего это касалось придания текстилю и одежде новых и улучшенных эксплуатационных и потребительских свойств:

- Гидрофобные свойства (водоотталкивание) – это эффект «лотоса» с помощью создания нано шероховатой поверхности текстиля;

- Антимикробные свойства с помощью наночастиц металлов;

- Производство нановолокон, используемых в медицине, в производстве фильтров, в качестве наполнителей в композитах для придания лёгкости и прочности.

Нанотехнологии и нано препараты используются в производстве следующих видах текстиля:

- спортивный текстиль;

- армейский текстиль;

- домашний текстиль;

- медицинский текстиль.

Ниже приведены цифры, характеризующие вклад нанотекстиля в мировую экономику.

Общая стоимость мирового текстиля более 780 млрд долларов США:

- Нанотекстиль – 2016 г. - 77,3 млрд. долларов, 2022 г. 295 млрд. долларов:

- Наноткани – 2016 г. 50,5 млрд. долларов, 2022 г. 101 млрд. долларов;

- Домашний нанотекстиль – 2016 г. 6 млрд. долларов, 2022 г. 36 млрд. долларов;

- Армейский нанотекстиль – 2016 г. 390 миллионов, долларов, 2022 г. 1,6 млрд. долларов;

- Медицинский нанотекстиль – 2016 г. 40 миллионовмлрд. долларов, 2022 г. 1,2 млрд. долларов;

- Спортивный нанотекстиль – 2016 г. 85 миллионовмлрд. долларов, 2022 г. 170 млрд. долларов;

- Технический нанотекстиль – 2016 г. 20 млрд. долларов, 2022 г. 150 млрд. долларов.

Нанотехнологии в производстве нового поколения военного обмундирования

Нанотехнологии с первых лет своего появления начали динамично использоваться для производства военного текстиля и военного обмундирования. Воплощением этого направления использования нанотехнологий являются современные боевые комплекты одежды бойца. Все современные армии мира имеют на вооружении такие комплекты (НАТО, Китай, РФ).

Российский боевой комплект «Ратник» по своим функциям и качеству существенно уступает комплекту НАТО и Китая. Какие функции выполняет боевой комплект одежды (одежда, обувь, каска) НАТО:

- пуленепробиваемый, лёгкий бронежилет и каска;

- водоотталкивающая верхняя одежда;

- антимикробное нижнее бельё;

- маскирующая днём и ночью верхняя одежда;

- коммуницирующая с соседом, начальником, госпиталем верхняя одежда (встроенные гаджеты);

- нижнее smart белье, фиксирующее комплекс физиологических параметров бойца и передающее их в полевой госпиталь;

- миниатюрные устройства для выработки электроэнергии для гаджетов.

И это только основные функции боевого комплекта НАТО.

Выводы:

1. Нанотехнологии своими научными, технологическими, экономическими результатами доказала большой вклад в мировую экономику, которая оценивается в стоимостном выражении миллиардами долларов США.

2. Нанотехнологии вошли вместе с информационными, био-, когнитивнымик технологиями, ИИ, робототехникой в комплекс прорывных технологий XXI века, без которых ни одна страна не может конкурировать со странами, эффективно развивающими нанотехнологии (США, Китай, ЕС, Япония. Индия и др.).

3. Россия, к сожалению, упустила шанс быть одной из передовых стран по этому направлению. Причиной этого стала непреодолённая до сих пор деиндустриализация 90-х годов и ошибочная организация развития нанотехнологий через одну головную организацию РОСНАНО.

4. При решении вопроса на федеральном уровне о необходимости развитие в РФ нанонауки, нанотехнологий и наноиндустрии следует учесть ошибки, допущенные ранее и приведшие к тому, что РФ является не разработчиком и производителем нанопродукции, а ее пассивным потребителем.

Рекомендуемая литература

1. R. Feyhman. There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics. Engineering and Science. 23, 22 (1960).

2. K. E. Drexler, C. Peterson, G. Pergamit. Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution. William Morrow, 1991

3. Taniguchi, N. On the Basic Concept of Nanotechnology. Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo, 18-23, 1974.

4. Global nanomaterials market forecast 2017-2924 Inkwood research, 2017.

5. C. R. Kagan et al. Building devices from colloidal quantum dots. Science 353. 26 AUGUST 2016. VOL 35,3 ISSUE 6302.

6. Основы нанотехнологий: учебное пособие: в 2 т. / Г. Е. Кричевский. - Москва: Грин Принт, сор. 2022.

7. Кричевский Г. Е. Нано-, био-. Химические технологии в производстве умного текстиля. Lambert Academic Publ, 2021. - p. 526.

8. Г.Е. Кричевский. Bionics. Lambert Academic Publ. 2021. - p. 165.

9. Г.Е. Кричевский. Зеленые и природоподобные технологии – основа устойчивого развития для будущих поколений. Т. 1-3. Lambert Academic Publ. 2020.

10. Г.Е. Кричевский. НБИКС технологии - концепция реформации или фундамент будущего технологического прорыва? Журнал «Наноиндустрия», №2. 2021. С. 88-93.

11. Г.Е. Кричевский, Н.Д. Олтаржевская, М.А. Щедрина, Ю.С. Фидоровская. Наномедицина. Использование наночастиц металлов, произведенных биосинтезом, в создании рано заживляющих депо-материалов нового поколения. НАНОИНДУСТРИЯ. 2023. Т. 16. № 3-4. С.196 -202.

12. Г.Е. Кричевский. Биосинтез и свойства наночастиц металлов. Lambert Academic Publ. 2025.

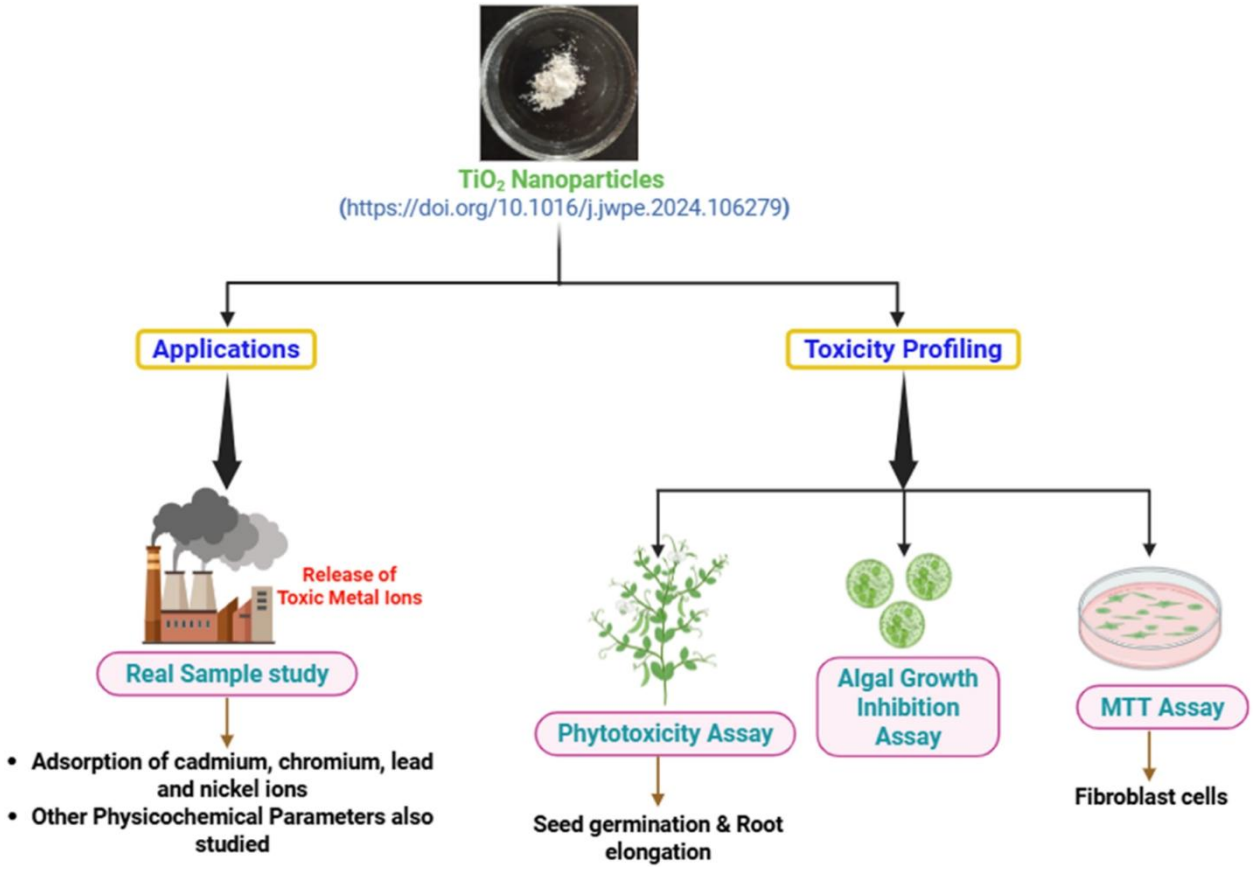
Микогенные наночастицы TiO_2 для удаления токсичных металлов из промышленных сточных вод и профилирования их токсичности

Yamini Vinayagam, Devi Rajeswari Vijayarangan

Department of Bio-Medical Sciences, School of Biosciences and Technology, Vellore Institute of Technology, Vellore, Tamil Nadu, India

Аннотация

Загрязнение тяжелыми металлами, в частности кадмием и хромом, представляет собой глобальную экологическую проблему из-за своих пагубных последствий. Нанобиоремедиация — это передовой подход к устранению последствий загрязнения тяжелыми металлами. Биоактивные молекулы, извлеченные из *Aspergillus penicillioides* VDRVYF, служат стабилизирующим и покрывающим агентом для получения наночастиц TiO_2. В этом исследовании представлен экологичный подход к удалению ионов тяжелых металлов из промышленных сточных вод с помощью наночастиц TiO_2, полученных с помощью грибов.



Введение

В последнее время качество воды во всем мире значительно ухудшилось. Одной из основных причин этого является количество загрязняющих веществ в промышленных сточных водах. К загрязняющим веществам, которые обычно присутствуют в промышленных сточных водах, относятся летучие органические соединения, полициклические ароматические углеводороды, химические вещества, нарушающие работу эндокринной системы, тяжелые металлы и различные другие органические и неорганические материалы. Пагубное воздействие на водную флору и фауну, вызванное промышленными процессами, такими как

добыча полезных ископаемых, дубление кожи, металлизация, обработка целлюлозы, выплавка металлов и производство аккумуляторов, привлекло внимание международного сообщества и потребовало эффективных мер по борьбе с загрязнением металлами. В промышленных сточных водах часто обнаруживаются тяжелые металлы, в том числе железо, кадмий, цинк, свинец, ртуть и никель. Известно, что эти соединения не только представляют долгосрочную опасность для водных организмов, но и угрожают биоразнообразию в целом. Тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах, могут накапливаться в выращиваемых культурах, что создает серьезные риски для экосистемы. Известно, что токсичные металлы способны присоединяться к биологически активным соединениям и вызывать токсические реакции в живых организмах. Некоторые из этих металлов также являются мутагенами и канцерогенами. Сельскохозяйственные культуры и ткани растений способны накапливать тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества из промышленных сточных вод, часто в концентрациях, превышающих допустимые для водных организмов и экосистемы в целом.

Кадмий признан одним из самых опасных металлических загрязнителей окружающей среды. Несмотря на его более высокую растворимость в воде, загрязнение кадмием негативно влияет на дикую природу и здоровье людей. В связи с этим растет интерес к разработке методов снижения его опасного воздействия на почву. Кадмий представляет серьезную угрозу для водных экосистем, ухудшая состояние водных растений и животных, особенно рыб. Доказано, что воздействие кадмия снижает репродуктивный успех рыб и препятствует развитию растений. У людей длительное воздействие кадмия может вызвать серьезные проблемы со здоровьем, такие как нарушение функции почек, ослабление костной ткани (деминерализация), заболевания легких и различные формы рака.

Хром — еще один важный загрязнитель окружающей среды, который в природе встречается в виде минералов, а не в виде свободного элементарного вещества. Шестивалентный хром, то есть Cr(VI), особенно токсичен и разрушает водную среду, подавляя фотосинтез в водных растениях, повреждая жаберные структуры рыб и негативно влияя на их репродуктивную систему. У людей воздействие Cr(VI) может привести к заболеваниям дыхательных путей, дерматологическим реакциям, повреждениям печени и почек, нарушениям работы желудочно-кишечного тракта, а при длительном воздействии — к развитию опухолей легких.

Учитывая растущую обеспокоенность по поводу наличия тяжелых металлов в промышленных сточных водах, существует острая необходимость в эффективных, экономичных и экологичных технологиях для очистки загрязненных источников воды. Одним из таких новых и перспективных подходов является нанобиоремедиация, которая объединяет принципы нанотехнологий с процессами биоремедиации. Этот метод ускоряет разложение и удаление загрязняющих веществ из окружающей среды с помощью наночастиц, синтезированных биологическим способом. Достижения в области нанонауки побудили исследователей создавать наночастицы размером менее 100 нм, используя их большую площадь поверхности, реакционную способность, а также уникальные функциональные и структурные свойства. Наночастицы можно синтезировать химическим, физическим или биологическим способом. Биологический синтез — один из самых экологичных способов, особенно потому, что он не требует использования опасных химических веществ, которые часто применяются в традиционных химических и физических процессах.

В этом методе для получения наночастиц используются биоактивные молекулы живых организмов, таких как бактерии, грибы и растения. Эти соединения действуют как природные

стабилизаторы и восстановители. Грибы особенно предпочтительны для получения наночастиц благодаря их удивительной способности к биоаккумуляции, умению образовывать прочные связи и превосходной устойчивости к воздействию металлов по сравнению с бактериями. К дополнительным полезным свойствам грибов относятся их способность выделять широкий спектр ферментов, экономичность и масштабируемость производственных процессов, а также простота обращения с биомассой. Благодаря высокой продуктивности биомассы и способности выдерживать суровые климатические условия грибы особенно хорошо подходят для крупномасштабного применения при синтезе наночастиц. Существует многообещающий потенциал для разработки эффективных систем детоксикации тяжелых металлов и восстановления окружающей среды путем интеграции грибной биотехнологии с нанотехнологиями.

Наночастицы диоксида титана широко используются во многих областях, особенно в солнцезащитных средствах, косметике и в качестве фотокатализаторов, благодаря своим выдающимся функциональным и структурным характеристикам. TiO_2 — ключевой материал в технологических процессах, связанных с диэлектриками и полупроводниками. Его можно получить из ионов металлов под воздействием различных микроорганизмов. Одной из выдающихся особенностей наночастиц TiO_2 является их химическая стабильность: они сохраняют стабильность как в кислой, так и в щелочной среде и очень устойчивы в воде. Современные методы получения наночастиц TiO_2 не только экономичны и экологичны, но и проще традиционных химических процессов, а также допускают вторичную переработку.

Использование биологических объектов, особенно микроорганизмов, которые вырабатывают белки, действующие как природные восстановители и защитные агенты, является экологичной альтернативой традиционному химическому синтезу, который часто зависит от вредных для окружающей среды веществ. Биосинтетические методы не только упрощают процесс получения наночастиц, но и обладают большим потенциалом для биоремедиации, особенно при очистке сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами. Среди различных видов микроорганизмов гриб *Aspergillus penicillioides*, обитающий в почве, продемонстрировал впечатляющую способность поглощать токсичные тяжелые металлы, такие как кадмий и хром. Естественная распространенность, простота культивирования и экологическая безопасность этого гриба делают его отличным выбором для крупномасштабных процессов биоремедиации.

Для обеспечения коммерческого успеха технологии биоремедиации должны быть доступными, простыми в эксплуатации и экологически безопасными. Соответственно, основная цель данной работы — разработать простой, но эффективный метод синтеза наночастиц TiO_2 с использованием внеклеточного экстракта штамма *A. penicillioides* VDRVYF. Настоящее исследование направлено на изучение характеристик полученных наночастиц и оценку их способности адсорбировать тяжелые металлы, в частности ионы кадмия и хрома, с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Оптимизация различных экспериментальных условий, таких как уровень pH, дозировка наночастиц, концентрация ионов металлов и различные источники облучения в течение разного времени, позволяет значительно повысить эффективность адсорбции металлов. Понимание кинетики адсорбции — важнейший шаг, поскольку он позволяет определить, насколько быстро растворенные вещества поглощаются и как долго ионы металлов остаются на поверхности наночастиц. И то, и другое в конечном счете влияет на эффективность стратегии биоремедиации.

Чтобы убедиться в надежности и стабильности синтезированных наночастиц TiO_2, мы провели ряд биологических тестов, в том числе на фитотоксичность, на ингибирование роста

водорослей и МТТ-тест для оценки цитотоксического воздействия наночастиц на живые клетки. Эти тесты крайне важны для подтверждения того, что наночастицы не представляют опасности для окружающей среды и здоровья человека. Тщательный методологический подход, примененный в этом исследовании, включает в себя определение характеристик наночастиц, исследования адсорбции, кинетическое моделирование и биотесты, которые позволяют получить ценные сведения о потенциале наночастиц TiO_2, полученных с помощью A.-penicillioides-VDRVYF, как эффективного решения для экологической очистки промышленных сточных вод. Кроме того, ожидается, что данное исследование внесет вклад в развитие устойчивых нанотехнологий, направленных на борьбу с загрязнением тяжелыми металлами.

2 Материалы и методы

2.1 Синтез и характеристика наночастиц TiO_2, опосредованных A.-penicillioides

В нашем более раннем исследовании подробно описаны выделение, морфология и молекулярная характеристика гриба *A. penicillioides*. Идентифицированная последовательность генома гриба была внесена в базу данных последовательностей генов Национального центра биотехнологической информации. Используя внеклеточные биомолекулы, выделяемые *A. penicillioides*, мы также описали биосинтез и характеристики наночастиц TiO_2. Эффективность адсорбции ионов Pb^{2+} и Ni^{2+} из водных сред была определена с помощью кинетического изотермического моделирования и исследований по оптимизации производства наночастиц. Кроме того, была оценена фотокаталитическая активность синтезированных наночастиц TiO_2 под воздействием видимого света для изучения возможностей их применения в сфере защиты окружающей среды, а также изучены антимикробные свойства наночастиц в отношении конкретных патогенных штаммов, чтобы подчеркнуть их биомедицинскую значимость. Для обеспечения безопасности синтезированных наночастиц были проведены гемолитические тесты для оценки их цитосовместимости и экологичности. Опираясь на базовые методологии и результаты наших предыдущих исследований, в рамках настоящего исследования изучалась адсорбция ионов Cd^{2+} и Cr^{6+} с помощью наночастиц TiO_2, опосредованная *A. penicillioides*. Мы также провели расширенную оптимизацию различных параметров, включая pH, дозировку наночастиц и концентрацию ионов металлов, а также комплексные кинетические и изотермические исследования. Наконец, для обеспечения долговечности и эффективности наночастиц при очистке сточных вод были проведены исследования их токсичности для окружающей среды, такие как тесты на фитотоксичность и ингибирование роста водорослей.

2.2 Исследования в области оптимизации, кинетики и изотермы

2.2.1 Исследования периодической адсорбции Cd и Cr

Эффективность наночастиц TiO_2 для адсорбционного фотокаталитического снижения содержания загрязняющих веществ в сточных водах оценивали путем анализа адсорбции Cd и Cr в моделируемых сточных водах. Для проверки фотокаталитической активности в сточные воды, содержащие оксисульфат хрома (100 мкг/мл) и октагидрат сульфата кадмия, добавляли приблизительно 2 мкл раствора наночастиц TiO_2 (4 мкг/мл). Смесь постоянно перемешивали при 150 об/мин и поддерживали температуру 25 °C (комнатная температура). Затем мы изучили различные факторы, такие как концентрация оксисульфата хрома и октагидрата сульфата кадмия (от 2 до 100 мкг/мл), необходимое количество наночастиц TiO_2 (2–10 мкг/мл), изменение уровня pH (от 5 до 9) и тип света, используемого для проведения реакций (ультрафиолет и солнечный свет), в течение 5 часов, чтобы определить оптимальные условия

для максимальной адсорбции. Образцы собирали через равные промежутки времени в течение 5 часов исследования адсорбции. После достижения равновесия наночастицы (нанокатализаторы) элюировали и анализировали с помощью ультрафиолетового спектрометра после центрифугирования в течение 10 минут при скорости вращения около 8000 об/мин. Определяли оптическую плотность (ОП), а процент адсорбции рассчитывали по уравнению 1:

$$\%\ \text{of adsorption} = \frac{(\text{Control Absorbance} - \text{Sample Absorbance})}{\text{Control Absorbance}} \times 100.$$

После проанализированы кинетика и изотермы адсорбции. Для оценки научных данных, полученных в ходе экспериментов по адсорбции в статических условиях, мы изучили изотермы адсорбции Ленгмюра и Фрейндлиха, а также кинетические модели псевдопервого и псевдовторого порядка. Изотерма Ленгмюра (уравнение 2) описывает однослойную конфигурацию на однородной поверхности с ограниченными участками адгезии при условии, что энергии адсорбции одинаковы, а адсорбированные молекулы не взаимодействуют друг с другом. Изотерма Фрейндлиха (уравнение 3), напротив, описывает адсорбцию на различных поверхностях с разной энергией адсорбции.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m},$$

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_f,$$

q_e обозначает количество адсорбированного вещества, q_m указывает на наивысшую эффективность, C_e представляет равновесную концентрацию, K_L - коэффициент Ленгмюра, K_F - коэффициент Фрейндлиха, а n - коэффициент гетерогенности (где n> 1 означает благоприятную адсорбцию).

Согласно кинетике псевдопервого порядка (уравнение 4), скорость адсорбции коррелирует с общим количеством свободных участков. В отличие от этого, теория кинетики псевдовторого порядка (уравнение 5) предполагает, что скорость адсорбции зависит от квадрата числа свободных участков.

$$\log (qe - qt) = \log(qe) - \frac{K_1}{2.3} \times t,$$

$$\frac{1}{qt} = \frac{1}{K_2 qe^2} + \frac{t}{qe},$$

— q_e равновесная адсорбция, q_t — адсорбция в момент времени t, K_1 и K_2 — соответствующие коэффициенты скорости для кинетических моделей псевдопервого и псевдовторого порядка.

2.2.3 ААС-анализ Cd и Cr

В ходе исследования методом атомно-абсорбционной спектрометрии мы определили содержание кадмия и хрома в образце сточных вод с помощью системы Perkin Elmer Analyst 400. Источниками излучения для кадмия и хрома были лампы с полым катодом, работающие на ацетилене и воздухе. Стандартные длины волн поглощения для кадмия и хрома составляют 228 нм и 357 нм соответственно при ширине щели 0,7. Мы оценили уровень кадмия и хрома в образцах неочищенных и очищенных сточных вод в трех повторностях. Затем холостой и стандартный образцы были распылены, и результаты были зафиксированы. После построения калибровочного графика для каждого соединения были распылены и проанализированы

тестовые образцы. Затем по калибровочным кривым было определено количество тяжелых металлов в тестовых образцах сточных вод на основе оптической плотности стандартного образца.

2.3 Исследование реальных образцов

2.3.1 Сбор образцов

Для сбора проб промышленных (аккумуляторных и автомобильных) сточных вод с пяти выбранных предприятий в местах их сброса (S1–S5) в Ченнаи и Веллоре, Индия, использовались стерилизованные контейнеры из твердого стекла. Эти стеклянные контейнеры были тщательно стерилизованы дезинфицирующим средством, промыты обычной водой, пропитаны 10% азотной кислотой (HNO_3) и затем промыты дважды дистиллированной H_2O. Были взяты различные образцы для проведения анализов с целью оценки pH, температуры, цвета, мутности и электропроводности сточных вод, особенно если образцы демонстрировали биодеградацию. Каждый образец был тщательно промаркирован, доставлен в лабораторию и до анализа хранился в морозильной камере при температуре около 4 °C. Чтобы сохранить уровень растворенного кислорода (РК), в каждый образец сточных вод добавляли несколько капель сульфата марганца и сразу же помещали в темную емкость для определения РК и биологической потребности в кислороде (БПК). Собранные образцы хранились при комнатной температуре и обрабатывались наночастицами TiO_2 (50 мкг/мл) при оптимизированных параметрах. Были проанализированы физико-химические параметры как необработанных (S1–S5), так и очищенных (T1–T5) промышленных сточных вод. Полученные данные сравнили со стандартами, установленными Центральным советом по контролю за загрязнением (Central Pollution Control Board, CPCB) Индии.

2.3.2 Оценка физико-химических параметров аналитическим методом

Концентрации различных токсичных ионов металлов, включая Cr, Ni, Cd и Pb, измеряли в соответствии с методом Американской ассоциации общественного здравоохранения (APHA) наряду с различными физико-химическими параметрами, такими как pH, температура, цвет, мутность, BOD, химическая потребность в кислороде (COD), общее количество растворенных твердых веществ (TDS), общее количество органического углерода (TOC), электропроводность, общее количество взвешенных твердых веществ (TSS), общая щелочность, сульфаты, нитраты и фосфаты в образцах промышленных сточных вод до и после обработки наночастицами TiO_2. Приборы, использованные для этих исследований, соответствовали требуемым диапазонам точности, а все использованные соединения были аналитическими реагентами. Мы предприняли все необходимые меры, чтобы избежать загрязнения в процессе сбора образцов.

2.3.2.1 pH, цвет, температура, электропроводность и общее содержание растворенных твердых веществ

pH, температуру и цвет измеряли на месте, а показания pH получали сразу после калибровки оборудования с помощью имеющихся буферных растворов (pH 4, 7 и 10). Все оборудование и полевые измерительные приборы были проверены и аттестованы в соответствии с рекомендациями и стандартами поставщиков. Электропроводность измерялась с помощью кондуктометра, а общее содержание растворенных твердых веществ — с помощью TDS-метра.

2.3.2.2 Общее количество взвешенных веществ

Для определения общего содержания взвешенных веществ мы использовали фильтровальную бумагу Whatman, обработанную дважды дистиллированной водой, высушенную при температуре 105 °C в течение ровно 1 часа и охлажденную в испарителе. Для измерения остаточного веса (W_1) использовалась электронная весов. После фильтрации образец сточных вод объемом 100 мл выпаривали в течение часа при температуре 105 °C и фиксировали вес фильтровальной бумаги с остатком (W_2). Затем общее количество взвешенных веществ (TSS) было рассчитано по уравнению 6:

$$\text{Total Suspended Solids } \frac{(\text{TSS})\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{W}_2 - \text{W}_1 \times 100}{\text{Sample amount}}.$$

2.3.2.3 Общая щелочность

В стерильную колбу объемом 150 мл мы поместили 50 мл образца сточных вод и три капли индикатора фенолфталеина. Эту смесь титровали 0,05 М раствором H_2SO_4 до тех пор, пока индикатор не начал обесцвечиваться. Перед титрованием, снятием показаний и расчетом щелочности мы добавили метиловый оранжевый (3 капли) в бесцветный раствор и продолжали титрование до тех пор, пока желтый цвет не сменился на оранжево-красный или насыщенный малиновый.

2.3.2.4 БПК

Метод Винклера был адаптирован с использованием азида для измерения значений растворенного кислорода и биохимической потребности в кислороде. В бутыль для определения биохимической потребности в кислороде объемом 300 мл наливали 200 мл образца сточных вод, добавляли сульфат марганца (1 мл) и щелочной раствор йодида-азида (1 мл). Смесь титровали 0,025 н. раствором тиосульфата натрия до изменения цвета; этот титр и был принят за значение растворенного кислорода. Затем бутыль с образцом поместили в темное место при температуре 20 °C на 5 дней. После инкубации в бутыль добавили ортофосфорную кислоту (2 мл). После изменения цвета смесь осторожно встряхнули и оттитровали тиосульфатом натрия. Значение титра указывает на уровень растворенного кислорода на пятый день. Разница между уровнями растворенного кислорода на первый и пятый день использовалась для расчета биохимической потребности в кислороде.

2.3.2.5 ХПК

Для определения химической потребности в кислороде использовались стандартные методы. В перевёрнутой колбе образец сточных вод (50 мл) смешивали с дихроматом калия ($K_2Cr_2O_7$; 10 мл) и сульфатом ртути (1 г). Затем добавляли шарики для перемешивания, чтобы облегчить выпаривание и перемешивание. Затем через широкое отверстие конденсатора осторожно добавляли концентрированную H_2SO_4, содержащую сульфат серебра (10 мл), и перемешивали. Примерно через час кипячения устройство охладили. После того как содержимое колбы разбавили дистиллированной водой (150 мл), в качестве индикатора в раствор добавили ферроин (3 капли). Наконец, образец титровали стандартным раствором сульфата аммония железа (FAS) до тех пор, пока сине-зеленый цвет не сменился на красновато-коричневый, чтобы определить холодовую химическую потребность.

2.3.2.6 Общее содержание органического углерода

Для определения общего органического углерода использовали стандартные процедуры. После тонкого измельчения выпаренного осадочного материала 0,2 г каждого образца помещали в колбу объемом 500 мл. Затем добавляли 0,5 М $K_2Cr_2O_7$ (10 мл) и осторожно

перемешивали. Затем в раствор осторожно добавляли 20 мл концентрированной H_2SO_4. После осторожного перемешивания смесь оставили на 40 минут, после чего аккуратно добавили 200 мл дистиллированной H_2O и 10 мл чистой фосфорной кислоты (H_3PO_4). Когда смесь остыла, в качестве индикатора добавили ферроины (3 капли). Наконец, для титрования использовали 0,25 М раствор фторида аммония, и процесс был завершен, когда раствор приобрел винно-красный цвет. Затем с помощью уравнения 7 был рассчитан общий органический углерод (%) в образце воды:

$$\text{Total Organic Carbon}(\%) = (V_b - V_s)\text{XMX}1.38,$$

V_b and V_s — объемы FAS, необходимые для холостого опыта и анализа образца соответственно, а M — молярность FAS.

2.3.2.7 Сульфаты, нитраты и фосфаты

Для измерения уровня сульфатов использовался гравиметрический/турбидиметрический метод с применением $BaCl_2$ в качестве осадителя. В стеклянный контейнер объемом 250 мл поместили образец (50 мл), который затем смешали со 150 мл дистиллированной воды, четырьмя каплями метилового оранжевого и 1 мл концентрированной соляной кислоты. После добавления 10 мл 10-процентного раствора хлорида бария смесь нагревали в течение 5 минут, оставляли на ночь, а затем фильтровали через фильтровальную бумагу Whatman. Фильтровальную бумагу промывали дистиллированной водой, чтобы удалить ионы хлора, затем бумагу высушивали в кварцевом стакане при температуре 80 °C в духовке, после чего бумагу нагревали до 800 °C в течение часа для прокаливания, а затем охлаждали в испарителе и взвешивали. Для обеспечения стабильности процессы сжигания, охлаждения и взвешивания повторяли. На основе этих повторных измерений было рассчитано содержание сульфатов в образце сточных вод. Для измерения уровня нитратов использовался метод с применением фенолдисульфоновой кислоты, а для оценки уровня фосфатов — спектрометрический подход.

2.3.2.8 Ионы тяжелых металлов

Количество ионов токсичных металлов (Pb, Cd, Ni и Cr) в промышленных сточных водах (как в необработанных образцах, так и в образцах, обработанных наночастицами TiO_2) было определено с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии, а полученные результаты сравнили с предельными значениями, установленными Комитетом по охране окружающей среды.

2.4 Эффективность десорбции и повторного использования

Адгезия токсичных металлов к поверхности наночастиц — обратимый процесс, который позволяет повторно использовать наночастицы после десорбции ионов металлов. Для удаления ионов металлов с поверхности наночастиц были выбраны четыре элюента: метанол и смесь 0,1 моль/л гидроксида натрия (NaOH) с метанолом, ацетоном и пропанолом в соотношении 1:1. Результаты показали, что по сравнению с другими элюентами максимальная эффективность десорбции наблюдалась при использовании 2,0 мл смеси 0,1 моль/л NaOH и метанола в соотношении 1:1. Для оценки возможности повторного использования адсорбент подвергли нескольким циклам адсорбции-десорбции. После каждого цикла экстракции адсорбент использовали в последующих экстракциях после элюирования 2,0 мл раствора метанола и NaOH (0,1 моль/л) в соотношении 1:1 в течение 10 циклов. После 5–10 циклов адсорбции и десорбции мы обнаружили, что регенерированный адсорбент может удалить более 90% опасных ионов металлов из исследуемого раствора.

Эксперимент по адсорбции и десорбции повторялся в течение 5–10 циклов повторного использования, и для расчета эффективности адсорбции использовалось уравнение 8:

$$\text{Adsorption efficiency} = \frac{V(C_0 - C_e)}{M}.$$

C_0 и C_e — начальная и оптимальная концентрации красителя (мг/л) соответственно; V — объем раствора (л), а M — масса наночастиц TiO_2 (г).

2.5 Исследования токсичности наночастиц TiO_2

2.5.1 Анализ на фитотоксичность

2.5.1.1 Происхождение семян

Семена были собраны с местных растений *Pisum sativum*, выращенных в Веллоре, штат Тамилнад, Индия.

2.5.1.2 Анализ всхожести семян

Этот анализ был проведен с использованием семян *P. sativum* и промышленных сточных вод (как необработанных, так и обработанных наночастицами TiO_2). Для стерилизации семян и удаления грибковых наростов их поверхность протирали 1,2-процентным раствором гипохлорита натрия. Все семена по отдельности помещали в неглубокие круглые прозрачные чашки с плоскими крышками и обрабатывали наночастицами TiO_2 в различных концентрациях (25–100 мкг/мл). В качестве положительного контроля использовалась обычная вода. Пластины регулярно проверяли на всхожесть, и радикалы, выходящие из семян, считались проросшими. Через неделю наблюдали за скоростью прорастания, а также длиной перышка (побега) и прикорневой части (корня).

2.5.2 Анализ ингибирования роста водорослей

Для анализа ингибирования роста водорослей, который проводился в соответствии с методическими рекомендациями ОЭСР 201, использовались такие виды зеленых водорослей, как *Chlorella* sp. и *Volvox* sp. Изоляты водорослей культивировали в базовой среде Болда (pH 7,5) в течение примерно 72 часов при температуре 25 °C в инкубаторе с качанием, используя четыре различные концентрации наночастиц TiO_2 (25–100 мкг/мл). Наночастицы TiO_2 и виды водорослей присутствовали в исследуемом образце, который был исследован при длине волны 680 нм. Оптическую плотность измеряли каждые 24 часа, при этом контрольные виды водорослей сохранялись. Полученные значения были нанесены на график в зависимости от времени, чтобы построить кривую роста образца водорослей. Результаты позволяют оценить способность наночастиц TiO_2 подавлять размножение видов водорослей.

2.5.3 MTT-тест

2.5.3.1 Клеточные культуры

Нормальную клеточную линию фибробластов 3T3-L1 получили в Национальном центре клеточных наук (National Centre for Cell Sciences, NCCS) в Пуне, Индия. Затем в модифицированную среду Игла (DMEM) добавили 10% инактивированной нагреванием бычьей сыворотки (FBS), 100 ЕД/мл пенициллина и 100 мкг/мл стрептомицина и использовали для культивирования клеток. Для логарифмического роста культуры поддерживали при температуре 37 °C в увлажненном инкубаторе с 5 % CO_2 и 95 % воздуха.

2.5.3.2 Цитотоксические эффекты

Для оценки цитотоксического потенциала наночастиц TiO_2 использовали анализ MTT. После посева с плотностью 1×10^4 клеток на лунку в 96-луночные планшеты клетки инкубировали в течение 48 ч, пока они не достигли примерно 70-80% слияния. Затем клетки подвергли воздействию различных доз наночастиц TiO_2 (20, 40, 60, 80 и 100 мкг/мл) и оставили инкубироваться еще на 24 часа. Для изучения и регистрации любых морфологических изменений обработанных клеток и необработанных контрольных образцов использовали цифровой инвертированный микроскоп с увеличением 20×. Затем в каждую лунку вносили по 20 мкл раствора MTT (5 мг/мл в фосфатно-буферном физиологическом растворе (PBS)) после промывания клеток PBS (pH 7,4) в конце инкубации. Затем планшеты снова инкубировали в течение 4 ч при 37°C в темных условиях. Кристаллы формазана, образовавшиеся на этом этапе, растворяли в 100 мкл диметилсульфоксида (ДМСО) и с помощью спектрофотометра определяли оптическую плотность при длине волны 570 нм для количественной оценки. Клетки положительного контроля обрабатывали 1% Тритоном X-100, а клетки отрицательного контроля не обрабатывали. Для сравнения в качестве стандартного эталонного соединения использовали ампициллин (Винаягам и др., 2025). Наконец, жизнеспособность клеток была рассчитана в процентах на основе значений оптической плотности (уравнение 9):

$$\text{Cell viability}(\%) = \frac{(Absorbance\ of\ test\ sample)}{(Absorbance\ of\ control)} \times 100.$$

Полученные результаты были проанализированы с помощью программ Microsoft Excel, Origin 2024 и Minitab. Для оценки вариативности внутри наборов данных были рассчитаны стандартные отклонения. Для оценки статистических различий между экспериментальными группами был проведен однофакторный дисперсионный анализ, а для подтверждения результатов был установлен порог значимости $p < 0{,}05$. Кроме того, при необходимости использовались *постфактумные* тесты для выявления конкретных различий между группами лечения. Интеграция нескольких программных платформ позволила нам всесторонне и точно интерпретировать экспериментальные данные, тем самым обеспечив надежную статистическую проверку полученных результатов.

3 Результаты

3.1 Синтез и характеристика наночастиц TiO*2*, опосредованных A.-penicillioides

В нашем предыдущем отчете описан синтез и характеристика наночастиц TiO*2*, полученных с помощью A.-penicillioides. Для повышения скорости адсорбции свинца и никеля были проведены оптимизационные и кинетические исследования. Идентифицированный гриб (*A. penicillioides*) был зарегистрирован в репозитории геномных последовательностей Национального центра биотехнологической информации как *A. penicillioides* VDRVYF с регистрационным номером PQ570604.1 (**https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/2847402264**). Гемолитический анализ подтвердил экологическую устойчивость этого штамма для биоремедиации. На рис.1 показано значение биомолекул *A. penicillioides* VDRVYF, в частности полисахаридов и белков, которые влияют на нуклеацию, рост, стабилизацию поверхности и селективность адсорбции наночастиц.

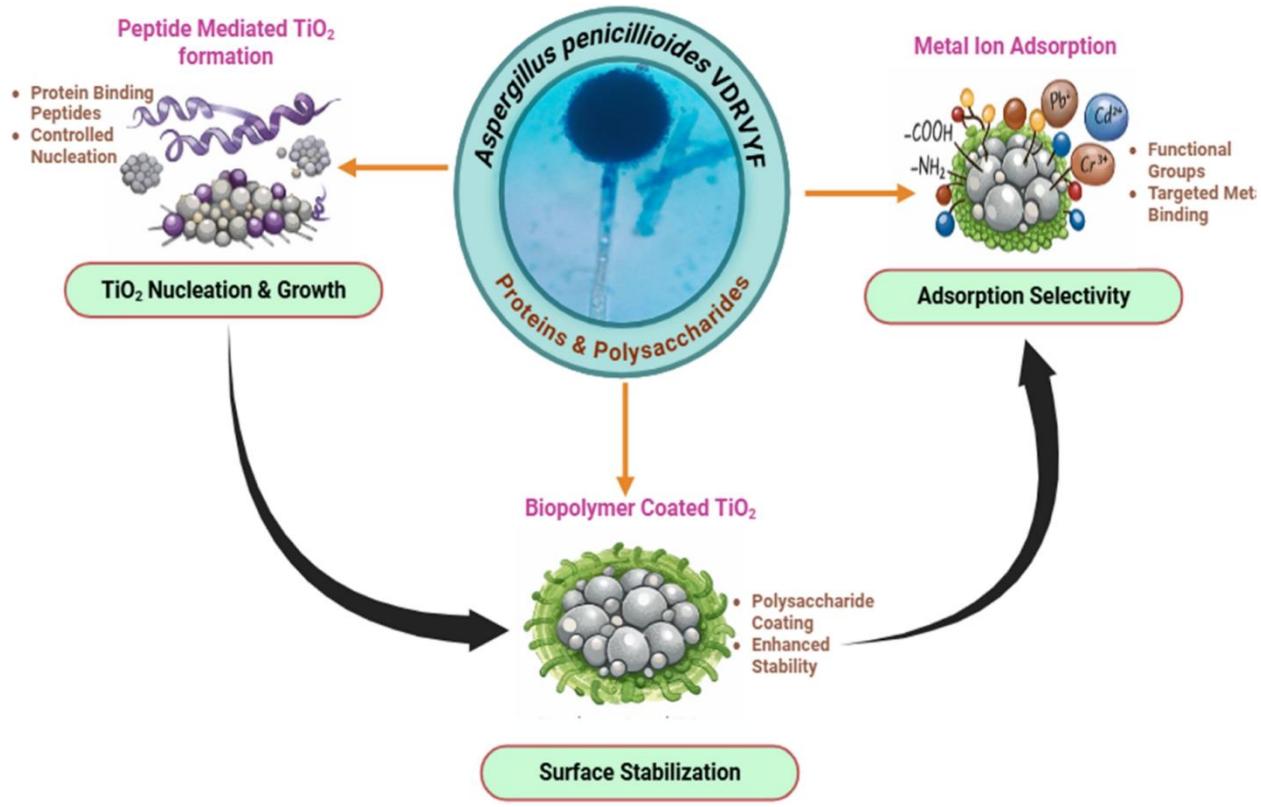


Рисунок 1. Схематическое изображение роли биомолекул Aspergillus penicillioides VDRVYF в формировании наночастиц TiO_2.

3.2 Исследования в области оптимизации, кинетики и изотермы

3.2.1 Исследование периодической адсорбции

Используя наночастицы TiO_2 в качестве катализатора, мы оценили, как различные факторы, такие как тип источника света, количество адсорбента, уровень pH и концентрация Cd и Cr (ионов токсичных металлов), влияют на процесс в течение 1–5 часов перемешивания. Результаты наших периодических адсорбционных тестов показали, что наилучшие условия для адсорбции Cd — это 60 мкг/мл Cd в сочетании с 2 мкг/мл наночастиц TiO_2 в растворе, перемешиваемом в течение 5 часов. На рис. 2а показано, что необходимо довести pH раствора до 6 и подвергнуть его воздействию солнечного света. Для адсорбции хрома наилучшие условия — это реакционная смесь с 60 мкг/мл хрома и 10 мкг/мл наночастиц TiO_2 при pH 6 и воздействии солнечного света (рис. 2б). После анализа параметров были определены оптимальные значения для исследования адсорбции. Интересно, что мы обнаружили, что адсорбция этих токсичных ионов металлов снижается по мере увеличения времени перемешивания и концентрации Cd и Cr. При концентрации Cd 60 мкг/мл и перемешивании смеси в течение 5 часов эффективность адсорбции Cd составила 70%. При более низких концентрациях Cd соединения Cd, как правило, прилипали к активным участкам TiO_2 наночастиц; это означает, что по мере заполнения активных центров адсорбция Cd замедляется. Аналогичным образом при максимальной концентрации 60 мкг/мл Cr скорость адсорбции Cr составила 75% через 5 часов.

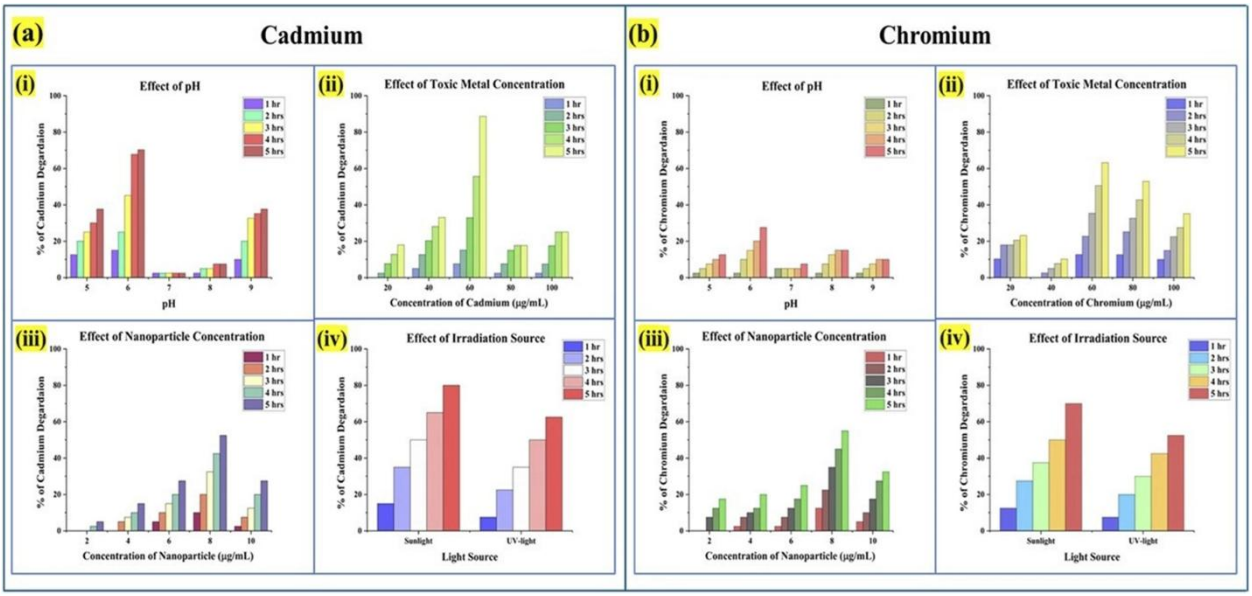


Рисунок 2. ***(а)*** *Результаты исследований периодической адсорбции наночастиц TiO_2 при удалении Cd: влияние (i) pH, (ii) концентрации токсичного металла, (iii) концентрации наночастиц и (iv) типа источника излучения.* ***(б)*** *Результаты исследований периодической адсорбции наночастиц TiO_2 при удалении Cr: влияние (i) pH, (ii) концентрации токсичного металла, (iii) концентрации наночастиц и (iv) типа источника излучения.*

На процесс адсорбции Cr и Cd в значительной степени влияет количество доступного адсорбирующего материала, что, в свою очередь, повышает степень поглощения. С увеличением концентрации наночастиц TiO_2 появляется больше активных центров, за которые могут «зацепиться» ионы Cd и Cr, что приводит к более высокой скорости адсорбции опасных ионов металлов. Со временем, по мере продолжения взаимодействия между этими ионами металлов и наночастицами, происходит накопление ионов Cr и Cd в доступных пространствах наночастиц TiO_2. Интересно, что самое низкое значение pH, при котором эффективно поглощается 90 % Cr и 97 % Cd в течение 5 часов, составляет 6. При значениях pH 5, 7, 8 или 9 адсорбция этих металлов менее эффективна. Когда наночастицы TiO_2 попадают в среду с pH 6, происходит протонирование и адсорбция ионов Cd и Cr. Эвакуация этих ионов была протестирована с использованием наночастиц TiO_2 в концентрации 2 мкг/мл и 10 мкг/мл в качестве фотокатализатора при различных источниках света, включая солнечный и ультрафиолетовый свет. Максимальная скорость адсорбции составила 50% и 65% соответственно. Мы обнаружили, что солнечный свет значительно ускоряет адсорбцию ионов кадмия и хрома и что максимальная скорость адсорбции составляет 40 % для кадмия и 75 % для хрома при облучении солнечным светом. Это свидетельствует о том, что наночастицы TiO_2 могут эффективно адсорбировать опасные ионы металлов из промышленных сточных вод под воздействием прямых солнечных лучей.

3.2.2 Исследования изотермы и кинетики адсорбции

Реакционная смесь, содержащая Cr и Cd, была подвергнута изотермической и кинетической оценке для подтверждения точности результатов экспериментов по адсорбции в периодических условиях. Гетерогенный катализ зависит от различных уравнений скорости процессов адсорбции, происходящих на поверхностях реагентов в ходе этих реакций. Значения C_e в зависимости от C_e/q_e использовались для анализа изотермы адсорбции по Ленгмюру (рис.3). Также показаны изотермы адсорбции по Фрейндлиху в координатах log C_e vs. log q_e. Параметры кинетики псевдопервого и псевдовторого порядка для данных об

адсорбции Cd и Cr были рассчитаны по графикам t vs. log (q_e – q_t) и t vs. t/q_t соответственно. Кинетические и изотермические переменные, а также соответствующие значения R^2 приведены в табл. 1. Как кинетические модели псевдовторого порядка, так и изотермы адсорбции по Фрейндлиху демонстрируют отличную корреляцию с поглощением опасных ионов металлов на поверхности наночастиц. Значения R^2 указывают на эффективность наночастиц TiO_2 в разложении соединений Cd и Cr.

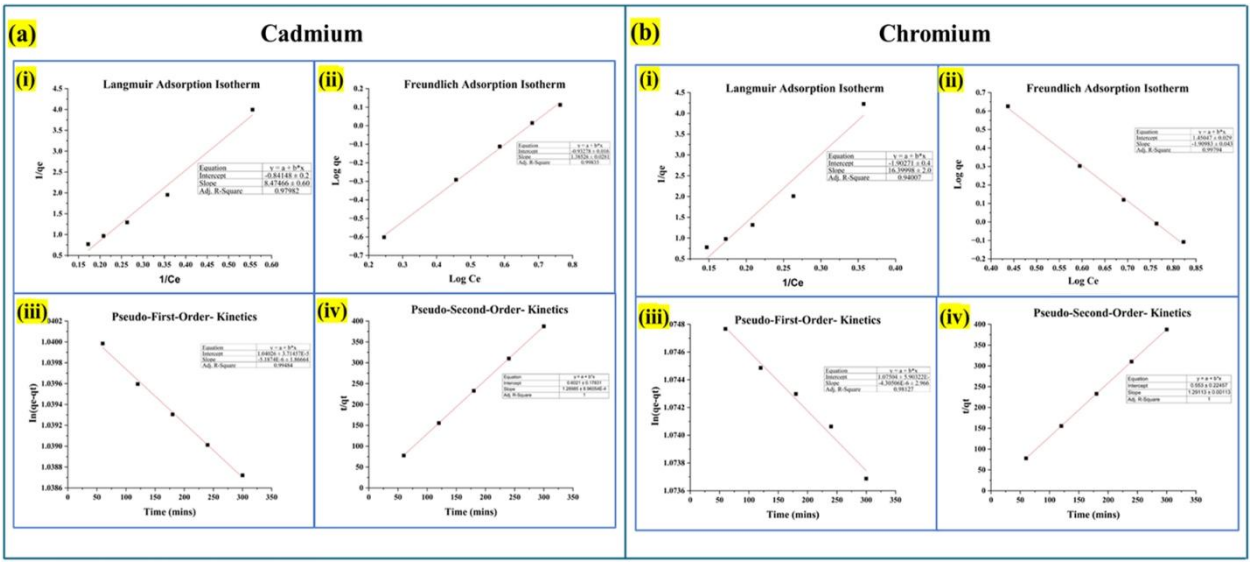


Рисунок 3. Изотермы адсорбции и кинетические модели адсорбции (a) Cd и (b) Cr наночастицами TiO_2: (i) изотермы адсорбции Ленгмюра и (ii) Фрейндлиха; (iii) кинетические модели псевдопервого и (iv) псевдовторого порядка.

Таблица 1. Исследования изотермы и кинетики адсорбции.

Изотерма адсорбции Ленгмюра	$C_e/q_e = (C_e/q_m) + (1/kq_m)$	C_e против C_e/ q_e	$q_m = 1,19$	$q_m = 0,52$	0.97982	0.94007
			$K_L = 0,09$	$K_L = 0,11$		
Изотерма адсорбции Фрейндлиха	логарифм q_e = (1/n) логарифм C_e + логарифм k	логарифм C_e против log q_e	1/n = 1,4	1/n = 1,89	0.99406	0.98278
			$K_f = 0,11$	$K_f = 27,34$		
Кинетическая модель псевдопервого порядка	log $(q_e – q_t)$ = log (q_e) – (k/2,303) t	t в зависимости от log $(q_e – q_t)$	$q_e = 2,83$	$q_e = 2,93$	0.99484	0.98127
			$K_1 = 0,02$	$K_1 = 0,01$		
Кинетическая модель псевдовторого порядка	$t/q_t = (1/kq_e^2) + (t/q_e)$	t в зависимости от (t/q_t)	$q_e = 0,77$	$q_e = 0,77$	1	1
			$K_2 = 2,76$	$K_2 = 3,01$		

Согласно кинетическим исследованиям, наночастицы TiO_2 демонстрируют линейную зависимость от изотермы адсорбции Фрейндлиха для ионов токсичных металлов. Мы обнаружили, что адсорбционная способность наночастиц TiO_2 возрастает параллельно с увеличением концентрации ионов токсичных металлов и времени реакции. Эта реакция псевдовторого порядка показывает, что необходимое время остается неизменным, несмотря

на количество переменных (pH, концентрации опасных металлов, концентрация наночастиц TiO_2 и источник облучения). Выбранная модель адекватно описывает наблюдаемый процесс деградации, а высокие значения R^2 существенно коррелируют с результатами экспериментов.

3.2.3 Определение содержания Cd и Cr методом атомно-абсорбционной спектрометрии

Результаты, представленные в табл.2, наглядно демонстрируют, что наночастицы TiO_2, полученные с использованием *A. penicillioides* VDRVYF, обладают высокой эффективностью адсорбции Cd и Cr. Исключительная адсорбционная способность наночастиц подтверждается заметным снижением концентрации Cd и Cr после обработки. За такую эффективность удаления отвечают большая площадь поверхности, поверхностные функциональные группы и активные центры связывания наночастиц TiO_2, полученных биологическим путем. Кроме того, долговечность и воспроизводимость этих биосинтезированных наночастиц подтвердилась стабильностью процесса удаления загрязнений во всех испытаниях. Согласно полученным данным, наночастицы обладают высоким сродством к ионам тяжелых металлов и представляют собой эффективный и экологичный метод очистки промышленных сточных вод. В будущих исследованиях можно будет изучить циклы повторного использования наночастиц и их применение на практике, чтобы подтвердить их долгосрочную эффективность в различных условиях окружающей среды.

Таблица 2. Исследование адсорбции Cd и Cr на наночастицах TiO_2 методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Имя образца	Кадмий	Хром
Исходная концентрация (S1)	1.571	1.686
Конечная концентрация (S2)	1.119	1.093

3.3 Исследование реальных образцов

3.3.1 Физико-химические параметры

3.3.1.1 Температура и цвет

Температура существенно влияет на другие характеристики сточных вод. Температура различных проб, взятых при сборе сточных вод на промышленной площадке, составляла 27,5°C. После обработки сточных вод наночастицами TiO_2 температура всех проб снизилась до 25,5 °C. На некоторые другие характеристики сильно влиял цвет промышленных сточных вод. Образцы промышленных сточных вод (S1–S5), полученные для данного исследования, показаны на рис.4. Их цвет варьируется от светло-зелёного до тёмно-коричневого, кремово-белого, мутно-зелёного и оранжево-жёлтого. Все эти образцы сточных вод после обработки наночастицами TiO_2 приобрели разный цвет. Образцы T1, T3 и T5 в основном были бесцветными, а T2 и T4 после обработки стали соответственно ярко-зелёными и коричневыми (рис.4a).

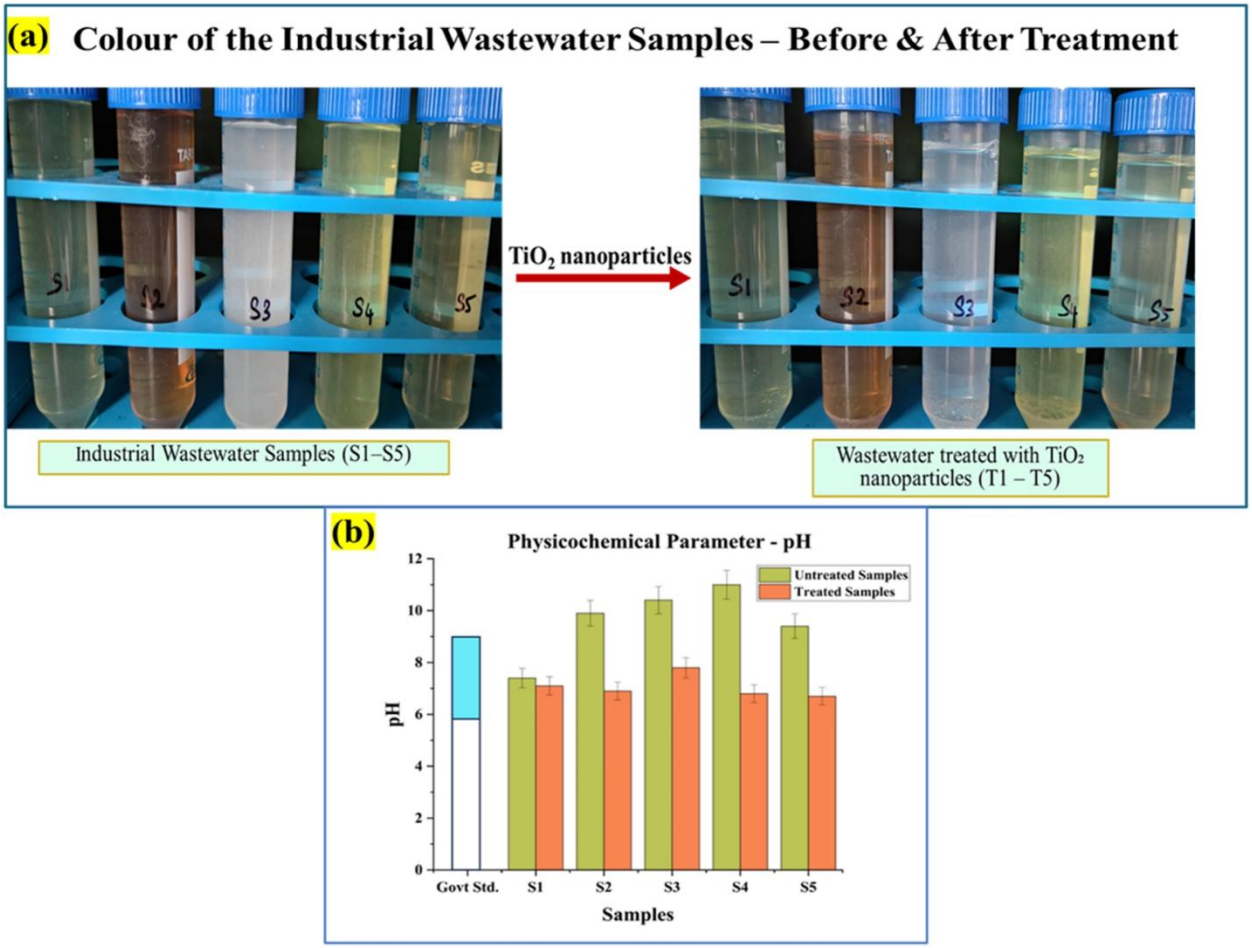


Рисунок 4. ***(a)*** *Сравнение цвета образцов промышленных сточных вод до (S1–S5) и после (T1–T5) обработки наночастицами TiO_2. На изображениях видны заметные изменения цвета необработанных образцов сточных вод после обработки. Изменение цвета свидетельствует о разложении присутствующих в образцах загрязняющих веществ.* ***(b)*** *Сравнение pH образцов промышленных сточных вод до и после обработки наночастицами TiO_2; для сравнения указан стандартный предел, установленный Центральным советом по контролю за загрязнением окружающей среды Индии (Central Pollution Control Board of India, CPCB).*

3.3.1.2 pH

pH раствора или активность ионов водорода определяется путем вычисления логарифма обратной скорости движения ионов водорода при определенной температуре. В образце S4 pH был выше — 11, а в образце S1 — ниже, 7,4. Значения pH в образцах промышленных сточных вод, собранных в местах сброса, варьировались от 7,4 до 11, а после обработки наночастицами TiO_2 — от 6,7 до 7,8. У образца T5 был самый низкий уровень pH — 6,7, а у образца T3 — самый высокий, 7,8 (рис. 4b). Средний уровень pH в каждом образце был выше значений, рекомендованных ВОЗ и местными властями. Согласно государственному стандарту, максимальный уровень pH сточных вод может составлять 6–9. Колебания уровня карбонатов, CO_2 и бикарбонатов в образцах сточных вод могут приводить к изменению значений pH. Такие заболевания, как туберкулез, могут быть вызваны низким уровнем pH, в то время как коррозия, осаждение, накопление и другие проблемы часто возникают из-за высокого уровня pH (Asaolu and Olaofe, 2004). Настоящее исследование показывает, что

уровень pH промышленных сточных вод можно снизить и привести в допустимый диапазон после обработки предложенными наночастицами TiO_2.

3.3.1.3 Мутность

Средние значения мутности проб промышленных сточных вод до очистки составляли 104 нефелометрических единицы мутности (НМУ) для S1, 124 НМУ для S2, 900 НМУ для S3, 940 НМУ для S4 и 1042 НМУ для S5 (рис. 5a). Между тем после обработки наночастицами средние значения составили 40 NTU для T1, 45 NTU для T2, 68 NTU для T3, 70 NTU для T4 и 71 NTU для T5 (рис. 5b). Здесь допустимый предел составляет 75 NTU. По сравнению со стандартным значением, установленным регулирующим органом, показатели мутности образцов промышленных сточных вод снизились после обработки наночастицами.

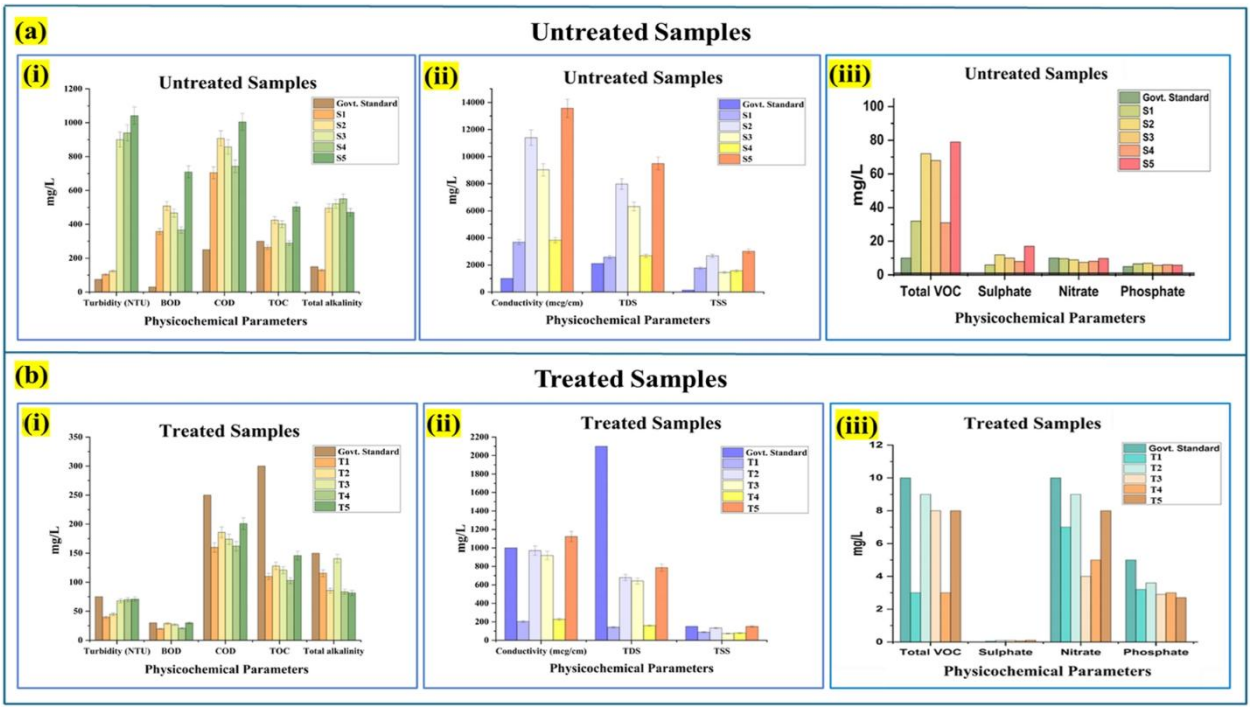


*Рисунок 5. Физико-химические параметры **(a)** необработанных и **(b)** обработанных наночастицами TiO_2 образцов сточных вод (S1–S5), где первая полоса на каждом графике представляет собой стандартный предел, установленный Комитетом по охране окружающей среды, для сравнения: на графиках показаны (i) мутность, биохимическая потребность в кислороде (БПК), химическая потребность в кислороде (ХПК), содержание общего органического углерода (TOC) и общая щелочность; (ii) электропроводность образца, общее содержание растворенных веществ (ОСРВ) и общее содержание взвешенных веществ (ОСВ); (iii) общее содержание летучих органических соединений (ЛОС), сульфатов, нитратов и фосфатов в образцах.*

3.3.1.4 Электропроводность

Электропроводность — это мера способности материала проводить электрический ток. Известно, что электропроводность воды напрямую зависит от количества содержащихся в ней диспергированных минеральных частиц. Такая электропроводность обусловлена большим количеством растворенных солей, выделяемых различными минералами, природной солью в чистой воде и солью, добавленной в пищевые продукты. Значения электропроводности образцов промышленных сточных вод S1–S5 (неочищенные образцы) составили 3685,7 мкСм/см$^{-3}$, 11 400 мкСм/см$^{-3}$, 9028,6 мкСм/см$^{-3}$, 3828,6 мкСм/см$^{-3}$ и 13 571,4 мкСм/см$^{-3}$

соответственно, как показано на рисунке 5a. Что касается проб промышленных сточных вод, то электропроводность воды является полезным показателем солености или общего количества присутствующих солей, независимо от их концентрации (высокой или нет). Средняя электропроводность во всех местах отбора проб превышала установленный CPCB предел в 1000 мкСм/см$^{-3}$, и местные власти рекомендуют сбрасывать такие сточные воды промышленных предприятий в канализационные системы. Значения электропроводности после обработки наночастицами TiO_2 составили 204,28 мкСм/см$^{-3}$ для T1, 971,43 мкСм/см$^{-3}$ для T2, 918,57 мкСм/см$^{-3}$ для T3, 227,14 мкСм/см$^{-3}$ для T4 и 1122,85 мкСм см$^{-3}$ для T5 (рис. 5b); видно, что большинство этих значений находятся в допустимых пределах стандарта CPCB.

3.3.1.5 TDS

Средние концентрации общего содержания растворенных веществ в образцах промышленных сточных вод до и после очистки показаны на рис. 4. Соответственно, концентрации общего содержания растворенных веществ в необработанных образцах составляют 2580 мг/л для S1, 7980 мг/л для S2, 6320 мг/л для S3, 2680 мг/л для S4 и 9500 мг/л для S5 (рис. 5a). В образцах очищенных промышленных сточных вод содержание общего содержания растворенных твердых веществ составило 143 мг/л для T1, 680 мг/л для T2, 643 мг/л для T3, 159 мг/л для T4 и 786 мг/л для T5 (рис. 5b). Уровень общего содержания растворенных твердых веществ во всех точках мониторинга (в очищенных образцах) был ниже порогового значения в 2100 мг/л, установленного Управлением по охране окружающей среды штата Калифорния для сточных вод, сбрасываемых в поверхностные воды.

3.3.1.6 Общее содержание взвешенных веществ

Определенное количество образца воды было профильтровано через предварительно взвешенную фильтровальную бумагу. Затем фильтровальную бумагу высушили при температуре 103–105 °C, и общее содержание взвешенных веществ было рассчитано по формуле 8. Концентрация общего органического углерода в образцах неочищенных промышленных сточных вод составила 1780 мг/л для S1, 2678 мг/л для S2, 1453 мг/л для S3, 1568 мг/л для S4 и 3010 мг/л для S5 (рис. 5a). Согласно Кодексу о качестве воды, допустимый предел содержания взвешенных веществ в сточных водах, сбрасываемых в водоемы, составляет 150 мг/л. Результаты нашего исследования показывают, что промышленные сточные воды нельзя сбрасывать в окружающую среду без предварительной очистки. Повышенный уровень взвешенных веществ может оказывать физическое воздействие на водную среду, например забивать жабры и дыхательные пути рыб, заиливать дно ручьев, нарушать нерестилища и препятствовать проникновению света, необходимого для фотосинтеза водных растений (Филлипс и Липтон, 1995). Однако анализ обработанных образцов (T1–T5) показал значительное снижение уровня общего органического углерода — от 72 до 150 мг/л (рис. 5b).

3.3.1.7 Общая щелочность

Чрезмерно высокая щелочность может привести к коррозии труб из-за образования минеральных отложений и накипи внутри труб. Со временем эти отложения могут препятствовать потоку воды и потенциально нанести вред водопроводной системе. Однако, в отличие от кислой воды, высокощелочная вода, как правило, менее агрессивна и чаще приводит к образованию накипи, а не к прямой коррозии металлических поверхностей. Согласно индийскому стандарту, допустимый уровень щелочности составляет 150 мг/л в пересчете на $CaCO_3$. В ходе этой работы уровень щелочности собранных образцов воды варьировался от 130 до 550 мг/л (рис. 5a). И щелочность, и уровень pH играют важную роль в

пригодности сточных вод для биологической очистки. В образцах воды, обработанных синтезированными наночастицами, уровень общей щелочности составил от 81 до 140 мг/л (рис. 5b), что ниже допустимого предела.

3.3.1.8 БПК и ХПК

Количество кислорода, потребляемого бактериями при разложении органических веществ, называется БПК. Значения БПК в образцах сточных вод крайне важны для этой работы, поскольку они напрямую влияют на результат. $БПК_5$ рассчитывалась путем вычитания значений растворенного кислорода (в мг/л), полученных для ряда образцов, из соответствующих значений растворенного кислорода, полученных после 5 дней инкубации (уравнение 10).

$$\mathrm{BOD}_5(\mathrm{mg/L}) = (\mathrm{Doi} - \mathrm{Dof}) \times \text{volume of the BOD bottle.}$$

Значения БПК и ХПК в каждой из точек измерения превышают стандартные значения, установленные Комитетом по охране окружающей среды, — 30 и 250 мг/л для сброса промышленных сточных вод в водную среду соответственно. Повышенные значения БПК и ХПК в пробах сточных вод могут быть вызваны неправильным применением различных веществ. Данные о концентрации элементов в пробах промышленных сточных вод из нескольких точек отбора представлены на рис. 5a,b. ХПК образца — это потребность в кислороде для окисления как органических, так и неорганических веществ; это значение было получено путем холостого титрования, когда вместо образца использовалась дистиллированная вода. Значения ХПК для образцов воды были рассчитаны по уравнению 11.

$$\mathrm{COD(mg/L)} = \text{Normality of FAS} \times 8 \times 1000.$$

Эти значения находятся в допустимых пределах, установленных Комитетом по охране окружающей среды, а значит, очищенные сточные воды можно сбрасывать в окружающую среду.

3.3.1.9 Общее содержание органического углерода

Содержание общего органического углерода в образцах S1 и S4 (без обработки) не превышает допустимый предел в 300 мг/л, установленный Центром по контролю и профилактике заболеваний США, в то время как содержание общего органического углерода в остальных образцах неочищенных промышленных сточных вод значительно превышает стандартный предел (более 400 мг/л) (рис. 5a). В обработанных образцах T1 и T2 содержание общего органического углерода заметно снизилось и составило 100–143 мг/л (рис. 5b).

3.3.1.10 Сульфаты

Концентрация сульфатов во всех точках отбора проб (S1–S5) варьировалась от 6 до 17 мг/л (рис. 5a). По сравнению с рекомендациями ВОЗ и стандартами СРСВ, в образцах промышленных сточных вод была высокая концентрация сульфатов. Вода с повышенным содержанием сульфатов имеет неприятный вкус. Кроме того, у детей возникают симптомы, похожие на диарею, при употреблении избыточного количества сульфатов, в том числе сульфата магния, особенно в жарких регионах. После обработки наночастицами TiO_2 в образцах промышленных сточных вод концентрация сульфатов снизилась до 0,05–0,11 мг/л (рис. 5b). Самая низкая концентрация была зафиксирована в образце T1 (0,05 мг/л), а самая высокая — в образце T5 (0,11 мг/л). Уровень сульфатов после обработки наночастицами TiO_2 соответствовал допустимым значениям, установленным ВОЗ и Комитетом по контролю за загрязнением окружающей среды.

3.3.1.11 Нитраты

Нитраты — наиболее распространенная окисленная форма азота в водных экосистемах, способная образовывать азотную кислоту. Во многих случаях нитраты являются лимитирующими факторами роста, но при этом являются важными компонентами, используемыми некоторыми фотосинтезирующими автотрофами. Животные могут использовать нитраты для синтеза животного белка, а водоросли и различные водные растения — для синтеза растительного белка. Нитраты являются важными компонентами сельскохозяйственных удобрений и необходимы для развития и усвоения питательных веществ растениями. Рыбы используют нитраты в качестве альтернативного источника пищи, что может привести к увеличению их популяции. Однако рыба погибнет, если уровень кислорода снизится из-за чрезмерного роста водорослей. Согласно рекомендациям ВОЗ и стандартам Комитета по контролю за загрязнением окружающей среды, допустимый предел содержания нитратов составляет 10 мг/л. Концентрация нитратов во всех точках отбора проб (S1–S5) варьировалась от 7,4 до 9,8 мг/л (рис. 5a). Кроме того, концентрация нитратов в обработанных образцах T1–T5 снизилась до 4–9 мг/л (рис. 5b). Таким образом, содержание нитратов в образцах промышленных сточных вод до и после очистки находилось в пределах допустимой нормы.

3.3.1.12 Фосфаты

Основными источниками фосфатов в воде являются чистящие средства, удобрения, инсектициды и промышленные стоки. Природными источниками являются фосфатосодержащие горные породы, а также твердые и жидкие отходы. Фосфор необходим для роста как растений, так и животных. Полифосфаты вредны, поскольку препятствуют процессам флокуляции, коагуляции и обработки известковым молоком. Все образцы промышленных сточных вод (S1–S5), взятые для исследования, содержали фосфаты в концентрации, превышающей норму ВОЗ и Комитета по контролю за загрязнением воды в Китае в 5 мг/л. В образцах промышленных сточных вод концентрация фосфатов составляла от 5,7 до 6,9 мг/л (рис. 5a). В обработанных образцах (T1–T5) концентрация фосфатов составила 2,7–3,6 мг/л (рис. 5b). Фосфаты способствуют развитию водных растений и планктона, которые служат пищей для рыб и других водных организмов, тем самым увеличивая популяцию рыб и улучшая качество морской среды. При избытке фосфатов может произойти эвтрофикация, от которой страдают многие виды рыб и водных организмов. Поскольку фосфор легко связывается с частицами, он часто становится биологически недоступным в воде. Фосфаты — это форма растворимого фосфора, которая может усваиваться организмом. Фосфаты не токсичны для людей и животных, за исключением случаев, когда их концентрация чрезвычайно высока. Во всех образцах, обработанных наночастицами TiO_2, уровень фосфатов был ниже максимально допустимого значения в 5 мг/л, установленного Комитетом по химическим веществам и Всемирной организацией здравоохранения.

3.3.1.13 Ионы токсичных металлов

Для оценки концентрации токсичных металлов в образцах промышленных сточных вод, в том числе хрома, никеля, кадмия и свинца, использовался атомно-абсорбционный анализ. Концентрация этих токсичных ионов металлов оценивалась как в неочищенных, так и в очищенных сточных водах. В необработанных образцах S1–S5 уровень Cd составил 0,001–0,04 мг/л, уровень Cr — 0,2–0,64 мг/л, уровень Pb — 0,01–0,51 мг/л, а уровень Ni — 0,012–0,48 мг/л. Согласно нормам СРСВ, допустимые концентрации ионов Cd, Cr, Pb и Ni составляют 0,005 мг/л, 0,5 мг/л, 0,3 мг/л и 0,1 мг/л соответственно. В обработанных образцах T1–T5 уровень

содержания кадмия составил 0,001–0,0035 мг/л, хрома — 0,07–0,64 мг/л, свинца — 0,01–0,03 мг/л, а никеля — 0,012–0,1 мг/л (рис. 6).

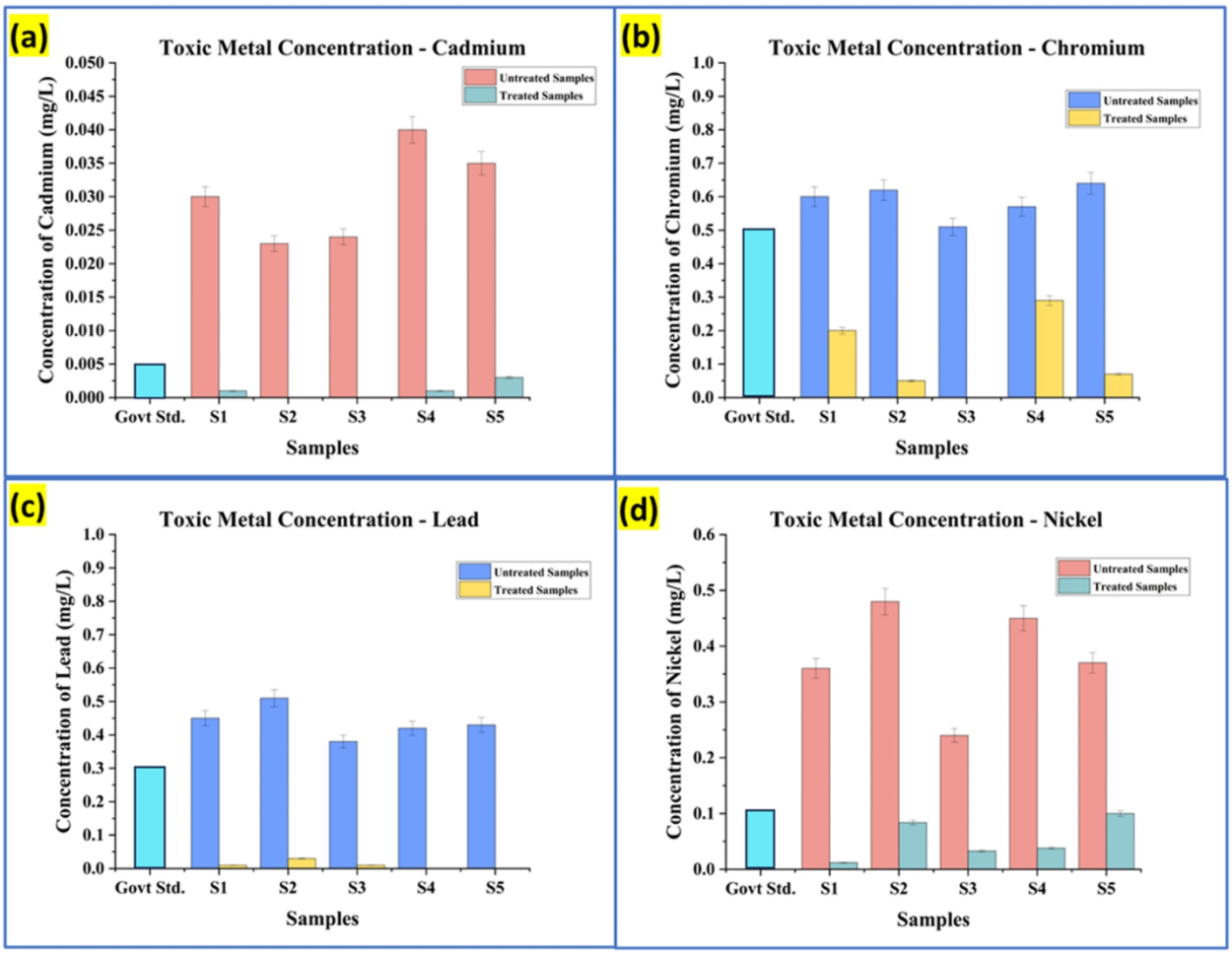


Рисунок 6. Сравнение концентраций токсичных металлов в образцах промышленных сточных вод (S1–S5) до и после обработки наночастицами TiO_2, с учетом стандартного предела, установленного Комитетом по охране окружающей среды Великобритании: (a) Cd, (b) Cr, (c) Pb и (d) Ni.

Образцы, обработанные синтезированными наночастицами TiO_2 (50 мкг/мл) в течение 5 часов, показали очень многообещающие результаты. В целом было адсорбировано более 72% токсичных ионов металлов, присутствующих в образцах промышленных сточных вод (Cd: 91%–100%, Cr: 90%–100%, Pb: 94%–100%, Ni: 72%–96%) (рис. 7a).

3.4 Эффективность десорбции и повторного использования

Механизм адсорбции ионов металлов на поверхности наночастиц обратим. После десорбции ионов металлов наночастицы можно использовать повторно. Чтобы удалить ионы металлов с внешней поверхности наночастиц, мы использовали 2,0 мл смеси метанола и NaOH (0,1 моль/л) для элюирования адсорбента десять раз. Для оценки возможности повторного использования адсорбента было проведено множество циклов элюирования. Было обнаружено, что после 5–10 циклов адсорбции и десорбции регенерированный адсорбент может удалить из раствора более 90% ионов металлов (рис. 7b). Уравнение 8 использовалось для расчета эффективности адсорбции после 5–10 циклов адсорбции и десорбции.

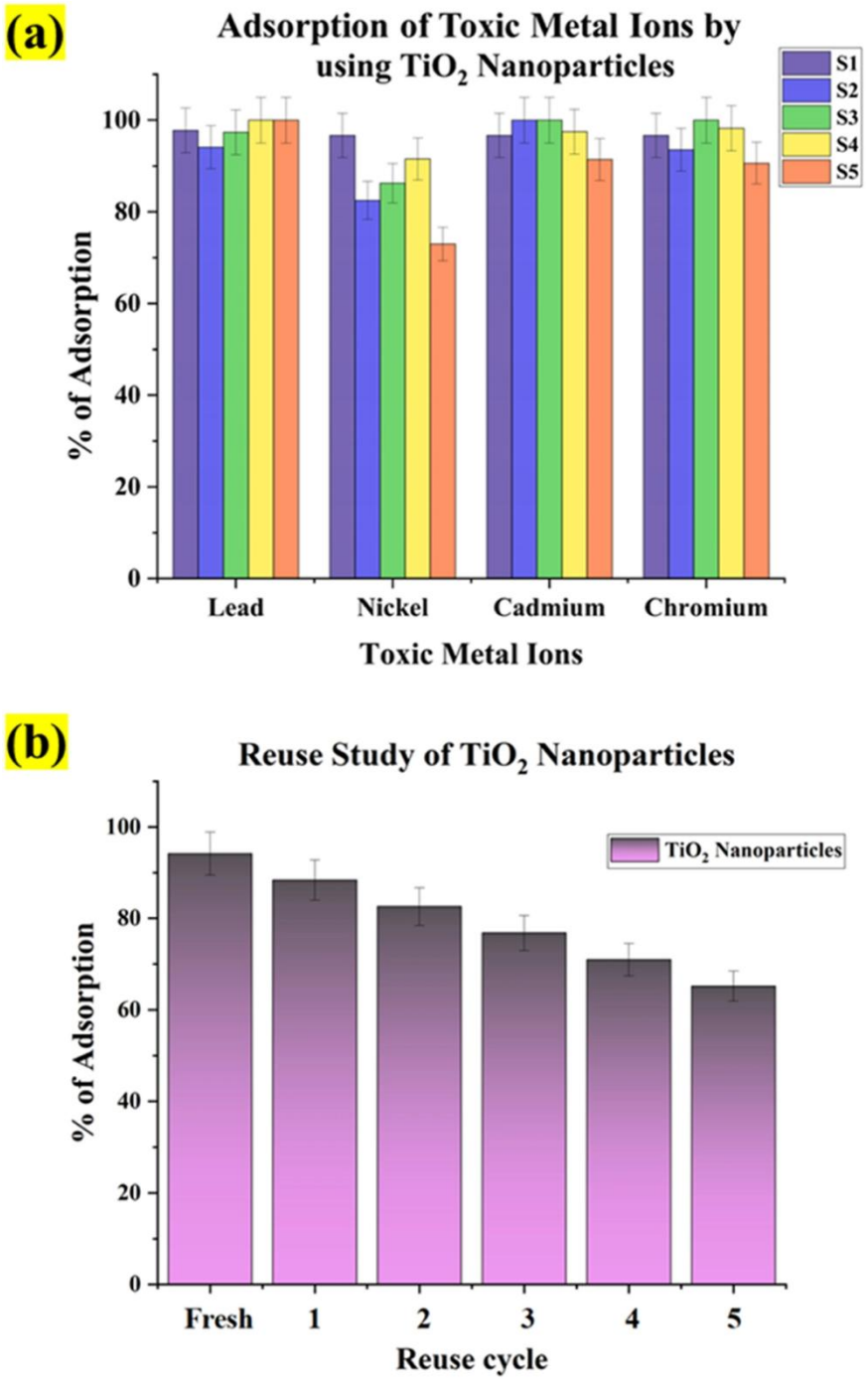


Рисунок 7. (a) Процентная адсорбция ионов токсичных металлов с помощью наночастиц TiO_2; (b) результаты исследования повторного использования наночастиц TiO_2, показывающие процент адсорбции для каждого цикла.

3.5. Определение токсичности

3.5.1 Анализ на фитотоксичность

Для оценки реакции *P. sativum* на необработанные и обработанные образцы промышленных сточных вод были проведены эксперименты по изучению роста растений и прорастания семян. Контрольный образец (дистиллированная вода) пророс на 80%. При воздействии *P. sativum* на наночастицы TiO_2 в различных концентрациях (25, 50, 75 и 100 мкг/мл) скорость прорастания достигала 100 %. В нашем случае скорость прорастания

составила 100 % при 25 и 50 мкг/мл наночастиц, 60 % при 75 мкг/мл наночастиц и 40 % при 100 мкг/мл наночастиц. В отличие от контрольных образцов, семена, обработанные наночастицами TiO_2, проросли на 90–100 % (рис. 8a). Повреждения семян также существенно повлияли на длину побегов и корней. В таблице 3 указана длина остей и корешков образцов *P. sativum*.

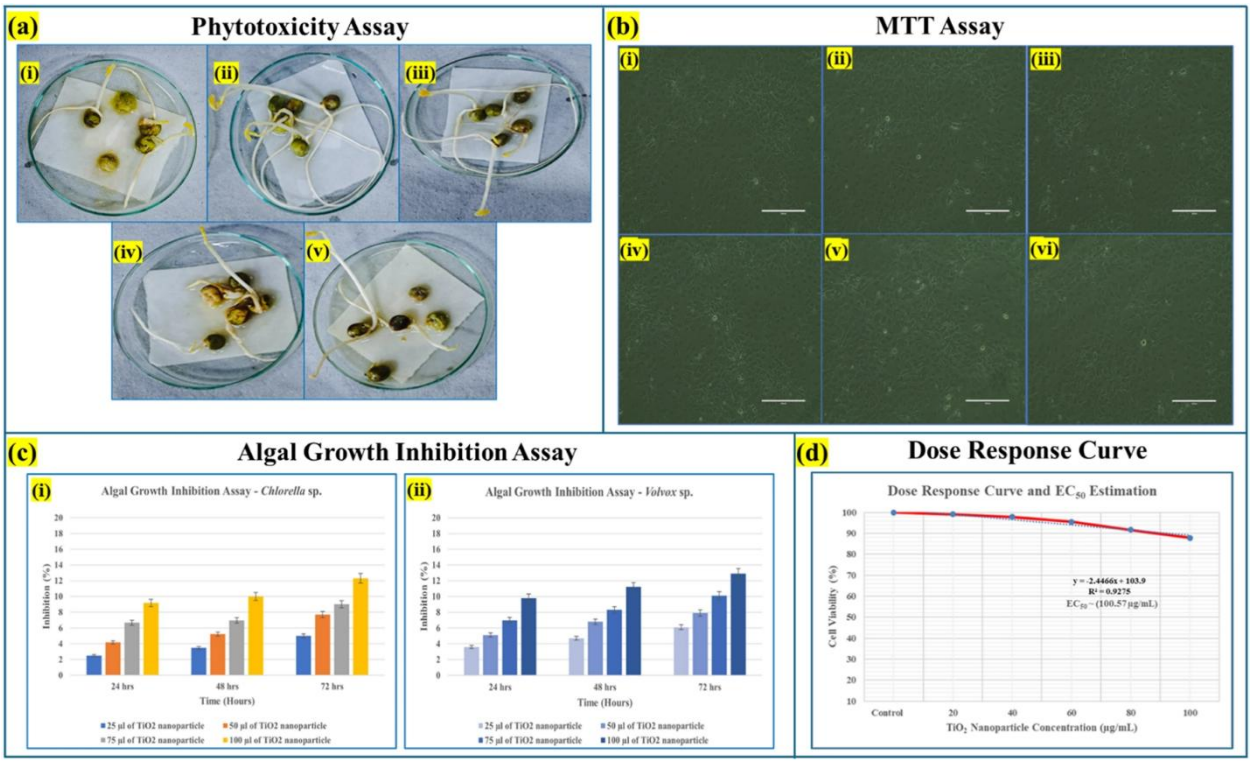


Рисунок 8. (a) Исследование фитотоксичности наночастиц TiO_2: (i) контроль, а также (ii) 25 мкл, (iii) 50 мкл, (iv) 75 мкл и (v) 100 мкл наночастиц TiO_2. (b) Оценка цитотоксичности клеток млекопитающих при различных концентрациях наночастиц TiO_2: (i) контроль, а также (ii) 25 мкл, (iii) 50 мкл, (iv) 75 мкл и (v) 100 мкл наночастиц TiO_2. (c) Подавление роста водорослей наночастицами TiO_2 для (i) Chlorella sp. и (ii) Volvox sp. (d) Кривая доза-эффект и оценка EC_{50} наночастиц TiO_2 при различных концентрациях.

3.5.2 Анализ ингибирования роста водорослей

Такие виды водорослей, как *Chlorella* sp. и *Volvox* sp., культивируемые в стандартных условиях, демонстрируют характерные фазы роста: лаг-фазу, логарифмическую фазу, стационарную фазу и фазу снижения. На рисунке 7c показаны кривые роста, полученные в ходе традиционных тестов на ингибирование роста водорослей в течение 72 часов при использовании наночастиц TiO_2 в концентрациях 25–100 мкг/мл. В контрольных образцах использовалась дистиллированная вода. Мы заметили, что стадия логарифмического роста водорослей была нормальной даже после добавления наночастиц TiO_2, что указывает на то, что синтезированные наночастицы не влияли на рост водорослей (в частности, цианобактерий). На рисунке 8c также видно, что наночастицы TiO_2 являются эффективными средствами биоремедиации, поскольку они практически не подавляют рост водорослей.

Таблица 3. Длина корней и побегов *Pisum sativum*.

Лечение		Pisum sativum		
		Живые семена (5 шт.)	Корень (см)	Рост (см)
Контроль (дистиллированная вода)		3	3.4	4.6
Наночастицы TiO_2 (мкг/мл)	25	5	9.6	5.1
	50	5	7.5	5.2
	75	4	4.5	2.3
	100	3	2.6	2.4

3.5.3 MTT-тест

Анализ жизнеспособности клеток после воздействия различных концентраций наночастиц TiO_2 (20–100 мкг/мл) (рис. 8b) показал минимальную цитотоксичность по отношению к клеткам млекопитающих в течение 24 часов. Жизнеспособность варьировалась от 87,78% до 99,07%, что свидетельствует об отличной переносимости клетками. При оптимальной дозе 50 мкг/мл жизнеспособность фибробластов 3T3-L1 составляла около 96%, что подчеркивает биосовместимость полученных наночастиц. Даже при самой высокой из испытанных концентраций (100 мкг/мл) не наблюдалось значительного цитотоксического эффекта, поскольку жизнеспособность клеток оставалась выше 87 %, что подтверждает их биосовместимость. Для сравнения: жизнеспособность клеток NIH 3T3, подвергшихся воздействию стандартного препарата ампициллина, составляла 90 % (Meiyazhagan et al., 2015), что ещё раз подтверждает безопасность полученных наночастиц TiO_2. Согласно эксперименту по цитотоксичности фибробластов, наночастицы TiO_2 чрезвычайно нетоксичны в изученном диапазоне концентраций, показывая значение EC_{50}, равное 100,57 мкг/ мл для анализа MTT (рис. 8b). Значение EC_{50}, равное 100,57 мкг/мЛ (рисунок 8d), было получено в результате этого анализа MTT, что позволяет предположить, что TiO_2 наночастицы практически нетоксичны в исследуемом диапазоне концентраций. Эти результаты позволяют предположить, что наночастицы TiO_2, синтезированные биологическим путем, нетоксичны для клеток млекопитающих даже при повышенных концентрациях и могут считаться экологически безопасными. Таким образом, они могут стать эффективными и экологичными средствами для удаления тяжелых металлов из промышленных сточных вод.

4 Обсуждение

С помощью филогенетического древа грибок, описанный в более раннем исследовании, был идентифицирован как *A. penicillioides* и внесен в хранилище последовательностей генов

Национального центра биотехнологической информации как *A. penicillioides* VDRVYF с регистрационным номером PQ570604.1 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/2847402264). В более ранних работах кратко рассматривались вопросы оптимизации и кинетических исследований наночастиц TiO_2 для повышения скорости адсорбции Ni и Pb. Кроме того, биосовместимость синтезированных наночастиц была оценена с помощью гемолитического теста. На рис.1 показана роль биомолекул *A. penicillioides* VDRVYF в формировании наночастиц. Белки, полисахариды и другие биологические соединения отвечают за нуклеацию и рост TiO_2. Сначала происходит пептид-опосредованное формирование, за которым следует стабилизация поверхности с помощью TiO_2, покрытого биополимером, и селективная адсорбция ионов металлов.

Для повышения скорости адсорбции синтезированных наночастиц TiO_2 была проведена оптимизация. Для оптимизации наночастиц TiO_2 были изучены многочисленные факторы, в том числе pH, концентрация наночастиц TiO_2, концентрация ионов токсичных металлов (Cr и Cd) и тип источника облучения. Результаты нашего исследования показывают, что оптимальными условиями для адсорбции Cd являются pH 6, концентрация наночастиц 2 мкг/мл, концентрация Cd 60 мкг/мл и воздействие солнечного света в качестве источника облучения (рис. 2a). В случае оптимальной адсорбции хрома его содержание составляет 60 мкг/мл, pH — 6, концентрация наночастиц — 10 мкг/мл, а в качестве источника облучения используется солнечный свет (рис. 2b). Реакции проводились при комнатной температуре в течение 5 часов при перемешивании. В лучшем случае нам удалось удалить 70 % кадмия и 75 % хрома.

По мере увеличения концентрации наночастиц TiO_2 становилось доступно больше активных центров для связывания целевых частиц, что повышало эффективность адсорбции. Кроме того, на процесс адсорбции могут влиять многочисленные факторы, такие как температура, тип источника излучения, время реакции и pH. Следовательно, для достижения более высоких скоростей адсорбции реакции следует проводить при идеальных значениях параметров.

Для изучения взаимодействия между адсорбатами и поверхностями адсорбентов при постоянных условиях использовались изотермы адсорбции, которые также позволяют определить неоднородность поверхности, адсорбционную способность и тип адсорбции (монослойная или многослойная). Кинетические исследования показывают, что важно регулировать процедуры и скорость процесса адсорбции посредством физической или химической адсорбции. Таким образом, результаты настоящего исследования были сопоставлены с изотермой адсорбции Фрейндлиха и кинетикой псевдовторого порядка. Изотерма Фрейндлиха указывает на то, что опасные ионы металлов адсорбируются на гетерогенных поверхностях многослойных наночастиц TiO_2. Кроме того, тот факт, что адсорбция происходит посредством процесса адсорбционно-фотокаталитического восстановления (синергетический механизм, используемый для адсорбции или преобразования загрязняющих веществ в окружающей среде), подтверждается кинетикой псевдовторого порядка (рис. 3a, b).

Для дальнейшей оценки эффективности оптимизированных наночастиц TiO_2 было проведено исследование в лабораторных условиях. С помощью атомно-абсорбционной спектрометрии были определены концентрации Cd и Cr. Результаты показали, что в обработанных образцах концентрация этих металлов ниже, чем в необработанных. Были проанализированы физико-химические свойства образцов промышленных сточных вод, собранных и обработанных наночастицами TiO_2, и результаты сравнили со стандартными

значениями, установленными Комитетом по охране окружающей среды. Образцы очищенных и неочищенных промышленных сточных вод были проанализированы на физико-химические параметры (pH, температура, цветность, общее содержание растворенных твердых веществ, общее содержание взвешенных веществ, общее содержание органического углерода, мутность, электропроводность, общая щелочность, биохимическая потребность в кислороде, химическое потребление кислорода, содержание сульфатов, нитратов и фосфатов), а также на концентрацию токсичных металлов (Pb, Cd, Ni и Cr). Полученные результаты сравнили с предельными значениями, установленными в Конвенции о трансграничном загрязнении.

Концентрация токсичных ионов металлов и большинство физико-химических параметров образцов промышленных сточных вод превышали допустимые пределы, установленные Комитетом по охране окружающей среды. Таким образом, сброс этих сточных вод непосредственно в окружающую среду невозможен. Примечательно, что очевидные результаты наблюдались в образцах, обработанных наночастицами TiO_2 (50 мкг/мл) в течение 5 часов. Физико-химические параметры также соответствовали допустимым значениям, установленным Комитетом по контролю за загрязнением окружающей среды. После обработки наночастицами было удалено более 72% токсичных ионов металлов (Pb: 94%–100%, Ni: 72%–96%, Cd: 91%–100%, Cr: 90%–100%). Ma et al. (2020) собрали образцы пищевых сточных вод из разных мест и измерили различные физико-химические параметры, в том числе концентрацию ионов тяжёлых металлов. Результаты показали, что содержание этих веществ в образцах превышало допустимые уровни, установленные Комитетом по контролю за загрязнением окружающей среды. Таким образом, исследователи предложили метод очистки сточных вод и заявили, что сброс сточных вод непосредственно в окружающую среду нецелесообразен.

Исследования десорбции и повторного использования наночастиц TiO_2 показывают, что наночастицы можно использовать для биоремедиации до шести циклов. Мы обнаружили, что степень адсорбции в первом цикле составила 94,2%, а к шестому циклу снизилась примерно до 65,2%. Получение комплексов металлов TiO_2 после адсорбции является важным вторичным ресурсом, поскольку они используются для биоремедиации. Предыдущие исследования показывают, что наночастицы TiO_2 можно восстановить путем контролируемой десорбции с использованием слабых кислот или хелатирующих агентов. Это позволит частично регенерировать наночастицы и восстановить активные участки их поверхности для адсорбции.

Анализ фитотоксичности наночастиц TiO_2, полученных в ходе данного исследования, показал, что их всхожесть составляет 90–100 %. Для исследования фитотоксичности использовали красители, и их результаты показали, что всхожесть растений составила 40 %. Стадии логарифмического роста *Chlorella* sp. и *Volvox* sp., которые были нормальными при использовании синтетических наночастиц TiO_2, подтвердились ингибированием роста водорослей. Для проведения 72-часового эксперимента по подавлению роста водорослей использовали восемь различных образцов промышленных сточных вод. В течение первых 6 часов образцы не проявляли токсичности, но в течение 24 часов она проявилась. Чтобы определить загрязняющие вещества в полученных образцах (промышленных стоках), исследователи рекомендовали использовать экспресс-тесты на токсичность. Кроме того, они рекомендовали провести очистку перед сбросом сточных вод в поверхностные воды.

Вводя различные концентрации полученных наночастиц TiO_2, продемонстрировали их низкую цитотоксичность по отношению к клеткам фибробластов млекопитающих в течение 24

часов с помощью МТТ-теста. Жизнеспособность клеток сохранялась на уровне выше 87 %, что указывает на биосовместимость, и даже при самой высокой из испытанных дозировок (100 мкг/мл) не наблюдалось заметных цитотоксических эффектов. Чтобы дополнительно подтвердить безопасность наночастиц TiO_2, клетки NIH 3T3 подверглись воздействию распространенного препарата ампициллина, и их жизнеспособность составила 90 %. Эти результаты показывают, что полученные наночастицы TiO_2 являются эффективными, биосовместимыми и краткосрочными экологически безопасными биоремедиационными агентами для очистки промышленных сточных вод.

Результаты текущего исследования адсорбции в периодическом режиме демонстрируют жизнеспособность синтезированных наночастиц. Для применения в промышленных масштабах необходимо использовать конфигурацию с непрерывным потоком, применяя либо реактор с неподвижным слоем TiO_2, либо метод разделения твердой и жидкой фаз; это позволит поддерживать в реакторе оптимальные условия по времени, pH и температуре, обеспечивая непрерывную очистку сточных вод.

5 Заключение

Настоящее исследование демонстрирует возможность использования наночастиц TiO_2 в качестве средства нанобиоремедиации для эффективного извлечения ионов тяжелых металлов из промышленных сточных вод. Большая площадь поверхности наночастиц TiO_2, а также их высокая фотокаталитическая активность и способность взаимодействовать с различными функциональными группами делают их эффективными адсорбентами для очистки воды. В ходе обширных испытаний с использованием различных образцов промышленных сточных вод было установлено, что более 72% указанных ионов тяжелых металлов адсорбируются, что свидетельствует о высокой скорости адсорбции. Кроме того, физико-химические свойства очищенных сточных вод оказались в пределах допустимых значений, установленных Комитетом по охране окружающей среды, что свидетельствует о практичности предложенного подхода к восстановлению окружающей среды. В ходе исследования мы также изучили возможность повторного использования наночастиц TiO_2 и обнаружили, что их эффективность сохраняется в течение шести циклов; скорость адсорбции в этом эксперименте снизилась с 94,2% до 65,2% к шестому циклу. Исследования токсичности с использованием МТТ-теста, теста на ингибирование роста водорослей и *P.sativum* продемонстрировал краткосрочную экологическую безопасность полученных наночастиц. В заключение отметим, что использование наночастиц TiO_2 при очистке сточных вод — это жизнеспособный, экологичный и эффективный метод снижения уровня загрязнения тяжелыми металлами, который можно применять для крупномасштабной очистки промышленных сточных вод.

Литература

1. APHA (1926). Standard methods for the examination of water and wastewater, 6. America Public Health Association.

2. Asaolu S. S., Olaofe O. (2004). Biomagnification factors of some heavy and essential metals in sediments, fish and crayfish from Ondo state coastal region. *Bio Sci. Res. Commun.*16 (1), 33–39.

3. Chai L., Li Q., Wang Q., Yan X. (2018). Solid-liquid separation: an emerging issue in heavy metal wastewater treatment. *Environ. Sci. Pollut. Res.*25 (18), 17250–17267. 10.1007/s11356-018-2135-7

4. Gupta V., Nayak A. (2012). Cadmium removal and recovery from aqueous solutions by novel adsorbents prepared from orange peel and Fe2O3 nanoparticles. *Chem. Engineering Journal*180, 81–90. 10.1016/j.cej.2011.11.006

5. Jethave G., Fegade U., Attarde S., Ingle S., Ghaedi M., Sabzehmeidani M. M. (2019). Exploration of the adsorption capability by doping pb@ ZnFe2O4 nanocomposites (NCs) for decontamination of dye from textile wastewater. *Heliyon*5 (9), e02412. 10. 1016/J.HELIYON. 2019.E02412

6. Kaliyamoorthy T. S., Subramanian V., Elavarasan V., Renganathan S., Subramanian P., Amirthanathan A. (2023). An effective, economical, and rational strategy for bioremediation with an emphasis on sustainable development. *J. Water Process Eng.*1, 55. 10.1016/J.JWPE.2023.104279

7. Kalpana V., Kataru B., Sravani N., Vigneshwari T., Panneerselvam A., Rajeswari V. (2018). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using culture filtrates of aspergillus *niger*: antimicrobial textiles and dye degradation studies. *OpenNano*3, 48–55. 10.1016/j.onano.2018.06.001

8. Kuppusamy P., Yusoff M., Maniam G., Govindan N. (2016). Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications–An updated report. *Saudi Pharm. J.*24 (4), 473–484. 10.1016/j.jsps.2014.11.013

9. Mosmann T. (1983). Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Methods*65 (1–2), 55–63. 10.1016/0022-1759(83)90303-4

10. Ma J., Wu S., Shekhar N. V. R., Biswas S., Sahu A. K. (2020). Determination of physicochemical parameters and levels of heavy metals in food waste water with environmental effects. *Bioinorg. Chem. Appl.*2020, 2020. 10.1155/2020/8886093

11. Meiyazhagan G., Raju R., Winfred S. B., Mannivanan B., Bhoopalan H., Shankar V.et al (2015). Bioactivity studies of β-lactam derived polycyclic fused pyrrolidine/pyrrolizidine derivatives in dentistry: *in vitro*, *in vivo* and *in silico* studies. *PLoS One*10 (7), e0131433. 10.1371/JOURNAL.PONE.0131433

12. Neal C., Jarvie H., Neal M., Love A., Hill L., WickhamH. (2005). Water quality of treated sewage effluent in a rural area of the upper thames basin, southern England, and the impacts of such effluents on riverine phosphorus. *J. Hydrol. (Amst).*304 (1–4), 103–117. 10.1016/j.jhydrol.2004.07.025

13. Oliveira H. (2012). Chromium as an environmental pollutant: insights on induced plant toxicity. *J. Bot.*2012, 1–8. 10.1155/2012/375843

14. Paria K., Pyne S., Chakraborty S. (2022). Optimization of heavy metal (lead) remedial activities of fungi *Aspergillus penicillioides* (F12) through extra cellular polymeric substances. *Chemosphere*286, 131874. 10.1016/j.chemosphere.2021.131874

15. Pete A. J., Bharti B., Benton M. G. (2021). Nano-enhanced bioremediation for oil spills: a review. *ACS ES&T Eng.*1 (6), 928–946. 10.1021/ACSESTENGG.0C00217

16. Phillips G., Lipton J. (1995). Injury to aquatic resources caused by metals in Montana's clark fork river basin: historic perspective and overview. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*52 (9), 1990–1993. 10.1139/F95-190

17. Rajabi S., Derakhshan Z., Nasiri A., Feilizadeh M., Mohammadpour A., Salmani M.et al (2024). Synergistic degradation of metronidazole and penicillin G in aqueous solutions using

$AgZnFe_2O_4$@ chitosan nano-photocatalyst under UV/persulfate. *Environ. Technol. Innov.*35, 103724. 10.1016/j.eti.2024.103724

18. Rehman S., Ansari M. A., Al-Dossary H. A., Fatima Z., Hameed S., Ahmad W.et al (2021). Current perspectives on mycosynthesis of nanoparticles and their biomedical application. *Model. Control Drug Delivery Systems*, 301–311.

19. Shankar S. (2020). Effect of heavy metals on growth and development of cultivated plants with reference to cadmium, chromium and lead–a review. *J. Stress Physiology & Biochem.*16 (3), 84–102.

20. Subramanian K., Tarafdar J. (2011). Prospects of nanotechnology in Indian farming. *Indian J. Agric. Sci.*81 (10), 887–893.

21. Takeuchi A., Katsumata M., Koike T., Takata Y., Itatsu Y., Kusui T. (2014). Comparison of the conventional algal growth inhibition tests using cell counting and algal bioassay using delayed fluorescence: application to industrial effluents. *J. Water Environ. Technol.*12 (4), 367–377. 10.2965/jwet.2014.367

22. Viggi C., Pagnanelli F., Cibati A., Uccelletti D., Palleschi T. L. (2010). Biotreatment and bioassessment of heavy metal removal by sulphate reducing bacteria in fixed bed reactors. *Water Res.*44 (1), 151–158. 10.1016/j.watres.2009.09.013

23. Vinayagam Y., Vijayarangan D. (2025). Biological applications of yttrium oxide nanocomposites synthesized from *Aspergillus penicillioides* and their potential role in environmental remediation. *Sci. Rep.*15, 37211. 10.1038/s41598-025-21104-4

24. Vinayagam Y., Venkatraman G., Vijayarangan D. R. (2025). Sustainable treatment of glass industry wastewater using biogenic zinc oxide nanoparticles: antibacterial and photocatalytic efficacy. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*200, 106036. 10.1016/j.ibiod.2025.106036

25. WuH.YangR.SongB.HanQ.LiJ.ZhangY.et al (2011). Biocompatible inorganic fullerene-like molybdenum disulfide nanoparticles produced by pulsed laser ablation in water. *ACS Nano*5 (2), 1276–1281. 10.1021/NN102941B

26. Yamini V., Devi Rajeswari V. (2024). Mycosynthesis of TiO_2 nanoparticles using *Aspergillus penicillioides* for toxic metal removal and photocatalytic applications. *J. Water Process Eng.*67, 106279.

27. Yamini V., Devi R. V. (2023). Effective bio-mediated nanoparticles for bioremediation of toxic metal ions from Wastewater–A review. *J. Environ. Nanotechnol.*12 (2), 12–33. 10.13074/jent.2023.06.232467

28. Zonooz N., Salouti M. (2011). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using cell filtrate of streptomyces sp. ERI-3. *Sci. Iran.*18 (6), 1631–1635. 10.1016/j.scient.2011.11.029

Источник: Frontiers in Nanotechnology

Обзоры.Инновации





Биомедицина − сегодня и завтра

Фиговский О.Л.

Академик

Аннотация. В статье рассматривается возможность разработки сильного искусственного интеллекта (ИИ) в форме так называемого Геномного ИИ на основе дальнейших исследований генетического кода и нейрокода. В этой связи подробно анализируется понятие кода как фундаментального фактора процессов самоорганизации и коммуникации, выясняются виды кодов в их исторической взаимосвязи, методологические вопросы кодирования и декодирования информации. Особое внимание уделяется процессам и результатам расшифровки нейрокода психических явлений, успехам такого ведущего направления современной нейронауки, которое именуется «Чтением мозга» («BrainReading»), что имеет важное значение не только к объяснению характера связи явлений субъективной реальности с мозговыми процессами, но и к их способности причинного воздействия на телесные процессы, т.е. объяснения психической (ментальной) причинности как вида информационной причинности. В этом плане приводится предлагаемое решение основных теоретических вопросов «Трудной проблемы сознания». Подчеркивается обусловленность функций нейрокода рядом существенных физических свойств генетического кода, прежде всего его иерархически организованной спиральной структурой, инициирующей электромагнитные дальнодействующие поля и излучения, которые служат фактором масштабной интеграции элементов генокода и нейрокода и поддержания их активности, а постольку и психических процессов. Требуется более глубокое осмысление того несомненного положения, что наш разум продут генома и что разум стремится познать свои основы, чтобы совершенствовать свои творческие возможности. Здесь нас может воодушевлять знание (пусть пока и в самых общих чертах) тех грандиозных по своему масштабу и сложности информационных компетенций, которые были выработаны геномом за сотни миллионов лет эволюции (управление системами кровообращения или терморегуляции, не говоря уже о работе нервной системы, головного мозга и самой психической деятельности). Поставленная совсем недавно задача разработки Геномного ИИ, несмотря на исключительные ее трудности и скептические суждения, получает поддержку ряда ученых, которые опираются на многочисленные продуктивные результаты исследования и использования ДНК в научных и практически целях. В статье отмечаются эти результаты и рассматриваются главные трудности, намечаются первые шаги реализации этого принципиально нового подхода к созданию сильного ИИ.

Ключевые слова: понятие кода, коммуникация, самоорганизация, информация, генетический код, нейрокод, физический код, «Трудная проблема сознания», информационная причинность, психическая (ментальная) причинность, геномный искусственный интеллект.

Введение

Развитие генетики и нейронауки ставит новые актуальные теоретические вопросы, от которых зависит не только успешное решение их насущных задач, но и широких междисциплинарных проблем. Это касается взаимосвязи, углубления сотрудничества дисциплин физического, биологического, технологического и социального профиля. Одним из таких вопросов является объяснение нейрокода, его связи с генетическим кодом, а вместе с этим и более глубокое осмысление самого понятия кода.

Следует обратить внимание, что понятие нейрокода широко используется также в ином, переносном смысле, а именно, как понятие информатики, в компьютерных дисциплинах, применительно к области программирования, исследования и использования искусственных нейронных сетей, в разработках новых технологий искусственного интеллекта (ИИ). Достижения в этой области могут иметь важное значение для биологически и социальных дисциплин, в том числе в нейронауке, но здесь перед нами другая проблематика.

В предлагаемой статье понятие нейрокода рассматривается лишь применительно к функционированию нервной системы, ее подсистем и элементов, т.е. в рамках актуальных исследований современной нейронауки, включая в том числе такой фундаментальный вопрос как обусловленность функциональных возможностей нейрокода генетическим кодом.

Нейрокод производит в структурах нервной системы акты репрезентации значимых для организма внешних воздействий и его внутренних изменений, выполняет функции информационного контроля, регуляции и управления различными органами и процессами, а в итоге – осуществление психической деятельности и целесообразного поведения организма. Это направление имеет принципиальное значение для разработки сильного ИИ в форме так называемого геномного ИИ, и требует более основательного изучения генетического кода.

О понятии кода и его видах

Всякая кодовая функциональная структура служит необходимым фактором самоорганизации в сложных системах. Нервная система возникла у многоклеточных животных более 500 миллионов лет тому назад. До этого у них и у одноклеточных организмов процессы самоорганизации осуществлялись посредством химических кодов, наиболее развитой интегральной формой, которых выступает генетический код. Он является основой всей земной жизни и биологической эволюции, создавшей и нейрокод, способный обеспечивать высокую скорость обработки информации, ее четкий адрес, энергетическую экономичность. Это породило эффективный уровень управления и самоорганизации усложнившейся живой системы, который определяется генерацией и передачей нервных электрических импульсов - нового языка информационного управления. Этот язык продолжает совершенствоваться в ходе биологической эволюции и социального развития.

Рассматривая исторический процесс возникновения и развития новых форм самоорганизации и коммуникаций, необходимо выяснять их преемственность, зависимости высших форм от низших, а соответственно и различные специфичные для них типы кодов.

В условиях нашей земной реальности можно четко выделить наряду с различными химическими кодами и особенно генетическим кодом, как интегральной основой земной жизни, следующие их типы:

- нейрокоды (среди которых особый интерес представляют мозговые нейродинамические коды психических явлений, в том числе и те, которые свойственны животным),

- социальные коды (различные языки и нелингвистические средства коммуникации у человека, институциональные кодовые структуры организации и управления, всевозможные социокультурные средства общения и управления),

- технологические коды (в первую очередь цифровые и другие средства коммуникации и управления, создаваемые в ходе развития ИИ и робототехники).

Выделяют также физические коды, присущие неорганическим системам, подразумевая способность их к самоорганизации. Но этот принципиальный вопрос требует

дополнительного разъяснения. Под кодом в физическом смысле понимается самоподдерживающаяся «минимальная» структура вещества и энергии, определяемая законами физики. Речь идет о разных уровнях самоорганизации. При этом код каждого уровня является устойчивым результатом самоорганизации кодов нижележащего уровня. Корни жизни берут начало в мире неживой материи. Микроуровень образует общую основу и генерирует «порядок» для живой и неживой материи. Эти принципы основаны на топологическом резонансе и синхронизации. Далее будет показано принципиальное значение учета и использования именно физических свойств и закономерностей для объяснения кодирования и декодирования информации в самом геноме и в функционировании нервной системы.

В связи с ролью физических кодов и физической самоорганизации заслуживает внимания и проблема геологической самоорганизации нашей планеты под влиянием внутренних физических процессов и воздействий из космоса. От этого зависело создание необходимых климатических и иных условий возникновения и сохранения жизни на Земле, а затем человека и социума.

Для наших целей, как уже говорилось, необходимо глубоко рассмотреть взаимосвязь генетического кода с нейрокодом под углом последующего развития социальных, а затем и технологических кодов. Особое внимание следует обратить на новейшие достижения в развитии ИИ, который становится способным выполнять функции естественного интеллекта, а потом, по-видимому, сможет и значительно превосходить его, что ведет вначале к возникновению у человека различных форм гибридного интеллекта, а затем и к его качественному преобразованию. Это знаменует переход от биологической и социальной эволюции к антропотехнологической эволюции, изменяющей природу человека и социальную самоорганизацию, и тем самым к качественно новому этапу развития земной цивилизации. Она находится сейчас в состоянии предельного обострения глобального кризиса, несущего угрозу самому ее существованию.

Проблемы расшифровки нейрокода

Успехи в расшифровке генетического кода и генома человека, создание и использование методов генетической инженерии открыли принципиально новые возможности не только в решении задач медицины и здравоохранении, но и в области развития информационных технологий. Во многом благодаря расшифровке генетического кода была актуализована и приобрела повышенное значение проблема расшифровки нейрокода – стратегическая задача такого же масштаба. Как подчеркивают ведущие представители нейронауки, она занимает в ней центральное место и служит предметом исследования на протяжении почти целого столетия, начиная с известной работы Эдриана и Зоттермана.

Тернистый путь исследования нейрокода достаточно освещен в специальной литературе. С самого начала все предлагаемые модели нейрокода опирались на общепринятое положение о том, что фундаментальным элементом языка мозга является потенциал действия (спайк) нейрона. Но важно было адекватное истолкование его свойств. Реальные потенциалы действия являются континуальными колебательными процессами, отличаются периодом, амплитудой и формой фазового портрета. Между тем, ранее предложенные концепции нейрокода рассматривали потенциалы действия как одинаковые дискретные события. В этом заключался их коренной недостаток.

Эти концепции обычно разделяют на два класса: 1) кодирование скоростью спайков и 2) кодирование путём их точного местоположения на временной оси. Оба подхода в ряде

случаев описывают отдельные факторы кодирования, но в целом остаются всё же недостаточными для полного объяснения нейрокода, ибо не способны отображать в целом сложную, многомерную структуру сигнала.

В течение ряда десятилетий предпринимались разнообразные попытки "усовершенствовать" эти концепции путём нахождения некой "средней скорости" действия спайков или определения темпоральной структуры их последовательностей. Однако и это не позволило продвинуться в понимании действительных способов нейронного кодирования огромного объема информации, содержащейся в сигнале, за минимальный временной интервал

Ведь расшифровка кода предполагает установление соответствия паттернов параметров сигнала паттернам активности нейронов, а также обратное восстановление содержания сигнала из наблюдения активности нейронов. Любой сигнал из внешней или внутренней среды также является колебательным энергетическим процессом с определёнными амплитудой, частотой, фазой, изменяющимися во времени. Трактовка спайка как дискретного, всегда одинакового явления сразу обнаруживает несоответствие моделей кодируемых сигналов с реальными показателями работы мозга (в плане весьма большой информационной насыщенности сигнала, высокой скорости и энергетической экономичности процесса его кодирования).

Решительный поворот был достигнут путем изменения самой парадигмы в исследовании нейрокода. Как уже отмечалось, он осуществляется не сугубо дискретными, всегда одинаковыми спайками. Его потенциал действия необходимо включает аналоговую (волновую) составляющую и уже в таком виде может служить дискретной единицей нейрокода. Он является не цифровым, а аналого-цифровым и потому способен адекватно кодировать очень большие объёмы информации в кратчайшие отрезки времени.

Эта новая концепция именуется симфоническим нейронным кодом по аналогии с музыкальным кодом (в форме нотной записи). Здесь каждый потенциал действия нейрона, как выражаются специалисты, является нотой музыки мозга, т.е. обладает индивидуальными характеристиками формы волны (периодом, амплитудой, фазовым портретом). Эти характеристики формируют паттерн активности нейрона с определенной пространственно-временной организацией, позволяющей встраиваться в общую музыку мозга с ее мелодиями (частотный паттерн), ритмами (фазовый паттерн) и гармониями (одновременное существование разных паттернов). Новая концепция использует и в определенной степени объединяет рациональные положения прежних концепций. По мнению специалистов, она даёт физическое, и математическое описание процесса нейронного кодирования, которое способно объяснить информационную, темпоральную и энергетическую эффективность мозга.

Вместе со всеми этими принципиальными результатами в проблеме расшифровки нейрокода имеется и еще исключительно важный аспект, который интенсивно разрабатывается в последние два десятилетия. Это вопросы, касающиеся состояния того конкретного, непосредственного адресата в нервной системе, где происходит формирование репрезентации сигнала, его кодовой организации. Имеются в виду определенные рецепторы и эффекторы, а также активируемые далее структуры головного и спинного мозга. Они имеют прямые и обратные, горизонтальные и вертикальные комплексы связей в головном мозге, образующие сложные нервные сети. Именно такого рода активированные сети выступают в качестве нейродинамической системы, которая является мозговым кодом информации,

переданной сигналом. Это сложное интегральное образование может быть названо нейродинамическим эквивалентом информационного содержания сигнала.

Здесь перед нами, как ее называют, обратная задача расшифровки кода. Она состоит в определении и восстановлении содержания сигнала по его мозговому родинамическому носителю. Еще лет пятнадцать тому назад был выполнен такой эксперимент: человек смотрит на определенный объект, от его мозга неинвазивно отводят на компьютер сигналы, и на его экране возникает изображение субъективно переживаемого человеком образа. Это стало возможным на основе методов визуализации мозговых процессов с использованием средств ЭЭГ, ПЭТ, ФМРТ, а затем и других, более эффективных методов (например, оптогенетических) и, разработкой новых нейрокомпьютерных интерфейсов. Это направление нейронауки стало быстро развиваться и получило название «Чтение мозга» «BrainReading».

Как известно, за последние два десятилетия оно достигло весьма значительных результатов, которые имеют первостепенное значение для неврологии, нейролингвистики, психиатрии, многих проблем медицины, педагогики. В то же время оно стало важным ресурсом для разработки новых подходов в развитии информационных технологий. Учитывая это, имеет смысл еще раз обратиться к некоторым типичным вопросам, касающимся научного объяснения роли информации в управлении функциями жизнедеятельности и поведения человека.

Некоторые теоретические соображения о функциях информационных процессов в нервной системе

Информация – это значение для организма определенного физического воздействия, сформированного в ходе эволюции и онтогенеза. Такую устойчивую связь между физическим фактором и его жизненным значением для организма называют кодовой зависимостью. Информация необходимо воплощена на определенном физическом носителе, который и представляет собой ее кодовую структуру. Другими словами, информация всегда существует только в определённой кодовой форме. Но, в то же время она инвариантна по отношению к физическим свойствам своего носителя. Одна и та же информация может кодироваться по-разному.

Различают два вида кодов: 1) "естественные" (открытые), когда информация сразу понятна для данной системы. Например, привычные значения слов английского языка, для тех, кто хорошо им владеет и 2) "чуждые" (закрытые), требующие операции декодирования, что нередко оказывается сложной задачей. При этом декодирование является фактически переводом "чуждого" кода в "естественный", непонятного в понятный для данной системы. Иначе она не сможет использовать информацию в целях управления своими органами, процессами и действиями.

Проблема нейрокода представляет собой задачу такого рода и на уровне сознательной деятельности человека, когда ее целью, к примеру, становится лечение болезней психики и нервной системы. Однако на досознательном уровне управления и саморегуляции физиологических процессов в нашем организме нейрокод выступает, как правило, в качестве «естественного», открытого кода. Те структуры нервной системы, к которым он адресован, как правило, сразу «понимают» («принимают», «распознают») значение передаваемой информации и производят соответствующий им ответный функциональный акт. Эта способность вырабатывалась в ходе биологической эволюции на протяжении миллионов лет. Она исправно служит и сейчас, нарушаясь лишь в патологических случаях. Это является важным предметом исследований в медицине и смежных с ней областях научного знания.

Мы потому и стремимся подробно расшифровать нейрокод. Это ведет к более глубокому пониманию закономерностей функционирования нервной системы и позволяет целенаправленно решать важные медицинские и другие практические задачи. Более того, открываются принципиально новые перспективы самопознания и самопреобразования человека, как это произошло в результате раскрытиях генетического кода.

Здесь уместно вернутся к некоторым вопросам так называемой «Трудной проблемы сознания», теоретическое решение которых было предложено одним из авторов этой статьи на страницах международного нейронаучного журнала. Перед нами два главных вопроса:

1. Как объяснить необходимую связь между информацией в виде определенного явления субъективной реальности (обозначим его А), переживаемого данным человеком в данном интервале, и мозговым нейродинамическим носителем этой информации (обозначим его Х). Анализ показывает, что эта связь является функциональной: А и Х суть явления однопричинные и одновременные и находятся во взаимно-однозначном соответствии. Если есть А, то есть Х, и наоборот, изменение одного означает в равной степени изменение другого. Это основа для экспериментального определения мозгового кода А, которым является Х.

2. Как объяснить очевидную способность явлений субъективной реальности служить причиной телесных изменений, если первым нельзя приписывать физические свойства – массу, энергию, пространственные характеристики (в силу того, что эти явления представляют собой виртуальную реальность, а не объективную реальность, что исключает их отождествление. Вспомним яркий пример Канта: одно дело пять таллеров в уме, другое – у меня в кармане.

Оба приведенных вопроса решаются на основе информационного подхода, подробно изложенного в указанной выше статье.

Рассматривая осознаваемые психические явления (субъективной реальности) можно выделить у них два фундаментальных свойства:

1) явление А, скажем, переживаемый мной сейчас образ моего собеседника, есть информация, данная мне в «чистом виде». Это означает, что для меня начисто элиминирован ее носитель; я ничего не знаю и не чувствую из того, что при этом происходит в моем мозге. Так мы устроены. В обыденной жизни для выполнения действий нам нужна информация, как таковая, и нет нужды знать те сложнейшие, многоплановые, многоступенчатые преобразования сигнала в мозгу, которые предшествуют возникновению образа и сопровождают его. Такое одновременное знание (внимание) не позволяло бы осуществлять быстрые целенаправленные действия, нарушало бы акты психического управления. Правда, как говорилось выше, на нынешнем этапе развития социума с его технологиями человек научился получать такое знание путем расшифровки мозговых кодов психических явлений. Но это пока остается уделом тех немногих, кто владеет такой технологией и умеет ею пользоваться.

При этом, однако, наряду с большими новыми практическими возможностями, мы получаем также большие новые проблемы. Раньше субъективный мир личности был относительно закрыт, и она открывала его другим, прикрывала от нежелательных лиц, дезинформировала их, дозировала свою искренность по своему желанию. Теперь же с помощью технологий появилась возможность открывать сокровенный внутренний мир человека вопреки его воле. Кто и зачем будет открывать нас, а сам останется закрытым? Большая проблема!

2) Наряду с тем, что нам дана информация в «чистом виде», мы обладаем, однако, способностью оперировать ею по своей воле в довольно широком диапазоне: управлять своей мыслью, переключать внимание, подавлять сомнительные оценки, фантазировать, изменять некоторые свои убеждения и решения и т.п. Как отмечалось выше, изменение А означает изменение Х. Но это означает (в силу их одновременности, однопричинности и взаимно однозначного соответствия), что изменение мной по своему желанию своей мысли означает изменение мной ее мозговой кодовой структуры, т.е. определенной мозговой нейродинамической системы. Это принципиально важный вывод. Он свидетельствует, что, управляя по своей воле своей мыслью, я управляю по своей воле соответствующими ей мозговыми процессами, и что мое Я, а, значит, его мозговая нейродинамическая структура, Эго-система головного мозга обладают способностью самоорганизации, саморегуляции, самодетерминации. Эта способность изучалась многими представителями нейронауки. Выдающиеся результаты разработки этой проблематики, связанные с нашим Я представлены в фундаментальных трудах.

Человек наделен способностью по своей воле управлять определенным классом собственных мозговых нейродинамических систем. Каждый из нас, не сознавая, постоянно делает это. Часто для себя не лучшим образом.

Тем не менее, наличие этой способности ясно указывает на исключительно большие и недостаточно используемые пока ресурсы целенаправленной самоорганизации нашей жизнедеятельности, широкие возможности психического управления и саморегуляции. Ведь нам известно множество фактов, когда человек, напрягая волю и разум, сумел выжить в чрезвычайных экстремальных ситуациях, в условиях, казалось бы, явно несовместимых с жизнью, проявить незыблемую волю к победе над врагами и над самим собой. Эти способности проясняют и проблему психической причинности, которая является видом информационной причинности, позволяющей теоретически корректно объяснить механизм воздействия субъективной реальности на телесные процессы.

Значительные результаты, достигнутые нейронаукой в области «Чтения мозга» и в других направлениях исследования психической деятельности составляют, как уже отмечалось, также важный ресурс нового этапа развития ИИ и антропотехнологической эволюции, изменения природы человека, а тем самым и решения острых проблем преодоления глобального кризиса мировой цивилизации. В связи с таким стратегически значимым разворотом научного познания существенно изменяется и программа разработки сильного ИИ, связанная с необходимостью обращения к геному как первоисточнику нашего Разума

Генетический код и задача создания Геномного ИИ

Дальнейшее исследование генетического кода и его физических свойств – важный ресурс не только более глубокого исследования нервной системы, но и создания сильного ИИ и разработки новых путей преобразования Природы, человека и социума.

Главная доктрина генетики основана на том, что вся генетическая информация содержится в линейной последовательности нуклеотидов ДНК. Но это представление принципиально не может вместить всю сложность, присущую живым системам: явления эпигенетики, психические процессы, возникновение различных ветвей жизни, дальнодействующий характер корреляций в организмах и т.д.

ДНК имеет иерархическую спиральную структуру, которая все еще остается вне должного внимания современной биологии и физики. Между тем есть достаточные свидетельства, что эта структура содержит существенную часть генетической информации и является источником

дальнодействующего электромагнитного поля и излучений, которые управляют сборкой биоэлементов в единые функциональные системы организма. Она же является необходимым фактором поддержания активности нейрокода и функционирования сознания.

Так ДНК нейронов за счет собственного дальнодействующего поля и излучений определяет не только их локальные свойства, но также функции их системных объединений и поведение всего нейроансамбля.

С физических позиций геном может быть рассмотрен как последовательный колебательный контур с распределенными параметрами. Он работает одновременно и как источник специфического поля и как приемник и преобразователь сигналов внешней среды. Наши представления о геноме могут сильно измениться, если рассматривать его с учетом кодов неорганической материи (на уровне межатомных и межмолекулярных взаимодействий), которые необходимо участвуют в его формировании и функционировании, и установить соответствие между их частотными, топологическими и иными характеристиками.

Поля кода могут быть целенаправленно подвергнуты многосторонней экспериментальной проверке, в том числе предлагаемой нами.

Представления о наличии поля и собственных излучений у ДНК подтверждается экспериментальными работами известных научных коллективов в том числе Нобелевского лауреата Л.Монтанье и многих других. Действительно, прямое измерение полей генома в живой клетке весьма трудная задача. Крайне сложны и теоретические расчеты. Поэтому эксперименты зачастую носят косвенный, а иногда и спорный характер. Но их логика и многочисленность иных свидетельств позволяет уверенно говорить не только о существовании таких полей, но и об их важнейшей роли в хранении и функционировании наследственной информации.

Идея о наличии в самоорганизующихся системах устойчивых пространственных кодов, которые порождают иерархию собственных дальнодействующих полей, позволит существенно продвинуться в области изучения функций информационного управления и расшифровки мозговых нейродинамических кодов психических явлений. Природа этих полей не выходит за рамки известных физике взаимодействий.

Когда говорят о Разуме или Интеллекте генома и о его творческих возможностях, то имеют в виду те хорошо известные многочисленные информационные компетенции, которые выработаны в ходе сотен миллионов лет биологической эволюции и представляют собой эффективные способы управления чрезвычайно сложными процессами жизнедеятельности. Взять, к примеру, функционирование системы кровообращения с ее 100000 километров сосудистых русел, которая способна адекватно реагировать на постоянные изменения внешней и внутренней среды организма. Но, конечно, на первом плане нервная система и головной мозг, формирующие наш разум, который изучает все это и самого себя. Но надо признать, что наш разум является не более чем учеником Геномного разума. Мы оставляем в стороне сложные философские вопросы о перспективах познания и самопреобразования человека, которые возникают в этой связи. Но не вызывает сомнения, что потребность усиления, совершенствования нашего разума остается очень важной задачей для человечества. И речь идет не только о вычислительных, когнитивных, практических способностях. Здесь на первом плане должно быть совершенствование ценностно-смысловых, нравственных, экзистенциальных свойств и устремлений нашего разума. С этими

насущными потребностями связана обсуждаемая в последнее время идея разработки сильного ИИ на базе исследования генома, создания так называемого Геномного ИИ (ГИИ).

Сейчас мы находимся в самом начале осмысления и поиска способов реализации этого проекта, который у некоторых ученых вызывает скептическое отношение. Однако в то же время сама идея встречает поддержку растущего числа специалистов, отдающих себе отчет в большой сложности такой задачи, но убежденных в возможности и необходимости ее реализации.

Важно отметить, что идея ГИИ постепенно прорастала из известных, но более узких пограничных областей: изучения явлений самоорганизации в живой и неживой природе; использование ДНК и живых тканей для вычислений по аналогии с полупроводниковыми элементами; создание искусственных нейронных сетей на основе живых клеток; использование ДНК для получения новых материалов; использование; создание сред и технологий для искусственной эволюции ДНК. В этих областях уже достигнут значительный прогресс, опубликовано множество экспериментальных работ, созданы реальные технологии. Все это имеет прямое отношение к разработке ГИИ и поддерживает уверенность в реальной возможности решения поставленной задачи.

Возникает вопрос, в каком виде предполагается создание ГИИ. Некоторые приверженцы идеи ГИИ настроены на достижение этой цели путем конструирования устройства на небиологическом субстрате в качестве отдельной самоорганизующейся системы, обладающей функциями ГИИ. Такое намерение, по нашему мнению, не заслуживает поддержки по двум соображениям. Во-первых, создание такой системы на нынешнем научном и технологическом уровне в высшей степени маловероятно. Несмотря на абстрактную теоретическую мыслимость такой возможности в силу принципов изофункционализма систем и инвариантности информации по отношению к физическим свойствам своего носителя, сейчас не видно никаких реальных подходов и перспектив к решению этой задачи. Во-вторых, даже если бы они существовали, то на деятельность в таком направлении стоило бы наложить запрет, ибо создание подобной системы искусственного интеллекта, превосходящей естественный интеллект и обладающей к тому же неподконтрольной автономной программой деятельности, представляло бы прямую угрозу существованию человека. Приемлемым является другой подход, который состоит в последовательном выяснении и моделировании функций генома, их объединении, гуманизации и затем постепенной имплементации в сознание человека.

Расшифровка генетического кода привела к созданию генной инженерии, существенно расширившей возможности медицины. Расшифровка нейрокода приводит к развитию нейронной и психологической инженерии, которые способны содействовать не только успешному решению проблем психиатрии и неврологии, но и фундаментальных задач совершенствования психической деятельности.

ГИИ должен служить достижению качественно нового уровня развития человеческого разума, его творческих способностей, подлинных экзистенциальных смыслов и целей жизнедеятельности. И это преобразование должно рассматриваться не в парадигме трансгуманизма, а в парадигме Нового Высокого гуманизм, в перспективе перехода мировой цивилизации на качественно более высокий уровень развития.

Существует многие возможные варианты физических экспериментов в плане установления связи сознания с генетическим кодом и нейрокодом. Авторами предложены

некоторые схемы и алгоритмы использования функций генома в качестве агентов ГИИ на основе известных физических закономерностей и эффектов.

Литература

1. Adrian, ED, Zotterman, Y. (1926). The impulses produced by sensory nerve endings: Part II: The response of a single end organ. J Physiol (Lond.). 61: 151–171.

2. Трегуб, С. (2020). Симфония Материи и Сознания. Часть 1,2,3,4,5,6,7,8. https://stanislavtregub.ru/

3. John-DylanHaynes 2012. Pages 29–40 Published: August 2012 https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199596492.003.0003

4. David I. Dubrovsky. "The Hard Problem of Consciousness": Theoretical Solution of its Main Questions // AIMS Neuroscience, 6(2): 85 - 103. DOI: 10.3934/Neuroscience.2019.2.8).

5. Дамасио А. Так начинается «Я». Мозг и возникновение сознания. - М. Карьера Пресс, 2918. – 384 с.

6. Рамачандран В.С. Мозг рассказывает. Что делает нас людьми. М. Карьера Пресс, 2014. -422 с.

7. Дубровский Д.И. Задача создания общего искусственного интеллекта и проблема сознания \\ Философские науки, 2021, № 1. с. 13–44. DOI: 10.30727/0235-1188-2021-64-1-13-44

8. Бодягин Н.В. Поля кода. Рязань, 2021

9. Montagnier L., Del Giudice E., et al. "DNA waves and water" // Journal of Physics: Conference Series (2011). DOI: 10.1088/1742-6596/306/1/012007 (IOP Science).

Мировая экономика и наука

Фиговский О.Л.

Академик



Сегодняшний список государств, обладающих крупнейшими валютными резервами, во многом сформировался под влиянием кризиса, произошедшего почти три десятилетия назад. После Азиатского финансового кризиса 1997 года, который наглядно продемонстрировал опасность чрезмерной зависимости от иностранного капитала в периоды рыночной нестабильности, многие правительства начали активно накапливать международные валютные резервы. Они стали своеобразной «финансовой подушкой безопасности», позволяющей защитить экономику от внешних потрясений. Данные Международного валютного фонда (МВФ) из базы International Reserves and Foreign Currency Liquidity (IRFCL), охватывающие период с середины 2025 года по второй квартал 2026 года, показывают рейтинг стран по объему валютных резервов (без учета золота).

Первое место занимает Китай – $3.41 thousands, далее Япония — $1.26 и Швейцария – 0,93 thousands. Главная закономерность рейтинга очевидна — абсолютное доминирование Азии. Сразу семь из десяти крупнейших держателей валютных резервов находятся именно в Азии. На эти страны приходится примерно две трети мировых валютных резервов. Такое положение стало результатом десятилетий экспортно -ориентированного развития, устойчивых положительных торговых балансов и государственной политики, направленной на создание крупных финансовых резервов для защиты экономики.

Валютные резервы выполняют роль национального «аварийного фонда». При необходимости центральные банки могут использовать их для: стабилизации курса национальной валюты во время финансовых потрясений; оплаты жизненно важного импорта; обслуживания внешнего государственного долга и поддержания доверия инвесторов в случае массового оттока капитала. Чем больше объем резервов, тем выше способность государства

самостоятельно справляться с внешними экономическими кризисами без обращения за международной финансовой помощью.

Значительные валютные резервы дают странам целый ряд преимуществ. Прежде всего, они позволяют увереннее переживать внешние экономические потрясения и поддерживать доверие инвесторов в периоды нестабильности на финансовых рынках. Однако хранение огромных резервов имеет и свою цену. Как правило, эти средства инвестируются в надежные, но низкодоходные государственные облигации, вместо того чтобы использоваться для развития собственной экономики. Поэтому правительствам приходится искать баланс между финансовой безопасностью и упущенными возможностями экономического роста.

Небольшая группа государств контролирует крупнейшие мировые запасы многих минералов, лежащих в основе современной экономики. Небольшая группа государств контролирует крупнейшие мировые запасы многих минералов, лежащих в основе современной экономики. Во многих случаях одна страна сосредотачивает в своих руках непропорционально большую долю мировых запасов, что создает потенциальные узкие места в глобальных цепочках поставок и усиливает ее геополитическое влияние. Данные основаны на отчете Mineral Commodity Summaries 2026 Геологической службы США (USGS) и материалах Всемирной ядерной ассоциации.

Австралия занимает первое место в мире по запасам пяти важнейших полезных ископаемых, располагая одной из наиболее диверсифицированных ресурсных баз на планете. Особенно значимо ее превосходство по запасам железной руды: на Австралию приходится 31% мировых запасов этого стратегически важного сырья. Кроме того, страна располагает 28% мировых запасов урана, что делает её одним из ключевых игроков в развитии мировой ядерной энергетики.

Китай занимает первое место в мире по запасам как редкоземельных элементов, так и графита — двух видов сырья, находящихся в центре современных промышленных цепочек поставок. Эти ресурсы играют важнейшую роль в производстве самых разных технологий — от аккумуляторов для электромобилей и ветрогенераторов до полупроводников и передовых оборонных систем. Особое значение имеют редкоземельные элементы, поскольку во многих высокотехнологичных отраслях им крайне трудно найти полноценную замену.

Запасы некоторых важнейших полезных ископаемых мира сосредоточены практически в одной стране. Так, Южная Африка владеет 83% мировых запасов металлов платиновой группы, Марокко контролирует 69% запасов фосфоритов, а на Демократическую Республику Конго приходится половина мировых запасов кобальта. В свою очередь, Индонезия располагает 44% мировых запасов никеля — еще одного критически важного сырьевого компонента для производства аккумуляторов электромобилей. Такая неравномерность распределения природных ресурсов подчеркивает, насколько тесно современная экономика связана с географией минеральных богатств. По мере роста спроса на сырье для энергетического перехода и высоких технологий контроль над ключевыми месторождениями становится не только экономическим преимуществом, но и важным инструментом международного влияния.

Под песками пустыни к западу от Нила прокладывается целая сеть тоннелей и трубопроводов. Это первые видимые признаки одного из самых амбициозных инфраструктурных проектов в современной истории Египта — программы «Новая дельта», призванной создать новые сельскохозяйственные земли и снизить нагрузку на перенаселенную долину Нила.

На протяжении тысячелетий именно дельта Нила обеспечивала жизнь египетской цивилизации. Однако сегодня эта система испытывает все большее давление. Изменение речного режима, рост населения и десятилетия хозяйственного вмешательства привели к тому, что плодородные земли страны постепенно приближаются к пределу своих возможностей.

Ответом Каира стал проект, который некоторые уже называют попыткой создать «новый Нил» — систему переработки воды, ее транспортировки через пустыню и освоения огромных площадей ранее бесплодных земель.

Немногие государства в мире настолько тесно связаны с одним природным ресурсом, как Египет с Нилом. Около 95% населения страны живет вдоль берегов реки и в ее дельте у побережья Средиземного моря. За пределами этой узкой зеленой полосы простираются бескрайние пустыни. Из космоса контраст выглядит поразительно: тонкая зелёная лента жизни пересекает практически безжизненный ландшафт, обеспечивая существование десятков миллионов людей. На протяжении веков ежегодные разливы Нила приносили плодородный ил, который обновлял почвы и поддерживал сельское хозяйство. Именно эта природная система стала фундаментом одной из древнейших цивилизаций человечества. Но в XX веке ситуация начала меняться.

Завершенное в 1970 году строительство Асуанской плотины принесло стране огромные выгоды. Плотина обеспечила выработку электроэнергии и позволила контролировать водоснабжение для круглогодичного орошения. Однако одновременно она остановила естественный цикл наводнений. Осадки и ил, которые тысячелетиями поступали в дельту, начали накапливаться в водохранилище за плотиной. Фермерам пришлось все больше полагаться на химические удобрения, а сама структура сельского хозяйства постепенно изменилась.

Дополнительную тревогу вызывает строительство гигантской плотины в Эфиопии. Для Эфиопии это символ национального развития и крупнейший гидроэнергетический проект Африки. Для Египта — источник неопределенности, поскольку страна получает почти всю пресную воду именно из Нила. Даже относительно небольшое сокращение стока может иметь серьёзные последствия в условиях растущего спроса на воду.

Внутреннее давление на водные ресурсы также постоянно увеличивается. Если в 1990 году население Египта составляло около 60 миллионов человек, то сегодня оно превышает 100 миллионов. Большая часть этого роста пришлась именно на долину Нила, где свободной земли становится все меньше. Города расширяются за счет сельскохозяйственных угодий, а потребность в продовольствии продолжает расти. В этих условиях в 2018 году был запущен проект «Новая дельта». Его цель — превратить примерно 9200 квадратных километров пустыни в новые сельскохозяйственные земли. Если план будет полностью реализован, площадь обрабатываемых земель Египта увеличится более чем на треть. В основе проекта лежит сложнейшая система управления водными ресурсами. Ключевым элементом является канал Аль-Хаммам протяженностью около 170 километров. Он собирает сельскохозяйственные сточные воды, которые раньше сбрасывались в Средиземное море, и направляет их вглубь страны.

Дополнительно используется вода, поступающая непосредственно из Нила. Вместе эти системы должны обеспечить орошение огромного сельскохозяйственного коридора в Западной пустыне — территории, которая еще недавно представляла собой лишь песок и скалы. Перед инженерами встала серьезная проблема. Большая часть системы начинается

практически на уровне моря, тогда как новые сельскохозяйственные районы расположены примерно на 100 метров выше. Для решения этой задачи вдоль маршрута построены мощные насосные станции, которые поэтапно поднимают воду на необходимую высоту.

Дополнительную сложность создает жаркий климат. В условиях пустыни огромные объемы воды быстро испарялись бы под солнцем. Поэтому значительная часть системы проходит по крупным подземным трубопроводам, что позволяет существенно сократить потери. Перед использованием вода проходит очистку на гигантском комплексе New Delta Water Treatment Plant, который считается одним из крупнейших водоочистных сооружений в мире. Его задача — превращать дренажные воды в полноценный ресурс для сельского хозяйства.

Спутниковые снимки показывают впечатляющие изменения. Пустыня зеленеет. На месте безжизненных пустынных пространств появляются тысячи новых полей, многие из которых имеют характерную круглую форму благодаря системам кругового орошения. К 2024 году, по официальным данным, уже были освоены тысячи квадратных километров новых земель. Для египетского правительства это свидетельство успеха проекта. Несмотря на впечатляющий прогресс, специалисты предупреждают о потенциальных рисках. По мнению ряда исследователей, значительная часть воды для новых полей пока поступает не из каналов, а из подземных водоносных горизонтов. Эти запасы накапливались тысячи лет и практически не восполняются в современных климатических условиях.

Спутниковые исследования показывают, что уровень грунтовых вод в некоторых районах Западной пустыни снижается все быстрее. Если такие резервы будут исчерпаны, восстановить их будет практически невозможно. Кроме того, возникают вопросы о структуре производства. На новых землях выращиваются преимущественно высокодоходные культуры — фрукты, овощи и орехи, предназначенные для экспорта. Власти считают, что экспортная выручка позволит оплачивать импорт основных продуктов питания, прежде всего пшеницы. Критики же отмечают, что подобная стратегия не решает главную проблему — зависимость Египта от мировых продовольственных рынков.

Проект «Новая дельта» отражает масштаб проблем, стоящих перед Египтом, и одновременно масштабность ответа на них. Он объединяет передовые технологии очистки воды, сложные инженерные решения и беспрецедентное расширение сельскохозяйственных земель. Уже сейчас проект меняет карту страны. Однако его окончательный успех будет зависеть от того, сможет ли Египет обеспечить устойчивое использование водных ресурсов в условиях растущего населения, климатических изменений и усиливающегося дефицита пресной воды. На протяжении тысячелетий египтяне учились жить благодаря Нилу. Теперь страна пытается применить этот опыт в совершенно новых условиях. От того, окажется ли «Новая дельта» началом долгосрочной трансформации или пополнит список слишком амбициозных проектов прошлого, во многом зависит будущее Египта в XXI веке.

Люди склонны к антропоцентризму. То есть мы часто считаем себя венцом эволюции, несмотря на то что с точки зрения биомассы мы ничтожны по сравнению с растениями и другими животными. Например, по оценкам учёных, на Земле насчитывается более трёх триллионов деревьев — это число даже превосходит количество звёзд в нашей галактике. А если к этому добавить популяции более 380 000 других видов растений, то итоговая цифра становится просто ошеломляющей. Тем не менее многие из нас полагают, что мы — самые умные и сознательные существа на Земле. Но что, если сознание — это не черта, присущая исключительно людям, и что, если нас на самом деле значительно превосходят по

численности другие сознательные существа, населяющие нашу планету? Как оказывается, результаты нескольких исследований указывают на то, что это вполне возможно.

Для начала нейробиолог-ботаник Стефано Манкузо, доктор наук, отмечает, что растения реагируют на анестезию так же, как и люди — они перестают реагировать на окружающую среду. Люди и так склонны считать растения нереактивными, поскольку те, как правило, не двигаются в масштабах времени, привычных для человека. Но когда учёные вводили анестезию растениям, которые по человеческим меркам действуют «быстро», например, мухоловке Венеры, растение переставало реагировать, когда на него садились мухи. И хотя вы не увидите, как растение спасается от опасности так же, как мы, было обнаружено, что некоторые из них постепенно мигрируют на север по мере потепления климата, точно так же как животные меняют свои миграционные маршруты.

Чтобы проверить пространственное восприятие и целенаправленность растений, Манкузо провёл эксперимент, поместив в своей лаборатории горшок с фасолью примерно в метре от металлического стержня. В видео, снятом в режиме ускоренной съёмки, он показал, что фасолевое растение, достигнув вершины опорного шеста, выпустило длинный крючкообразный побег, который неоднократно раскачивался вперёд и назад, пытаясь зацепиться за металлический шест, стоявший в метре от горшка, и в конце концов ухватился за него. Одним словом: фасолевое растение «знало», где находился шест. Манкузо также провёл исследование, продемонстрировавшее, что, когда два растения фасоли достигают опоры, одно из них осознаёт, что другое растение добралось туда первым, и начинает искать другую опору.

«Интересно поведение проигравшего растения: оно сразу же почувствовало, что другое растение достигло столба, и начало искать альтернативу, — написал он в исследовании. — Это было поразительно и свидетельствует о том, что растения осознавали своё физическое окружение и поведение другого растения. У животных мы называем это сознанием». Его коллега, доктор наук Моника Гаглиано, провела серию экспериментов с мимозами — родом растений, которые часто называют «чувствительным растением», поскольку их листья быстро складываются при прикосновении. Она поместила мимозу в корзину и начала ронять её на несколько сантиметров, в результате чего мимоза закрывала листья. Но после того, как она повторила это много раз, мимоза, казалось, «привыкла» к этому и перестала реагировать на падение. Через несколько недель она повторила эксперимент, и мимозы по-прежнему не реагировали на падение, что свидетельствует о том, что растения способны запоминать.

В 2025 году Манкузо работал над статьёй под руководством доктора наук Томонори Кавано. В этой статье исследователи изучали идею о том, что растения, как и люди, обладают «двумя умами» — то есть бессознательным умом, принимающим быстрые решения, и сознательным, принимающим более медленные решения, как у людей. Например, в случае с мимозами Гаглиано более бессознательным «мышлением» было бы закрытие листьев при встряхивании. Но, запомнив этот опыт и сделав иной выбор, мимоза демонстрирует более сознательный и обдуманный уровень «мышления».

Кроме того, существует ещё одна идея, согласно которой самосознание, сопоставимое с человеческим, возникает при наличии достаточного количества узлов — или точек соединения — в нейронной сети. Именно на это и надеются сторонники искусственного интеллекта. Теоретик системного мышления Джейми Монат, доктор философии, из Вустерского политехнического института в Массачусетсе отмечает, что для появления такого самосознания требуется около 70 миллиардов узлов. В густом лесу количество узлов между

растениями и грибами может легко превысить эту цифру. Если же сознание присуще самим клеткам, то это число увеличивается на несколько порядков.

«В некоторых лесах Земли насчитывается много миллиардов деревьев, а в некоторых прериях и подводных лугах мира также произрастают миллиарды отдельных растений, — пишет Монат. — Таким образом, эти растительные экосистемы могут обладать самосознанием, и на самом деле на Земле, возможно, уже существует множество самосознательных экосистем растительного происхождения». В 1990-х годах в Южной Африке смотрители заповедника постоянно натыкались на куду — вид антилопы, — которые погибали без каких-либо признаков травм или болезней.

Это было загадкой. Затем зоолог Вутер Ван Ховен обнаружил неожиданного виновника: акации. Засуха привела к сокращению количества растительности для выпаса, и куду не могли уйти в другое место в поисках пищи, поскольку были заперты в пределах заповедника. В результате куду съели акации до такой степени, что те оказались под угрозой. Деревья защитились, увеличив содержание дубильных веществ в листьях, которые стали ядовитыми для куду. Деревья не только увеличили количество дубильных веществ в себе, но и послали химический сигнал на расстояние до 50 метров, чтобы предупредить другие деревья сделать то же самое. Люди склонны сводить такое удивительное поведение растений к химическим реакциям и эволюционной биологии, а не к интеллекту и сознанию, но чем же является человеческое функционирование, кроме биологии, электронных и нейрохимических процессов? Возможно, пришло время переосмыслить наше положение как «наиболее сознательных» существ на планете Земля.

Компания JetZero раскрыла ключевые изменения в конструкции своего демонстратора самолета по схеме «смешанного крыла и фюзеляжа», который приближается к первому этапу оценки готовности к полетам, намеченному на конец текущего года. Полномасштабный демонстратор, создаваемый при финансовой поддержке ВВС США, должен подняться в воздух во второй половине 2027 года. Установленные на законцовках крыла рули направления, изображавшиеся на ранних иллюстрациях демонстратора и перспективного авиалайнера Z4, уступили место традиционному V-образному оперению и винглетам. Также была пересмотрена схема размещения двигателей над хвостовой частью фюзеляжа.

Подробности обновленного проекта JetZero представила на специальной сессии форума Aviation Forum, организованного Американским институтом аэронавтики и астронавтики (AIAA) в Сан-Диего. По словам главного конструктора компании Джона Вассберга, V-образное оперение экранирует шум двигателей и позволяет разместить рули направления дальше в хвостовой части, где они эффективнее обеспечивают балансировку сравнительно короткого самолета со статическим запасом устойчивости около 5%, что способствует достижению максимальной экономичности на крейсерском режиме.

Главная задача демонстратора — подтвердить расчетную аэродинамическую эффективность схемы «смешанного крыла и фюзеляжа» и прогнозируемое аэродинамическое качество (отношение подъемной силы к сопротивлению). JetZero рассчитывает добиться снижения расхода топлива на 20% по сравнению с традиционным самолетом классической схемы сопоставимого технологического уровня, который мог бы поступить в эксплуатацию в начале 2030-х годов.

Еще одно важное изменение касается способа установки двух двигателей Pratt & Whitney PW2040 на демонстраторе. Эти силовые установки, ранее использовавшиеся на Boeing 757 и предоставленные авиакомпанией Delta Air Lines, изначально рассчитаны на подвеску под

крылом и требуют доработки для размещения сверху. Ранее JetZero планировала использовать двухпилонную схему с изогнутыми силовыми рамами, соединенными со штатными узлами крепления двигателя на верхней части гондолы. Теперь компания перешла к конструкции, напоминающей так называемые «банжообразные» рамы, поддерживавшие центральный двигатель самолета McDonnell Douglas MD-11. Нагрузки будут передаваться от силового короба, расположенного над двигателем PW2040, через внутренние неподвижные элементы двухконтурного канала к единственному нижнему пилону, закрепленному на верхней поверхности фюзеляжа. Для предотвращения попадания пограничного слоя воздуха в двигатель под гондолой предусмотрен специальный отводящий канал.

Даже при наиболее неблагоприятных условиях — боковом ветре под углом 90 градусов со скоростью до 45 километров в час — расчеты методом вычислительной гидрогазодинамики показывают отсутствие попадания пограничного слоя в воздухозаборник двигателя. По словам Вассберга, «искажение потока практически отсутствует — фактически оно равно нулю относительно допустимых пределов двигателя». JetZero продолжает выбирать силовую установку для серийного лайнера Z4. Поскольку крепление гондолы на одном пилоне может вызывать деформацию конструкции двигателя под нагрузкой, компания изучает различные варианты монтажа, включая наклонные пилоны и боковые крепления.

Сборка демонстратора с размахом крыла 54,3 метра и максимальной взлетной массой около 118 тонн продолжается на предприятии Scaled Composites, входящем в состав Northrop Grumman. Работы идут строго по графику и даже с экономией бюджета. Параллельно со строительством демонстратора JetZero продолжает разработку серийного авиалайнера Z4 — среднемагистрального самолета на 250 пассажиров с размахом крыла 61 метр и дальностью полета примерно 9260 километров.

Инженеры из Корнеллского университета создали высокоавтоматизированную инфраструктуру для тренировки бортовых систем искусственного интеллекта (ИИ). Проект, поддержанный грантом НАСА в размере $80 тыс., решает проблему отсутствия единой системы контроля за плотным воздушным трафиком. Разработчики объединили полевые испытания физических аппаратов, прямую связь между устройствами и метод полунатурного моделирования. Это позволяет беспилотникам, летающим на открытом полигоне, в реальном времени взаимодействовать с цифровыми моделями мегаполисов, виртуальными зданиями, вертолетами и другими препятствиями.

Новая технология помогает моделировать критические ситуации, которые опасно или дорого воспроизводить в реальном небе. В рамках тестов специалисты уже реконструировали реальную аварию 2025 г. в Аризоне, когда доставочный дрон врезался в строительный кран. Повторение инцидента в симуляторе помогло понять, как ИИ должен реагировать на подобные внезапные препятствия. Кроме того, совместно с ИТ-гигантом Qualcomm авторы начали тестировать прототипы прямой беспроводной связи между БПЛА, чтобы устройства могли самостоятельно координировать движение без участия человека. Внедрение платформы позволит безопасно масштабировать коммерческое использование дронов для доставки грузов, тушения лесных пожаров и работы аэротакси. Технологию уже лицензировал Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) для проведения исследований в области общественной безопасности.

Литература

1. https://data.imf.org/en/datasets/IMF.STA:IRFCL
2. https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2026

3. https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium
4. https://naked-science.ru/community/1197613
5. https://www.tandfonline .com/doi/full/10.1080/15592324.2025.2474895
6. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328724001125
7. http://aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/jetzero-reveals-revised-bwb-design-demonstrator-takes-shape?__cf_chl_rt_tk=JJioNn.Zi91Fdlfp6uo56wwAIuHOTJMCVpUDMLF0AeU-1782210003-1.0.1.1-ESw2M3d86xcwNhVLEmyEAzO6GXZ827m8ScCrjVBRXZQ
8. https://www.cornell.edu/

Микропластик: угроза или нет?

Пластмассовый мир победил
Макет оказался сильней.
Последний кораблик остыл.
Последний фонарик устал...

Егор Летов



У тех, кто занимается экопродукцией и вообще здоровым образом жизни, появилась новая страшилка: микропластик. В нездоровой промышленной пище он присутствует всегда, а вот в суперэкоздоровой — никогда, поэтому она дорогая, но того стоит. Микропластик действительно есть в пищевых продуктах, но он есть в любых продуктах. Однако сколь это опасно и опасно ли? Попробуем приглядеться к проблеме микропластика с помощью доклада, подготовленного в 2022 году силами экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), которые обобщили труд огромного числа исследовательских групп со всего мира.

Хемофобия как она есть

Я слушал интернет-семинар по экопчеловодству. Вел его человек, представившимся успешным экобизнесменом, изготавливающим и продающим дорогие продукты, чистые от всякой химии. Что такое в его понимании химия и как без нее можно сварить, скажем, суперэкомыло, если это процесс омыления жиров кислотой, установить не удалось. А вот понять, что его продукты очень дорогие по определению, потому что эко-, удалось.

В выступлении было много забавных хемофобских казусов вроде того, что мед нельзя откачиватьв алюминиевой медогонке, потому что там же «оксид алюминия, ну вы понимаете» (напомним, что оксид алюминия химически инертен и вполне входит в состав эмульсий для лечения раздраженного желудка вроде Маалокса). Однако один тезис сильно заинтересовал: в неэкомеде много вредного микропластика, потому что пчеловоды накрывают рамки с сотами положком из полиэтиленовой пленки, а то и вовсе используют для

изготовления ульев пенополиуретан или строительный пенополистирол (такие ульи весьма популярны, потому что они теплее, легче и зачастую дешевле, чем деревянные). А действительно, как обстоят дела с микропластиком в меду да в других продуктах?

Кулинары, похоже, пока что о микропластике в приготавливаемой еде не задумываются, но они точно знают, что такое хорошо, а что такое плохо. Например, совсем не трудно встретить на сайтах здорового питания такой пассаж: «по определению Всемирной организации здравоохранения, здоровое питание включает в себя фрукты и овощи, бобовые, цельные злаки и орехи». Или такой: «с каждым годом приверженцев здорового питания становится все больше. На рынке появляются природные аналоги искусственно произведенных продуктов. На полках супермаркетов встречается морская пищевая соль, польза которой очевидна». Как соль, вываренная из той же рапы, что и морская, оказалась в числе «неприродных искусственных продуктов» не очень понятно, оставим на совести автора цитаты.

«Ну, про мед и пластик понятно, а соль, яблоки и морковка тут при чем, откуда там какая-то химия? Ладно бы речь шла о пестицидах и удобрения, а то ведь тема статьи микропластики», — спросит иной читатель. А вот сейчас узнает при чем.

Микропластик в интерьере Земли

Проблема микропластика возникла не одновременно с массовым внедрением синтетических материалов в нашу повседневную жизнь, а примерно десятилетие спустя, в 70-х годах XX века. И это было связано, скорее, не с самим появлением в глобальной экосистеме мелких и мельчайших частичек пластика из-за износа сделанных из него предметов, а с развитием и широким распространением точных методов анализа, например хороших микроскопов или спектрометров.

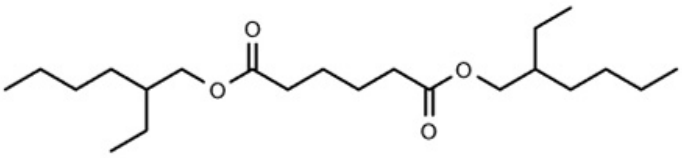
Поначалу исследователи ограничивались тем, что с помощью красителей разделяли частицы синтетической органики и природной. Сейчас же появились методы, которые не только видят микро- и наночастицы пластика, не только отличают их от природных пылинок и волоконец, но и определяют их состав, а равно фиксируют мельчайшие примеси, которые выходят из полимера и оказываются в продуктах питания.

В общем, к настоящему времени, благо прошло уже больше полувека эры полимеров, человечество вполне неплохо вооружено, чтобы сказать: «Нет разницы, применяешь ты пластик в своем производстве или нет. Твой продукт все равно будет содержать микроскопические и наноскопические частицы наиболее распространенных пластиков, а также имеющиеся в них функциональные добавки».

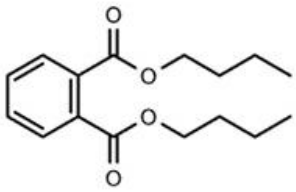
Порой про истинный источник такого загрязнения мы и не догадываемся. Возьмем элементарный полиэтилен, пленочное укрытие, которым огородники накрывают парники. Всем известно, что у него, да и у многих других массовых полимеров, есть неприятное качество, а именно биохимическая инертность. Никто, ни простейшие, ни бактерии, ни грибы, ни водоросли, не желают его потреблять, а если все-таки дело до этого доходит, то потребляют крайне медленно и с нескрываемым отвращением.

Казалось бы, какого подвоха можно ожидать от такого материала в плане биосовместимости? Максимум он станет хрупким под действием ультрафиолета и разрушится на мелкие, мельчайшие и ультрамелкомельчайшие фрагменты и фрагментики. Ну да, засорит почву на века, но это же инертный засоритель. А вот и нет!

Оказывается, для того чтобы пленка была прочной, пластичной, устойчивой к ультрафиолету, в полиэтилен могут ввести немного добавок. Например, в роли пластификатора выступают диэтилгексиладипат (ДЕГА) и некоторые фталаты, например дибутилфталат (ДБФ). Часть таких добавок не связывается в полимерном материале, а остается в свободном состоянии. То есть способна мигрировать.



Диэтилгексиладипат (ДЕГА)



Дибутилфталат (ДБФ)

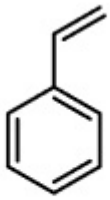
Конечно, все эти вещества сертифицированы для использования с пищевыми продуктами, однако есть допустимые дозы. Однажды исследователи из КНР решили разобраться, а что там, в растениях, которые живут под пленочным укрытием. И намерили, что в салате, сельдерее, листовой горчице содержание ДЕГА и ДБФ высоковато, больше, чем разрешают нормы ЕС и США: в горчице 5,84 мг/кг, в салате 3,49 мг/кг. Разрешенная же доза 300 мкг на кг веса для ДЕГА и 50 мкг для ДБФ, или, в пересчете на вес взрослого человека в 70 кг выходит 21 мг и 3,5 мг соответственно. То есть съесть за день килограмм таких салатных листьев не полезно. И что интересно, в почве фталатов меньше, чем в листьях: 2,38 мг/кг. То есть пластификаторы испаряются из пленки, попадают в атмосферу и оттуда переходят в листья.

Судьба добавок

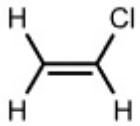
Упомянутый сюжет — лишь малая доля видимой части айсберга выщелачивания технологических добавок из полимеров при их соприкосновении с продуктами питания. Например, установлено, что упакованные курятина и говядина впитывают мономеры стирола, соответственно 2,6 и 5,6 мкг/кг. В упакованных сандвичах, опять-таки с курятиной и говядиной, стирола больше: 16,3 и 10,7 мкг/кг. Видимо, этот стирол выходит из белых вспененных полистирольных лотков и подложек (на них кладут порционное мясо и оборачивают пленкой), в которых всегда есть немного непрореагировавшего мономера.

Впрочем, источник может быть и иной — плесень. Например, изучение итальянского сыра горгонзола с голубой плесенью показало: если он упакован в пластик, то содержание стирола в нем 803 мкг/кг, а если в фольгу, то 250 мкг/кг. Исследователи полагают, что в этом сыре стирол естественного происхождения: его синтезирует та самая голубая плесенью. (Для любителей подробностей сообщаем, что факт производства стирола из фенилаланина за счет работы ферментов пенициллиновой плесени установили в 2007 году французские исследователи, желавшие разобраться: отчего у сыра порой появляется неприятный

«целлулоидный» запах.) Любители выпить кофе из полистиролового стаканчика потребляют до 8 мкг стирола с каждым литром напитка.



Стирол

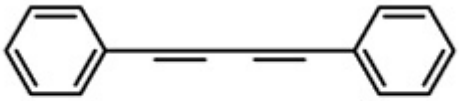


Винилхлорид

В принципе, история со вполне съедобной горгонзолой подсказывает, что указанные выше концентрации стирола, проникшего из упаковки в продукт, никак не могут сказаться на здоровье при разумном потреблении. Тем более что нормы ЕС допускают 60 мг стирола в килограмме съедобного продукта.

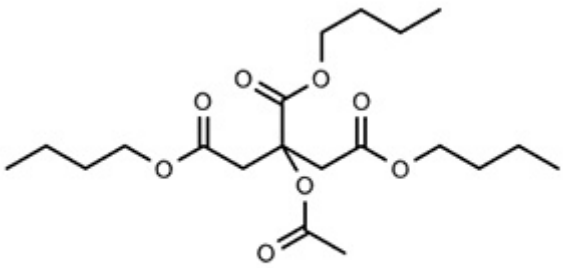
Если обернуть твердый жирный сыр в пвх-пленку, то из нее в поверхностный слой станет проникать уже знакомый пластификатор ДЕГА: за 250 часов его окажется около 15 мг на квадратный дециметр площади поверхности. Впрочем, далее поверхностного слоя это вещество не пройдет.

Прямых опытов по загрязнению мяса пластификаторами полиэтиленовой и полипропиленовой пленок, в которые любят упаковывать такую продукцию, пока не поставлено. Однако проведены опыты с модельным веществом, аналогом всех пластификаторов, дифенилбутадиеном. Его специально вводили в полиэтиленовую пленку, а затем заворачивали курятину и свинину. Ожидаемо, чем жирнее было мясо, чем выше температура хранения, тем больше оно поглощало модельного пластификатора: свиная шейка за 10 дней хранения в холодильнике забрала 90 мкг/дм2, а постная курятина 11 мкг/дм^2. А всего в пленке было 491 мкг/дм^2.



1,4-дифенилбутадиен-1,3

Пластификаторы и антиоксиданты довольно легко переходят из упаковки в кукурузные, картофельные чипсы, а также в кексы и прочую выпечку. Так, пластификатор ацетилтрибутилцитрат присутствует в кукурузных чипсах и выпечке в количестве 2–7 мг/кг, а в картофельных преобладает диизобутилфталат в том же количестве. Интересно, что этот пластификатор для пищевых пленок не сертифицирован. Встречаются в чипсах и ДЕГА и другие фталаты. А в саке из пластиковой крышечки мигрирует до 7 мг/кг того же ацетилтрибутилцитрата.



Ацетилтрибутилцитрат

Впрочем, все эти концентрации совершенно несущественны. Расчет, выполненный с учетом средних рационов питания, дает следующее. Суммарное ежедневное потребление всех добавок, которые могли попасть в продукты из упаковки, составляет 0,003, 0,04 и 0,02 мг на килограмм веса соответственно взрослого, подростка и ребенка. Так что беспокоиться нечего.

Темное царство микропластиков

Выше речь шла о миграции веществ из, так сказать, макропластика. А что у нас с микропластиком? Очевидно, что у него гораздо более развита поверхность и, значит, миграция небезопасных добавок будет идти гораздо эффективнее. Кроме того, опять-таки благодаря поверхности, микропластик сорбирует различные вещества из той же воды, и концентрация их способна вырасти многократно. Таким образом микрочастицы становятся средством транспорта в организм для различных загрязнителей.

Однако, как известно со времен М. В. Ломоносова, все зависит от пропорции: много ли этих частиц человек съедает каждый день, что это за частицы, в какой степени и чем они загрязнены. Попытаемся приглядеться к этому аспекту пластикового загрязнения нашей экосистемы, хотя сделать это весьма непросто. Причина в отсутствии стандартов.

Так, определение микропластика было дано в 2008 году. Это частицы размером менее 5 мм, которые живое существо проглотит и не заметит. Однако нижняя граница для микропластика, в сущности, не установлена, и получается, что каждый исследователь волен поставить эту границу, как он хочет, точнее, как позволяет разрешающая способность его аппаратуры. В результате выходит статья с сообщением, что измерено столько-то микрочастиц пластика. Затем группа каких-нибудь экспертов проводит обзор научной литературы, собирает сведения, кто сколько измерил за предыдущее десятилетие, усредняет, не вникая в методику работы, и получает полную чушь.

Вот яркий пример. По оценкам 2019 года, человек за год съедает 52 тысяч частиц микропластика, а если учитывать те, что он вдыхает, то суммарное количество потребляемого микропластика достигает 120 тысяч частиц. Так и написано во Введение к докладу ФАО 2022 года. Однако в 2019–2020 годах вышли свежие данные по пластиковому загрязнению бутилированной воды, а также овощей и фруктов. С учетом этих данных человек ежегодно съедает аж 29 миллиардов микрочастиц пластика!

Однако в той же работе написано, что вдыхает он не десятки тысяч, а всего две тысячи частиц микропластика в год. Очевидно, что тут взяты явно заниженные данные, 0,68 частиц на кубометр воздуха. Где-то может быть и так, однако другие исследователи дают разброс от одной штуки до трех тысяч частиц в кубометре воздуха. С учетом того, что человек за день пропускает через легкие 8,64 кубометров, верхняя оценка дает все девять миллионов

пластиковых микрочастиц в год. И опять-таки неизвестно, а до какой нижней границы размеров были проведены эти подсчеты.

Как видно, наука о микропластиковом загрязнении делает лишь первые шаги, поэтому приходится ориентироваться на такие противоречивые и недостоверные данные. Но при этом держать в уме, что если речь идет о сотнях частиц, значит, исследователь измерял частицы размером в доли миллиметра, если о десятках тысяч — то размер измеряется в десятках микрон, ну а когда появляются миллионы и миллиарды, значит, имелся хороший автоматизированный микроскоп, различающий объекты в микроны, а то и сотни нанометров.

Итак, какими же частицами микропластика и в каком количестве приправлена наша еда?

Волокна в меду

Возьмем мед, с которого начат этот рассказ. Удивительно, но равноосных, или плоских, частиц микропластика от полиэтиленовых ведерок и полипропиленовых контейнеров, положков из полиэтиленовой пленки на рамках ульев или самих пенопластовых ульев в нем практически не замечено. А что есть? Пластиковые микроволокна. Откуда они могут взяться? Есть один очевидный источник — тканые холстики: не все покрывают рамки полиэтиленом, а экопчеловоды и вовсе пластик презирают. Однако холстики делают из льна, а синтетические волокна там могут быть по недоразумению, когда досталась ткань с добавками синтетических волокон, кто в пчеловодческом магазине разбирается в таких тонкостях? Еще есть пчеловоды, которые используют полипропиленовые тканые мешки из-под сахара.

Однако исследователи микропластика вообще не считают, что пластик в меду как-то связан с технологией пчеловождения. Единственное объяснение, которое им удалось найти, — пыль. Пыль оседает на цветках, пчела ее переносит в улей, и каким-то образом компоненты пыли оказываются в меду. Поскольку пластики вездесущи, в частности входят в состав тканей, того же агротекстиля, используемого в сельском хозяйстве, воздух повсеместно загрязнен его микроволокнами.

В общем, в килограмме немецкого меда находят от 10 до 336 микроволокон и от 2 до 83 равноосных фрагментов. К сожалению, хоть работы и проходили совсем недавно, в 2015 году, микропластик выявляли методом окрашивания и состав этих частиц и волокон неизвестен. В противном случае идентифицировать источник загрязнения было бы проще.

Приправа к рыбе

Море считается неиссякаемым источником микропластика, поскольку именно туда в конечном счете стекается непереработанный пластиковый мусор, а также продукты его разрушения. И далее он логично оказывается в желудках морских обитателей. Если пластик тяжелый, например ПЭТ или ПВХ, то это будут желудки донных обитателей, а если легкий, вроде полиэтилена, полипропилена, то тех, кто плавает у поверхности.

Марикультура добавляет свою толику загрязнения, ведь садки оплетены пластиковыми канатами, для выращивания моллюсков и водорослей используют пластиковые тросы, которые подвешены на пенопластовых поплавках. В общем, много принадлежностей для получения морепродуктов сделано из синтетических полимеров. А они разрушаются, например истираются, и получаются микропластики, сконцентрированные в воде марикультурной фермы.

Неудивительно, что микропластики в морепродуктах вызывают особую озабоченность исследователей. В этой связи микропластик в морских организмах изучен неплохо; тут ученые не ограничиваются фиксацией наличия микрочастиц, но и измеряют их состав. Результат

таков. В моллюсках оказалось больше всего полипропилена и пористого полистирола. Впрочем, и полиамиды вроде нейлона, и полиэфиры также присутствуют. В рыбе есть все массовые пластики фактически в соответствии с долями мирового производства. Лидеры — полиэтилен и полипропилен, за ними следуют полистирол, полиамид и поливинилхлорид.

К счастью, рыбу, за исключением мелких рыбешек, едят без потрохов и подавляющее большинство съеденного ею микропластика уходит в мусорное ведро. Но кое-что остается, и пропорция такая: если в килограмме непотрошеной рыбы имеется от 160 до 34 тысяч микрочастиц, то в съедобной части из них остается от 50 до 1850 микрочастиц. Наиболее сильно загрязнена речная рыба, обитающая в устьях крупных рек: там сосредоточивается много микропластика, раздробленного на своем длинном пути к морю.

Впрочем, источник микропластика может находиться вовсе не в воде. В консервированную рыбу попадают микрочастицы от промышленного оборудования, используемого при ее переработке, например — от пластиковых разделочных досок.

С моллюсками вопрос сложнее, ведь зачастую их поедают вместе с внутренностями. Измерения показывают, что в килограмме съедобных частей мидий и устриц, выращенных в садках, микропластика гораздо больше, чем в рыбе: 7–20 тысяч частиц. В диких ракушках микропластика меньше — около 4 тысяч частиц на килограмм. С учетом того, что в странах, где едят много моллюсков, а это Испания, Италия, Бельгия, за год съедают до 3 кг на человека, выходит, годовое потребление микропластика только с этим видом пищи составляет 12–60 тысяч микрочастиц пластика.

Впрочем, есть очень интересные соображения, которые свидетельствует, что обращать внимание на эти частицы нет никакого смысла. Был проведен такой опыт. На кухне рядом с плитой поставили чашку Петри размером с мидию и ждали 20 минут, предполагая, что это время приготовления пищи; на чашку упало 5 микроволокон из воздуха. Затем ее перенесли на стол и подержали еще 20 минут — время потребления пищи; упало одно волокно, различие. очевидно, связано с разной интенсивностью циркуляции воздуха.

В общем, выходит, что на тарелку диаметром 12,5 см за время ужина упадет 114 микрочастиц, а в сковородку при приготовлении пищи в пять раз больше. Конечно, это могли быть вполне природные микроволокна, однако есть оценка: треть микрочастиц домашней пыли ныне предоставлены пластиком. Значит, за год человек съест почти 14 тысяч частиц, упавших в тарелку, и 60 тысяч, упавших в сковородку.

Так что полученная от съедания ракушек доза пренебрежимо мала.

Чистота соли

Как нетрудно догадаться, микропластик из загрязненной им морской воды неизбежно оказывается в той самой, безусловно, полезной морской соли, которую получают просто выпариванием воды на солнце и не подвергают серьезной очистке с перекристаллизацией. И действительно, изучение соли из разных стран показало, что чем грязнее вода у берегов страны, тем больше пластика в соли. Лидер — Индонезия с 12 тысячами микрочастиц пластика в килограмме соли, за ней идет соль с побережья острова Тайвань — полторы тысячи. В килограмме европейской морской соли насчитывают десятки микрочастиц.

На основании этих данных даже сделано предположение, что соль может служить индикатором пластикового загрязнения прибрежных вод и европейские воды гораздо чище азиатских. Однако есть и иные исследования, например йодированной соли производства Италии и Хорватии. Они показывают, что, независимо от цены и бренда, микропластик в такой

соли исчисляется тысячами штук в килограмме, лидером же стала Хорватия с 13–20 тысячами микрочастиц.

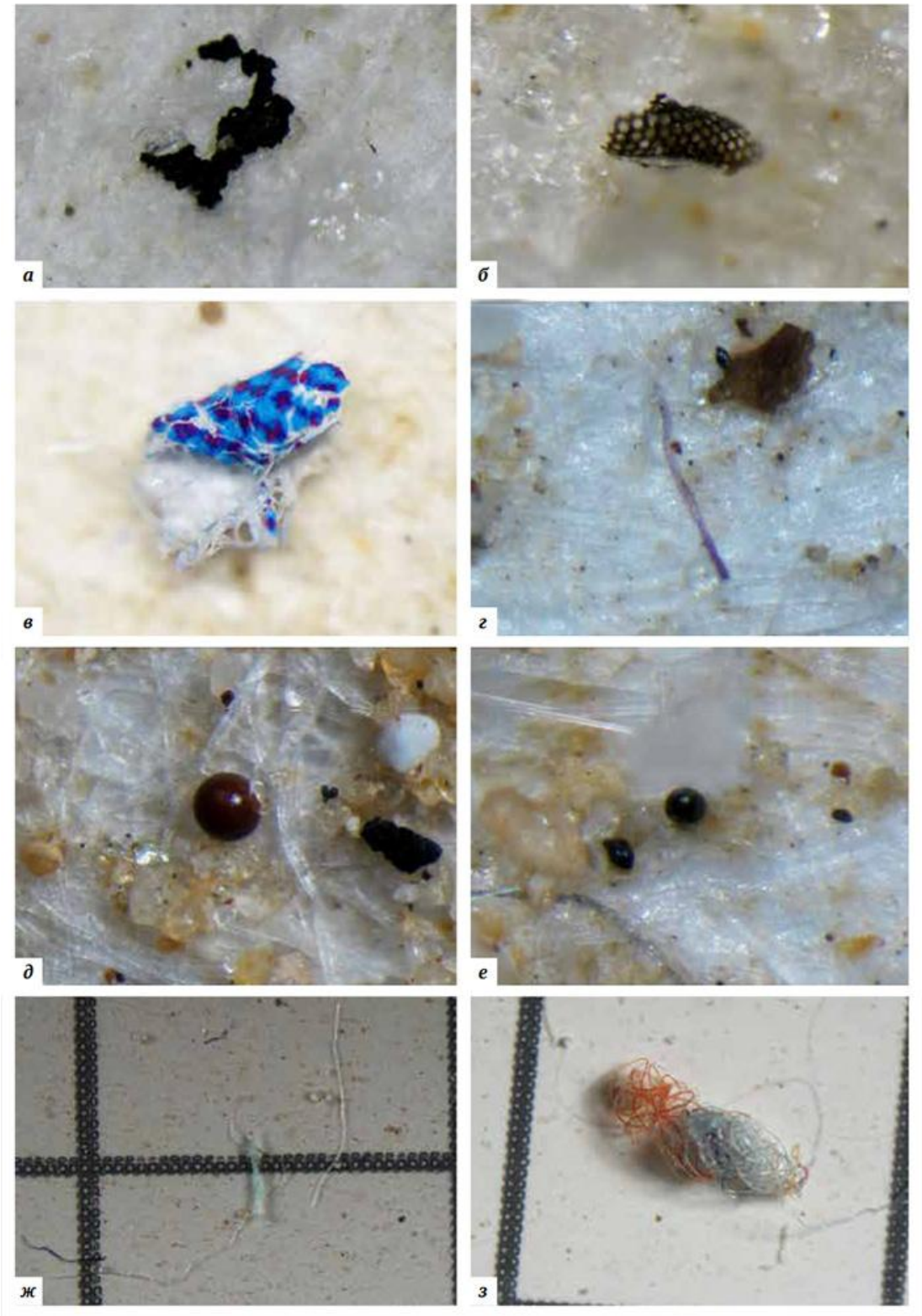


Рисунок. В итальянской соли (а-г) встречаются микрочастицы пластика разнообразных форм, а в хорватской хоть и гораздо больше числом, но разнообразием меньше, сплошные волокна. Monia Renzi, Andrea Blašković, Marine Pollution Bulletin, 2018

Значит ли это, что хорватская Адриатика очень грязная? Нет. Если считать только частицы размером больше 500 мкм, то легко удается выйти на типичные показатели по ЕС в десятки микрочастиц на килограмм морской соли. А если взять микроскоп получше и сосчитать микронные частицы, то и выйдут тысячи. Интересно, что итальянская соль с загрязнением 1,6–8,1 тысяч микрочастиц на килограмм содержит микропластик разнообразных форм с минимальным размером 4 мкм, а в хорватской соли доминируют волокна полипропилена минимального размера около 24 микрон, причем так во всех изученных образцах.

Авторы исследования предполагают, что волокна нападали с одежды работников при фасовке соли либо из тары, ведь хорваты упаковывают ее в пластиковые пакетики, а итальянцы — в картонные. Однако, скорее всего, это волокна от оптовой тары — тканых мешков, которые как раз делают из полипропилена.

Казалось бы, каменная соль, образовавшаяся в древности, когда никакого пластика не было, должна быть чиста от микропластика. Нет, это предположение неверно. В такой соли находят до 9–16 микрочастиц на килограмм, которые предположительно попали в продукт при переработке и фасовке. Сахар тоже бывает загрязнен пластиковыми микроволокнами — 300–500 штук на килограмм; скорее всего, это волокна из тех же полипропиленовых мешков. Очевидно, что с учетом объемов потребления соли и сахара всем этим пластиком можно смело пренебречь, но запомнить: даже в таких продуктах микропластик имеется.

Короли царства микропластиков

Микропластик, происходящий из тары и технологического оборудования, — тот самый пластик, что находят в бутилированных напитках. Как правило, его частицы имеют форму микрогранул; он явно не связан с текстильными волокнам, витающими в атмосфере любых помещений. Первые работы показывали, что пластика в напитках немного. Так, в литре пива — от 2 до 112 микрочастиц, минеральной воде — до 60 микрочастиц, в водопроводной — менее 15. Как правило, это ПЭТ из самой бутылки и полипропилен из крышки.

Другие пластики в напитках редки, они могут взяться из материала труб и сосудов для хранения воды. Самое большое загрязнение дают многоразовые пластиковые бутылки: напитки, расфасованные в них, имеют в своем составе во много раз больше микропластика, чем в новых бутылках, — до 15 тысячи микрочастиц на литр.

Казалось бы, сотня микрочастиц на литр — совсем немного, пей пиво, минералку и ни о чем не думай. Увы, тут сказалось уже отмеченное пребывание науки о микропластиках в младенческом возрасте. Исследование 2019 года показало, что в литре итальянской минеральной воды из пластиковых бутылок содержатся не сотни и не тысячи, а за полсотни миллионов микрочастиц! Причина все та же — учет разных размеров: итальянцы в своей работе считали мелкие частицы, размером от 0,5 до 10 мкм, а ранее смотрели на крупные.

Казалось бы, сотни тысяч микрочастиц пластика, потребляемые с каждым глотком минеральной воды, — это нечто чудовищное. Однако пересчет в граммы дает максимум один миллиграмм микропластика в литре или ежедневное потребление с водой 40 мкг пластика на килограмм веса человека. Отсюда сразу же следует, что никакие добавки, которые могут выделиться из микропластика, никакие шубы из сорбированных на них веществ не способны нанести вред здоровью, ведь вес и добавок, и шуб составляет ничтожную долю от веса самих частиц, которые их переносят. То есть выходит нанограммы на килограмм веса человека.

Удивительно, но очень грязными, гораздо грязнее морепродуктов, оказались продукты, на которые совсем уж не подумаешь, так сказать, образец естественности и полезности, —

овощи и фрукты. Так, в одном килограмме яблок и груш может содержаться почти по 2 миллиона микрочастиц пластика. В килограмме моркови — 1 миллион, брокколи — 1,2 миллиона, в листьях салата 500 тысяч микрочастиц. Интересен их размер — около 2 микрон независимо от овоща и фрукта. Это вполне соответствует диаметру сосудов в тканях растений — 4–100 мкм. То есть частицы микропластика явно попадают в плоды, двигаясь с соками.

Источник пока что неясен, но выбор невелик: почва и воздух. Откуда и там, и там, а овощи-фрукты для исследования покупали в лавках вполне сельской Катании, что на востоке Сицилии, столько микропластика, не очень понятно. Единственное, что приходит в голову, — системы мульчирования нетканым агротекстилем и орошения, в частности капельного, которое делают именно из пластиковых труб, трубок, трубочек, а обитатели почвы охотно этот пластик грызут, приводя в негодность. Разрушают трубки и прорастающие внутрь них корни растений. Чтобы не бороться с повреждениями, многие трубки так и делают одноразовыми — их укладывают ежегодно, отправляя отслужившие на свалку.

Как бы то ни было, из всех изученных овощей и фруктов яблоки дают наибольшую ежедневную дозу потребления микропластика на единицу веса тела — 462 тысячи штук для взрослого и 1 миллион 410 тысяч для ребенка, что и понятно: яблок они съедают поровну, а веса тел сильно отличаются. Это в обоих случаях значительно меньше потребления микропластика с бутилированными напитками — 1,5 миллиона и 34 миллиона соответственно.

Так, на основании свежайших исследований, именно бутилированные в пластиковую тару напитки оказываются главным источником микропластика в наших организмах. На втором месте, как видно, фрукты — овощи, а на третьем — домашняя пыль, падающая в тарелки, открытые кастрюли и сковородки при приготовлении пищи. На фоне этих пластиков, неизбежно имеющихся в самой распространенной пище, нет смысла задумывать о пластике в соли, меду или той же рыбе. Согласно имеющимся данным, этой долей можно смело пренебречь.

Как жить с пластиком?

Что же со всем этим счастьем нам теперь делать? Есть ли повод для беспокойства? Прямого ответа на этот вопрос нет, однако имеются общие соображения. Главное из них гласит: важнейшая характеристика — это размер пластиковой частицы. Сейчас на основании имеющихся опытов, которые проводили не с участием людей, а на рыбах и рачках, в редких случаях на мышах, можно утверждать: все те микропластики, о которых шла речь выше, неспособны преодолеть стенку кишечника. И значит, благополучно выходят с калом.

Возможную опасность представляют частицы размером в полмикрона и менее, то есть нанопластик. Вот они могут просачиваться сквозь стенку кишечника, попадать в межклеточный матрикс, оказываться в крови и далее попадать в клетки различных тканей, прежде всего печени. Результат опять-таки не очень ясный.

Прежде всего исследователи предполагают, что нанопластик может вызвать иммунную реакцию, ведь размер таких частиц соответствует размеру клеток бактерий, грибов и частиц вирусов, а некоторые клетки иммунной системы как раз и предназначены для поглощения частиц этого размера. Да и не только иммунные клетки умеют так делать. Предположение не лишено оснований: частицы полистирола, полиэтилена, ПВХ размером 100–500 нм вызывали признаки иммунной реакции у отдельных культур клеток рыб, либо будучи впрыснутыми в икринки. Правда, их содержание было во много раз больше, чем содержится в пище или в воде, где живут рыбы.

Наночастица пластика, попавшая внутрь какой-то клетки, также способна вызвать неприятности. Так, она соединяется с некоторым белками, обрастает так называемой короной, чем вносит искажения в работу клеточной машины. Расположенные в частице добавки, несмотря на всю ничтожность своего содержания, могут вызвать выработку активных форм кислорода, а значит приведут к окислительному стрессу.

И действительно, если рачков держали в воде с большим, в сотни микрограмм или даже в целый миллиграмм наночастиц полистирола на литр, то у них начиналась повышенная выработка антиоксидантов, причем интенсивность синтеза зависела от размера наночастиц: наиболее сильна реакция на частицы диаметром 50 нм. Высокая, в десятки миллиграммов в литре воды, концентрация нанопластика приводит уже и к явно видимым поражениям печени рачков, правда, такой концентрации нет в природе.

Как все эти данные переводить на здоровье человека, пока не знает никто. Очевидно, что сделать это непросто. Интригу добавляет и тот факт, что пока исследователи больше сосредоточены не на нанопластике, а на микро-, который, как было сказано, скорее всего, проходит по желудочно-кишечному тракту и в организм не проникает. Не ожидает ли их сюрприз, как это случилось с солью и бутилированной водой, когда снижение нижнего предела размера определяемых частиц увеличило их число в этих продуктах во многие тысячи раз, не очень ясно. Тут вся надежда на улучшение качества приборов, используемых в таких исследованиях.

Как бы то ни было, пока что не выработаны никакие рекомендации, ни международные, ни национальные, по нормированию содержания микро- и нанопластиков в пище. Единственная рекомендация принята австралийцами — ограничивать содержание микропластиков в косметике, поскольку через сточные воды они попадают к водным обитателям и далее следуют по пищевой цепи. Более-менее подробные рекомендации и нормативы касаются веществ, которые могут выходить из пластиковой упаковки и переходить в продукты питания. В общем, у специалистов имеется непаханое поле, на котором они могут ярко проявить свои способности, выясняя непростые отношения микро- и нанопластиков с живыми существами и, прежде всего, с человеком.

Ну а пока они пашут, праздной публике нужно осознать простую мысль. С середины XX века мы живем в мире, где есть синтетические полимеры, созданные человеком и без человека не существующие. Это время не так давно было принято с гордостью называть эрой полимеров. Сейчас такое название несколько забылось, однако именно оно как нельзя лучше передает суть нашего времени.

Пластики не просто ворвались в историю человеческого общества, позволив создать вещи, без которых современная цивилизация немыслима. Они в прямом смысле слова вошли в жизнь человека, не только заполнив пластиковыми предметами окружающую его среду, но и попав в организмы всех живых существ. Сейчас нет никакой возможности спрятаться от пластика, особенно в микро- и наноформе. Даже забравшись на крышу мира, Тибетское нагорье, что лежит на высоте 4877 метров и где живут разве что буддийские монахи с плотностью один человек на квадратный километр. Даже там, зачерпнув воду из горной реки, человек обнаружит до 2686 микрочастиц пластика в кубометре воды.

В этой ситуации глупо искать какой-то оазис, какой-то продукт, где нет микропластика. Такого просто нет, даже если в производстве пластик не применяют, а все работники одеты исключительно в экоодежду из чистого льна и хлопка. Микрочастицы пластика обязательно прилетят с движениями воздуха, приплывут с водой, проникнут из почвы по сосудам

растений. Пока нет никаких научных данных, что частицы микропластика при имеющихся в продуктах и в природе концентрациях способны оказать в какой-то степени различимое влияние на здоровье человека.

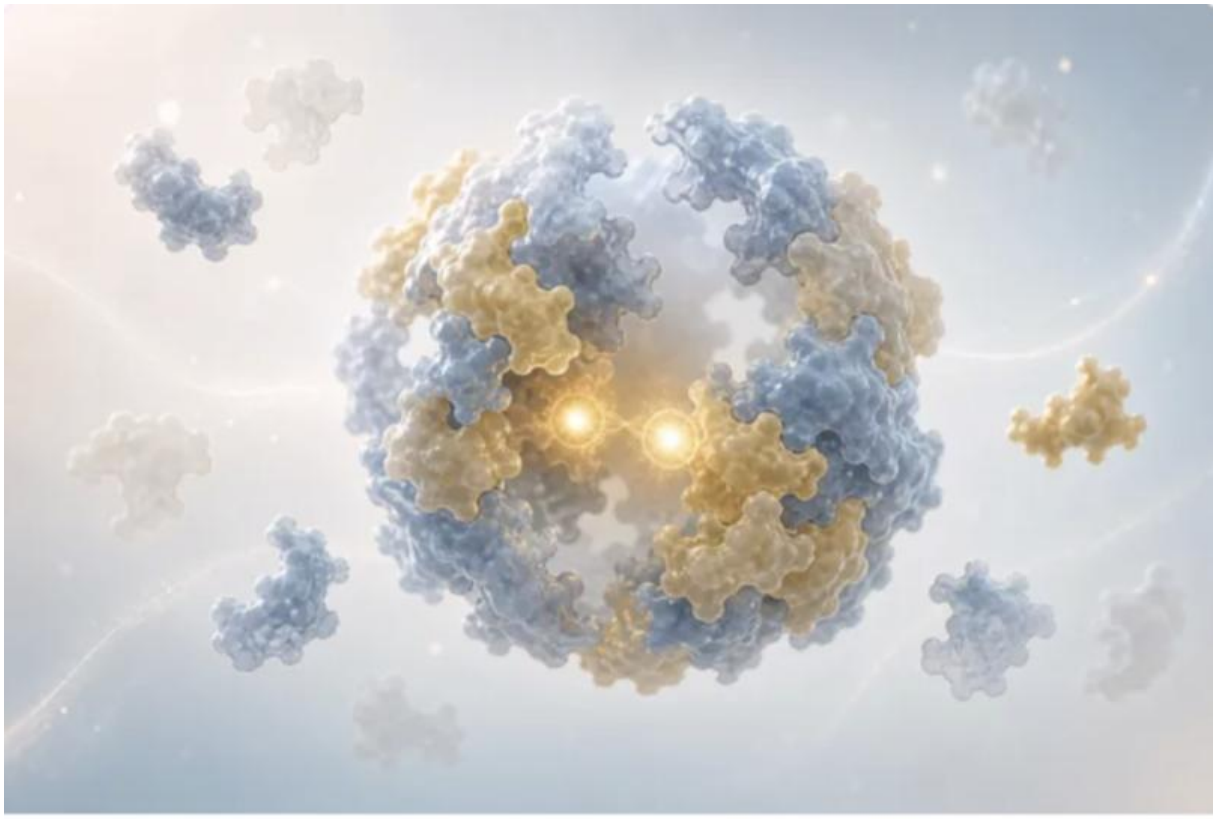
В сущности, если не разводить хемофобию, они оказываются небольшой добавкой к общему объему природной пыли, с которой человек сталкивался на протяжении всей своей истории, а также к техногенной пыли от износа металлов, текстиля, посуды, стройматериалов, продуктов горения дров и другого топлива. В общем — ко всем тем микро- и наночастицами, что появились в нашем окружении с возникновением технической цивилизации. Будучи компонентом этой самой техногенной пыли, с которой человечество вполне справилось, вряд ли микропластики обещают какие-то сюрпризы.

Автор А. Мотыляев, «Химия и жизнь» №5, 2023

Источник: ЭЛЕМЕНТЫ



Открыты универсальные законы сборки белковых комплексов



Правила сборки отбирают рабочие сочетания субединиц и сближают функциональные зоны

Ученые из Университета имени Бен-Гуриона в Негеве выяснили, как огромным и сложным белковым конструкциям удается собираться правильно, несмотря на головокружительное количество возможных вариантов. Они нашли те самые простые правила, которые руководят этим процессом, обеспечивая работоспособность структур даже спустя долгое время. Результаты их работы

Объектом исследования стал белок бактериоферритин. Его основная задача — безопасно хранить запасы железа внутри бактериальной клетки. Но есть одна интересная деталь: в отличие от многих других белков, которые строятся из одинаковых кирпичиков-субъединиц, бактериоферритин часто собирается из двух разных типов таких деталей. У каждой из них своя особая функция, и обе должны оказаться на своих местах.

Представьте, что у вас есть конструктор, в котором детали двух видов, и их можно соединять тысячами разных способов. Именно с такой математической сложностью и столкнулись исследователи. Однако, к их удивлению, в живых организмах реализуется лишь горстка вариантов из этого бесконечного множества. Один из авторов работы, профессор Раз Заривах, подчеркивает:

«Это вовсе не случайность, а прямое доказательство существования строгих направляющих принципов. Природа не перебирает все варианты вслепую, а следует четкому алгоритму».

Чтобы разгадать этот алгоритм, ученые применили криоэлектронную микроскопию высочайшего разрешения и мощные методы компьютерного анализа. Благодаря этому им удалось сформулировать два ключевых правила сборки.

Первое правило работает как фильтр: оно попросту запрещает некоторым субъединицам соединяться друг с другом. Это жесткое условие отсекает огромное количество заведомо нефункциональных и уродливых конструкций еще на этапе их возникновения. Второе правило уже более тонкое: оно отдает предпочтение таким соединениям, которые максимально сближают две главные рабочие зоны белка. А главные задачи у бактериоферритина — это окислять железо и переносить электроны. Если эти зоны оказываются рядом, белок работает как часы.

Ведущий автор исследования Даниэль Штайн отмечает:

«Эта система правил — настоящая находка эволюции. Она жестко ограничивает число жизнеспособных вариантов, но при этом оставляет пространство для гибкости. Белку не нужен внешний надзиратель или сложный молекулярный конвейер, который направлял бы каждую деталь. Достаточно пары локальных запретов и предпочтений, чтобы конструкция сложилась сама собой».

Его коллега, доктор Габриэль Франк, проводит аналогию с трехмерным пазлом. Эволюция как бы закодировала саму инструкцию по сборке прямо в форму деталей. Можно перебирать любые сочетания, но физически стабильными и рабочими окажутся только те, что подчиняются этим немногим законам.

Но самое удивительное открытие ждало их впереди. Когда ученые сравнили бактериоферритины из разных видов бактерий, оказалось, что эти правила сборки никуда не делись. Они сохранились на протяжении миллионов лет эволюции. Это говорит о том, что перед нами не частный случай, а универсальный биологический принцип. Природа предпочитает управлять сложными молекулярными системами не тотальным контролем каждого шага, а всего лишь несколькими жесткими структурными ограничениями. Это и есть секрет долголетия и надежности белковых машин.

Источник: Новости мира инноваций

SARS-CoV-2 не смог обойти структурные ограничения в эволюции

Опасения, что коронавирус будет мутировать бесконтрольно и непредсказуемо, не оправдались: новое исследование показало, что эволюция вируса с самого начала была зажата в жесткие структурные рамки.

Вирус SARS-CoV-2 эволюционирует в узких структурных каналах спайкового белка. Когда в конце 2019 года коронавирус только перекинулся на людей, ученые по всему миру готовились к самому худшему. Все опасались, что вирус будет мутировать бесконтрольно, быстро и непредсказуемо, каждый раз открывая всё новые способы обходить нашу иммунную защиту. Однако реальность, как это часто бывает, оказалась сложнее и интереснее простых страхов. Недавнее исследование, опубликованное в журнале Genome Biology and Evolution издательства Оксфордского университета, показало, что, хотя SARS-CoV-2 действительно развивался стремительными темпами, двигался он по очень ограниченному числу генетических путей. И эти пути с самого начала пандемии оставались неизменными.

Вирус не изобретал ничего принципиально нового. Все его успешные варианты появлялись за счет того, что он по-новому комбинировал уже существовавшие ранее мутации, а не за счет прорывных изменений в своей структуре. Получается, что число генетических маршрутов, доступных вирусу для эволюции, так и не расширилось.

Чтобы понять, почему это важно, нужно вспомнить, как выглядит вирус под микроскопом. Та самая знаменитая «корона» — это белковые шипы на его поверхности. Именно с их помощью вирус цепляется за клетки человека и проникает внутрь. В начале пандемии многие исследователи предполагали, что изменения в этих самых шипах и станут главной движущей силой эволюции. Считалось, что шипы могут кардинально меняться, открывая вирусу доступ к новым возможностям, которые раньше были для него недоступны. Однако новое исследование опровергает эту гипотезу.

Пандемия SARS-CoV-2 стала самой тяжелой за последние десятилетия. Она унесла миллионы жизней, подорвала экономику и перевернула привычный уклад жизни людей. Но у этой трагедии был и неожиданный научный побочный эффект. Человечество впервые столкнулось с инфекцией, имея в своем арсенале технологии массового и недорогого секвенирования генома. Ученые со всего мира собирали, расшифровывали и сравнивали генетические коды вируса в невиданных ранее масштабах. В результате исследователи получили уникальный массив данных, который сейчас позволяет заглянуть в самые тонкие механизмы эволюции.

Авторы новой работы воспользовались именно этим богатством. Они взяли глобальные базы данных по геномам вируса, сопоставили их с информацией о трехмерной структуре белков и проанализировали массу специализированных исследований. Главный вопрос заключался в следующем: ограничивает ли структура белка-шипа эволюционные возможности вируса и становятся ли эти ограничения слабее, когда появляются новые опасные варианты. Чтобы ответить на него, ученые применили сразу несколько компьютерных методов, которые предсказывают степень структурной жесткости белка в разных его участках, и проследили, как эта жесткость менялась с течением времени.

Новые варианты возникают из комбинаций уже существовавших мутаций, а не из расширения путей эволюцииВыяснилась любопытная картина. Эволюция SARS-CoV-2 прошла

через несколько отчетливых этапов. Сначала, в 2020 году, вирус просто накапливал случайные мутации без серьезных последствий — это был период нейтрального разнообразия. Но к концу года ситуация изменилась: начали появляться варианты, несущие сразу несколько ключевых мутаций. Именно тогда Всемирная организация здравоохранения стала выделять так называемые «варианты, вызывающие озабоченность» — те, что отличались повышенной заразностью или способностью ускользать от антител.

И вот что парадоксально. Несмотря на колоссальный объем данных и высокую скорость появления новых штаммов, исследователи не нашли никаких доказательств того, что структурные ограничения для белка-шипа ослабли или вообще как-то повлияли на появление новых вариантов. Даже под мощным давлением иммунной системы человека шиповидный белок оставался под жестким контролем своей собственной структуры. Иными словами, природа словно заперла вирус в определенных рамках: он мог мутировать, но только в тех пределах, которые не разрушали его «ключ» для входа в клетку.

Как же тогда возникали новые опасные штаммы, если единичные мутации были так сильно ограничены? Секрет оказался в комбинаторике. Вирус не расслаблял свои структурные запреты, а просто находил удачные сочетания уже разрешенных мутаций. Эти сочетания давали ему преимущество за счет взаимовыгодного взаимодействия разных изменений в геноме, но при этом общая конструкция белка-шипа оставалась стабильной. Именно стабильность шипа, а не его гибкость, оказалась главным эволюционным тормозом.

Руководитель исследования Джеймс Херциг поясняет:

«Наше исследование изучает динамику эволюционных изменений SARS-CoV-2 в тот период, когда вирус только перешел в человеческую популяцию. Мы обнаружили, что жесткие ограничения, действующие на шиповидный белок вируса, сильно сужали круг возможных мутаций. Это понимание помогает нам предсказывать, как могут вести себя другие коронавирусы при переходе между видами, а также имеет серьезное значение для разработки будущих вакцин и противовирусных препаратов».

Источник: Новости мира инноваций

Учёные доказали невозможность бессмертия для человека



Автор: magnific Источник: www.magnific.com

Модель, разработанная российскими учёными, показывает, что случайные мутации ДНК устанавливают фундаментальный предел продолжительности жизни человека на уровне 150-190 лет. Это означает, что даже при полном отсутствии рака, болезней сердца и других возрастных недугов человечество всё равно не сможет преодолеть биологический предел.

Давайте разберёмся, почему так происходит. Каждый день в нашем теле делятся миллионы клеток. Во время этого процесса ДНК копируется — и иногда случаются ошибки. Возникают соматические мутации (неправильные изменения в генетическом коде отдельных клеток, а не половых клеток, передающихся потомству). Организм обладает механизмами восстановления, но они работают не идеально. Со временем ошибки накапливаются как снежный ком.

Вычислительный биолог Дмитрий Крюков вместе с коллегами создал математическую модель, которая «взвесила» влияние накопления мутаций на наши жизненно важные органы. Модель работала просто: исследователи исключили все остальные факторы старения (воспаление, окислительный стресс, дисфункцию митохондрий и прочее) и оставили только мутации. Но даже в этом случае организм утратил жизнеспособность по прошествии определенного срока.

Результат оказался неожиданно оптимистичным: если бы удалось одним махом вылечить рак, деменцию, инсульты и болезни сердца, большинство людей смогли бы прожить 146-194 года. Кажется, что это много, но это не вечность. Крюков честно замечает: «Это математическая оценка, а не экспериментальные данные». Другими словами, это потолок, который может не совпадать с реальностью, но показывает физический предел.

Почему же не удается прожить дольше? Ответ кроется в устройстве нашего тела. Некоторые ткани работают по принципу конвейера: старые клетки умирают, молодые появляются. Кожа полностью обновляется каждые несколько недель, клетки кишечника — каждые несколько дней, клетки крови — каждые несколько месяцев. Поскольку все

постоянно меняется, мутации не успевают накапливаться в критических количествах. Эти ткани потенциально могут обновляться веками.

Но мозг и сердце — совсем другое дело. Нейроны и кардиомиоциты (клетки сердечной мышцы) в основном не делятся и не заменяются. Они работают с момента рождения до самой смерти. Это означает, что мутации в них накапливаются неумолимо. Со временем эти долгоживущие клетки начинают «ошибаться» все чаще: нейроны теряют способность передавать сигналы, а клетки сердца — сокращаться с нужной силой. Именно эти критически важные органы становятся «узким местом» всего организма.

Команда Крюкова опубликовала свои расчеты в журнале npj Aging. Исследователи подчеркивают, что их модель не просто дает цифру — она предлагает новый способ измерения влияния различных биологических процессов на старение. Это инструмент для определения того, какие механизмы старения нужно атаковать в первую очередь.

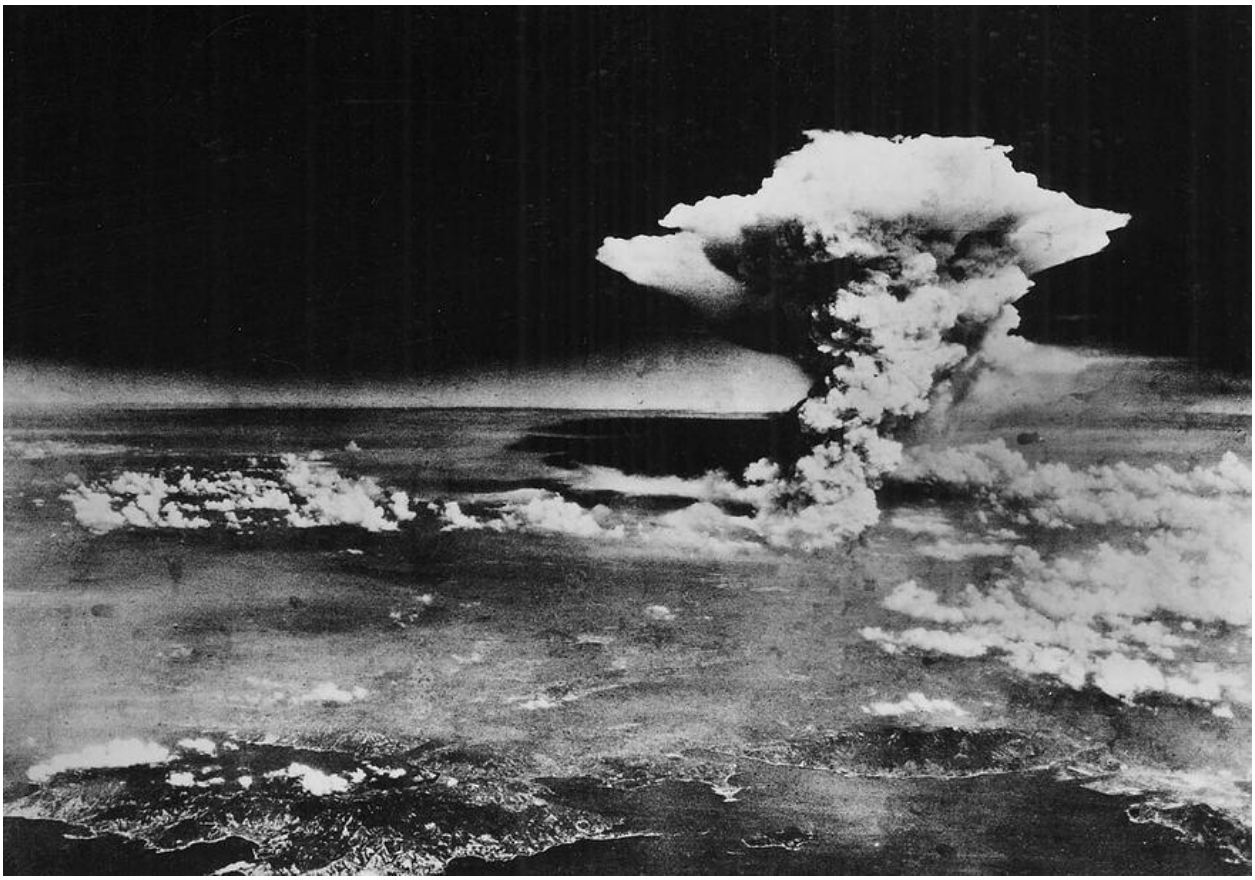
Идея о том, что мутации ДНК — главный враг долголетия, обсуждается в научных кругах уже несколько десятилетий. Но Крюков и его коллеги внесли уточнение: если одни мутации устанавливают предел в 156 лет, а сейчас мы живем в среднем 79 лет, значит, происходит что-то еще. На старение человека влияют как минимум окислительный стресс (повреждение клеток свободными радикалами), воспаление, потеря стволовых клеток и сбои в эпигенетике (механизмах включения и выключения генов). Все эти факторы действуют одновременно, словно враги, осаждающие крепость с разных сторон. Исследователи честно признают: их работа — лишь первый камень в мозаике. Для полного понимания процесса старения потребуется объединить усилия множества лабораторий в разных странах. Это сложная, но все более реальная перспектива.

Источник*:* IXBT.com



В песке Хиросимской бухты нашли неизвестный металлический сплав, возникший во время ядерного взрыва в 1945 году

В остатках радиоактивного пепла от атомной бомбардировки Хиросимы 1945 года физики нашли неизвестную ранее на Земле форму кристалической решетки на атомном уровне. В свежем выпуске научного издания *Science Advances* международная группа ученых рассказала об открытии уникального многокомпонентного сплава, сформировавшегося под воздействием колоссальных температур и давления во время ядерного взрыва. Данное открытие расширяет научное понимание того, как экстремальные температуры и сверхбыстрое охлаждение способны формировать новые кристаллические состояния вещества.

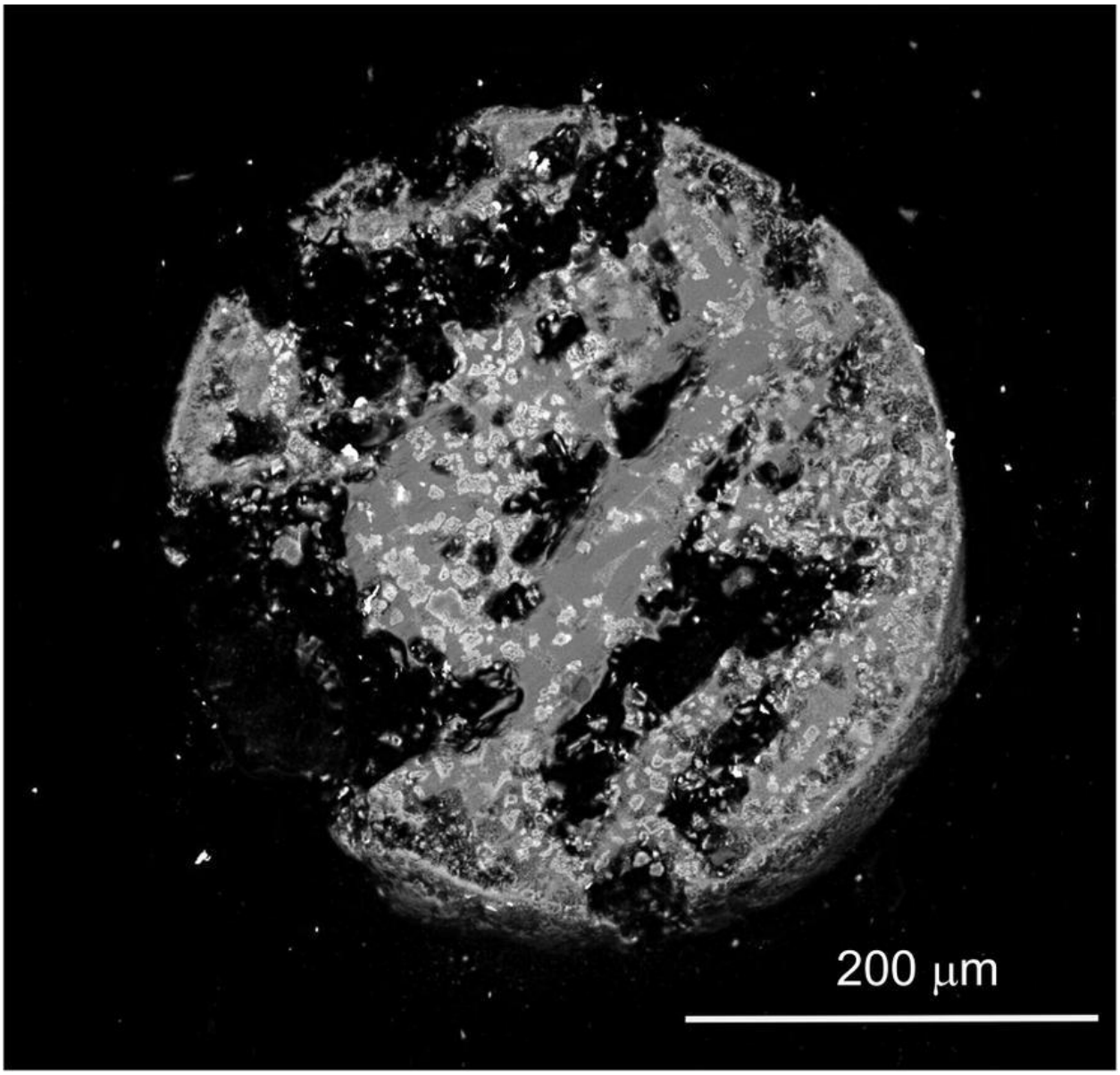


Первые минуты после ядерного удара по Хиросиме: поднявшийся над городом радиоактивный «гриб», запечатленный экипажем бомбардировщика B-29 «Энола Гей». Кадр снят во время отхода самолета из зоны атаки — в районе города Мацуяма на острове Сикоку. Автор: 509th Operations Group Источник: commons.wikimedia.org

Первый в истории боевой ядерный взрыв произошел 6 августа 1945 года: смертоносный заряд сработал в 600 метрах над поверхностью Хиросимы. Высвобожденная энергия мощностью около 15 килотонн сформировала огненный шар, температура внутри которого превысила 7000 °C. При данных параметрах бетонные здания, стальные конструкции, алюминий, стекло, почва и вода мгновенно испарились, образовав смесь газов и плазмы. По мере того, как облако поднималось и расширялось, испаренные элементы начали конденсироваться, превращаясь в расплавленные частицы. Они затвердевали в полете и

оседали на территории Хиросимского залива. Такие стекловидные сферические образования из расплавленных обломков получили обозначение «хиросимаиты».

Команда исследователей во главе с итальянским геологом и кристаллографом Лукой Бинди изучила 34 микрообразца хиросимаита — редкого техногенного минерала, образовавшегося во время атомного взрыва. Все образцы для анализа ученые собрали в прибрежном песке и донных отложениях региона. Для изучения их внутреннего строения применялась электронная микроскопия и рентгеноструктурный анализ. Внутри одного из образцов была идентифицирована металлическая крупинка диаметром примерно 10 микрометров — это немногим больше размера человеческого эритроцита. Данный фрагмент показал характеристики, которые не совпадают ни с одним известным науке минералом или промышленным сплавом.



Микрофотография хиросимаита — искусственного минерала, появившегося в результате ядерного взрыва 1945 года. Автор: Лука Бинди Источник: www.science.org

Анализ установил, что микроскопическое включение представляет собой многокомпонентный сплав, богатый кремнием. Он представляет собой сложную многокомпонентную систему, созданную на основе железа с добавлением хрома, никеля,

марганца, молибдена, кремния и алюминия. Хотя подобный набор элементов отчасти похож на состав нержавеющей стали, атомы внутри этой частицы выстроились в высокоупорядоченную кубическую кристаллическую решетку, которая не фиксировалась ранее ни в природе, ни в лабораторных экспериментах. Авторы работы пришли к выводу, что данная структура образовалась в результате процесса сверхбыстрой закалки. Сначала металлический пар сконденсировался из турбулентного облака, после чего произошло резкое падение температуры, зафиксировавшее атомы в новом упорядоченном состоянии.

Ученые отмечают, что места ядерных взрывов предоставляют точные данные о процессах, которые в природе могут происходить только при масштабных выбросах энергии — например, при падении метеоритов на гиперскоростях или при мощных ударах молний. Изучение новых структур вроде хиросимаитов позволяет фиксировать нетипичные химические соединения и кристаллические фазы, возникающие исключительно при кратковременных экстремальных перепадах температуры и давления.

Источник: *IXBT.com*



Секрет иммунитета прячется в коровнике: ученые назвали бактерии, защищающие детей от астмы и аллергии

На протяжении долгого времени специалисты придерживались мнения, что для полноценного формирования защитных сил организма ребенку необходимо определенное количество контактов с грязью. Эта концепция получила название «гипотеза гигиены». Наблюдения подтверждали ее правоту: в развитых западных странах показатели заболеваемости аллергией, астмой и сенной лихорадкой среди юных жителей стабильно росли, тогда как у их сверстников, выросших в условиях сельскохозяйственных угодий, подобных проблем практически не наблюдалось.



Изображение: разработано Magnific.

Эпидемиолог Маркус Эге из Университетской больницы LMU совместно с коллегами из Института астмы и профилактики аллергии имени Гельмгольца сумел пролить свет на природу этого феномена, известного как «эффект фермы». Ранее подобные работы могли лишь указывать на статистические совпадения. Однако новое исследование позволило выявить конкретные звенья причинно-следственной связи: определенные бактерии, продукты их жизнедеятельности и соответствующие рецепторы в человеческом теле.

Суть проблемы заключается в том, что при развитии астмы или экземы иммунитет дает чрезмерно бурный ответ на совершенно безобидные раздражители. Если теория чистоты верна, науке следовало найти тех конкретных микробов, контакт с которыми служит необходимым стимулом для настройки правильной работы защитной системы. В ходе масштабного анализа группе ученых удалось указать на девять видов таких микроорганизмов. Как поясняет биоинформатик Джулия Пагани, такие бактерии, как *Romboutsia timonensis* и

Glutamicibacter arilaitensis, обеспечивают около двух третей всей защиты от астмы и половину защиты от сенной лихорадки и атопического дерматита.

Источником этих полезных агентов стали образцы пыли со спальных матрасов более тысячи сельских школьников Южной Германии, а также пробы воздуха, взятые непосредственно в коровниках. Концентрация данных микробов в сараях оказалась значительно выше, чем в жилых комнатах. Исследователи установили путь перемещения бактерий: они попадают в воздух из пищеварительного тракта животных и их экскрементов. Дети, регулярно находящиеся рядом со скотом, вдыхают эти частицы и переносят их домой, где умеренное присутствие патогенов сохраняется длительное время.

Ключевым фактором здесь выступает дозировка. Бактериальные метаболиты активируют специфический клеточный рецептор AhR. Этот элемент запускает работу генов и передачу сигналов иммунной системе. Чрезмерная активация данного пути способна нанести вред, однако средние показатели, характерные для естественной среды фермера, приносят пользу. Стимуляция AhR провоцирует мощный противовоспалительный отклик, который блокирует развитие респираторных заболеваний еще на стадии формирования.

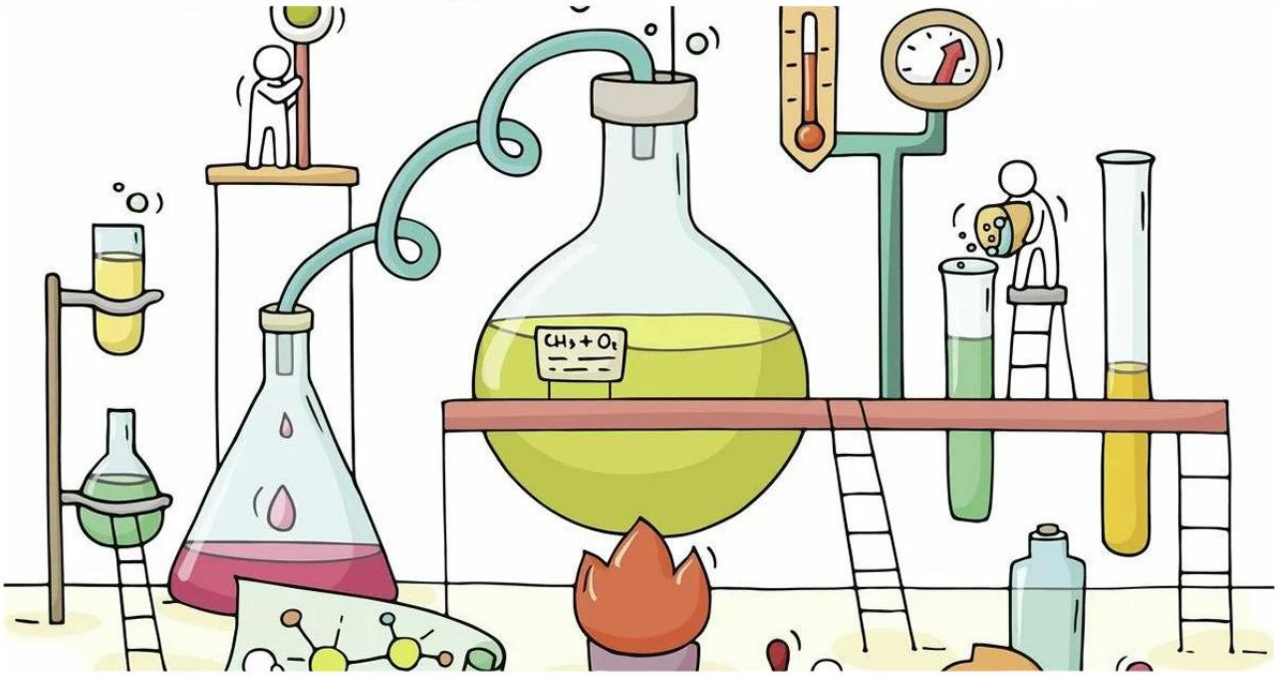
Авторы отмечают, что для полной детализации механизмов потребуются дополнительные лабораторные тесты, так как текущее наблюдение пока не может служить абсолютным доказательством причины. Тем не менее цепочка событий — от коровы через воздушную среду к рецепторам ребенка — стала предельно понятной. На молекулярном уровне результаты дают четкое понимание того, как именно среда защищает от недуга. В перспективе это знание позволит создать новые стратегии профилактики наиболее распространенных детских хронических болезней, которые будут имитировать естественное воздействие фермерского окружения.

Результаты исследования опубликованы в *NEJM Evidence*.

Источник: ПОИСК

Отраслевая наука

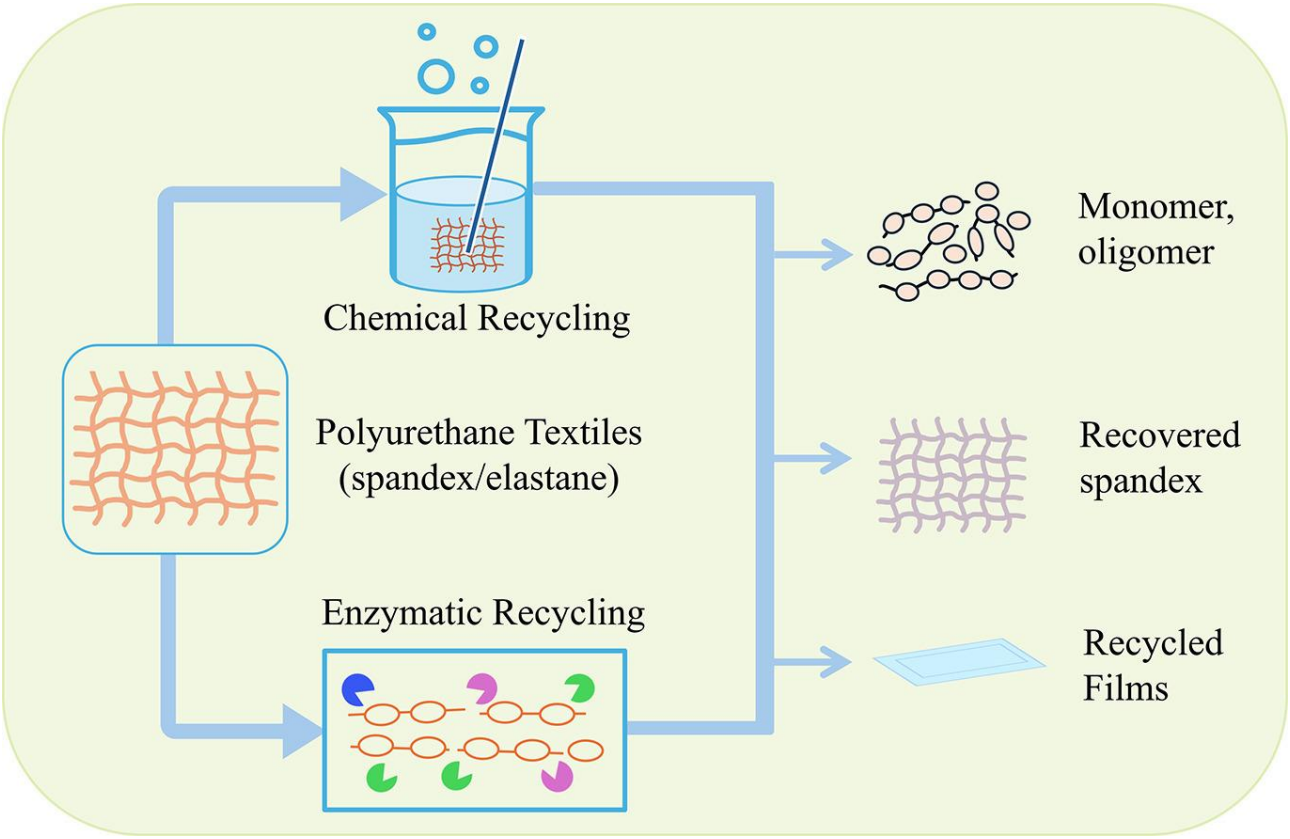




Химическая и ферментативная переработка текстиля, содержащего спандекс

Аннотация

В связи с распространением концепции «быстрой моды» мировое производство текстиля резко возросло, что привело к серьезным экологическим последствиям, таким как выбросы парниковых газов и загрязнение окружающей среды микроволокнами. Переработка текстиля — важный способ смягчить эти последствия, но широкое использование эластомерных волокон представляет собой серьезное препятствие. Спандекс (эластан) — сегментированное полиуретановое волокно, добавляемое в текстиль для придания эластичности и облегания, — обычно смешивают с другими волокнами, что значительно усложняет традиционную механическую переработку. В этом обзоре рассматриваются последние достижения в области химической и ферментативной переработки, призванные решить эту проблему. Мы подробно рассказываем о том, как с помощью химических методов можно избирательно растворить или деполимеризовать спандекс до мономеров и олигомеров, а также о том, как в ферментативных процессах используются специализированные биокатализаторы, такие как эстеразы, амидазы и уреатазы, для расщепления определенных связей в полимерных цепях. Этот обзор, в котором анализируются механизмы, химические вещества, получаемые материалы и остающиеся технические проблемы, связанные с каждым из подходов, призван стать дорожной картой на пути к замкнутому циклу переработки текстиля, содержащего спандекс.



1. Введение

1.1. Кризис текстильных отходов

Текстиль — неотъемлемая часть нашей повседневной жизни. Сначала из волокон получают пряжу, из которой затем ткут или вяжут ткань. После окрашивания или печати из этих материалов изготавливают готовую одежду. В 2024 году мировое производство текстильных волокон достигло 132 миллионов тонн — примерно четыре тонны в секунду, — которые использовались для производства одежды, домашнего текстиля, обуви и других товаров (Textile Exchange, 2025). Это на 6% больше, чем 125 миллионов тонн, произведенных в 2023 году. Если эта тенденция сохранится, то к 2030 году ежегодное производство волокна достигнет 169 миллионов тонн.

В производстве текстильных материалов используются как натуральные, так и синтетические волокна. Хотя натуральные волокна или целлюлозные материалы, такие как вискоза и лиоцелл, в целом биоразлагаемы, наличие красителей, пигментов и других отделочных материалов в текстиле может препятствовать разложению (Egan et al., 2023) и приводить к попаданию вредных веществ в окружающую среду (Das et al., 2023). Синтетические волокна, как правило, не поддаются биологическому разложению (Egan & Salmon, 2022) и накапливаются в окружающей среде, способствуя ее загрязнению. Биоразлагаемые материалы — это вещества, как природные, так и синтетические, — химические связи которых разрушаются под действием ферментов, присутствующих в биосфере (Satyanarayana et al., 2009).

Текстильная промышленность входит в число самых загрязняющих окружающую среду отраслей в мире из-за высокого энергопотребления (выбросы парниковых газов) и водопотребления. На ее долю приходится около 11% пластиковых отходов (Программа ООН по окружающей среде, 2025). Бизнес-модель «быстрой моды», характеризующаяся крупномасштабным производством, разнообразием вариантов, быстрой реакцией на изменения рынка и низкими затратами, значительно увеличила как количество производимых отходов, так и скорость их накопления (Navone et al., 2020; Teixeira Franca Alves et al., 2024). В 2018 году Агентство по охране окружающей среды США сообщило, что в стране образовалось 17,0 млн тонн текстильных отходов в составе твердых бытовых отходов (ТБО), из которых 3,2 млн тонн были сожжены с выработкой энергии, а 11,3 млн тонн были захоронены на полигонах, что составляет 7,7% от общего объема ТБО, утилизируемых на полигонах (Агентство по охране окружающей среды США, 2024). Помимо твердых отходов, Европейское агентство по окружающей среде отметило, что в 2022 году общие закупки текстиля в Европейском союзе привели к выбросу примерно 355 кг CO_2 на душу населения (Европейское агентство по окружающей среде, 2025). Кроме того, синтетические ткани, распадающиеся на микроволокна, сохраняются в окружающей среде и являются причиной попадания в океаны примерно 35% микропластика, образующегося ежегодно (Bianchi et al., 2023). Даже при одной стирке одежды из полиэстера может высвободиться до 700 000 микроволокон, которые могут попасть в пищевые цепочки как человека, так и животных. Эта оценка согласуется с результатами других исследований, несмотря на различия в оценках поступления микропластика в океан из синтетических тканей (Карни Альмрот и др., 2018; Дж. Лю и др., 2021; Томпсон и др., 2024).

1.2. Стратегии переработки

Одной из перспективных стратегий снижения загрязнения окружающей среды в текстильной промышленности является систематическая переработка отходов,

образующихся до и после потребления. В зависимости от качества и полезности конечного продукта выделяют три категории переработки: даунсайклинг, или открытая переработка, замкнутая переработка и апсайклинг (Spinelli et al., 2025). Даунсайклинг — это процесс преобразования материалов в продукты более низкого качества и функциональности, например переработка выброшенной одежды в промышленные салфетки (Vadicherla & Saravanan, 2014). В отличие от этого, замкнутый цикл переработки позволяет преобразовывать переработанные материалы в новые продукты того же типа, сохраняя их первоначальное качество и функциональность, как, например, при переработке старой одежды в новую (Spinelli et al., 2025). Апсайклинг — это процесс, обратный даунсайклингу, при котором материалы перерабатываются в изделия более высокой ценности и качества, например из промышленных текстильных отходов делают ковры (Vadicherla & Saravanan, 2014). Поскольку апсайклинг и замкнутый цикл переработки сохраняют или повышают материальную ценность, они считаются более эффективными, чем даунсайклинг, для повышения экологичности текстильной промышленности (Spinelli et al., 2025).

1.3. Рынок спандекса

Спандекс — это эластомерное волокно, известное в США как спандекс, а в Европе и других регионах — как эластан. Впервые оно было изобретено американской химической компанией DuPont в 1958 году под торговой маркой «лайкра» (Morgan, 1981). На рис. 1(а) показано, что в 2024 году производство спандекса составляло примерно 1,1 % от общего объема производства волокон и составляло около 1,5 млн тонн (Textile Exchange, 2025). В то же время рис. 1(б) демонстрирует постоянный рост производства спандекса с 2022 по 2024 год. Несмотря на то, что его доля невелика по сравнению с полиэстером, на долю которого в 2024 году приходилось около 59% от общего объема производства волокон, спандекс является технически важным волокном благодаря своим свойствам восстановления после растяжения, которые он придает тканям даже при небольшом содержании. Это компенсирует его относительно высокую стоимость, обусловленную сложным производственным процессом. Широкое использование спандекса в смесовых тканях затрудняет механическую переработку других волокон, поскольку его эластичные свойства могут привести к замятию машины в процессе переработки. Переработка спандекса постепенно набирает обороты: в 2024 году около 3,2% переработанного спандекса будет использовано для производства нового волокна (Textile Exchange, 2025). В этом обзоре рассказывается о последних достижениях в области переработки текстиля, содержащего спандекс, и рассматривается потенциал получаемых продуктов для производства аналогичных товаров или товаров с высокой добавленной стоимостью.

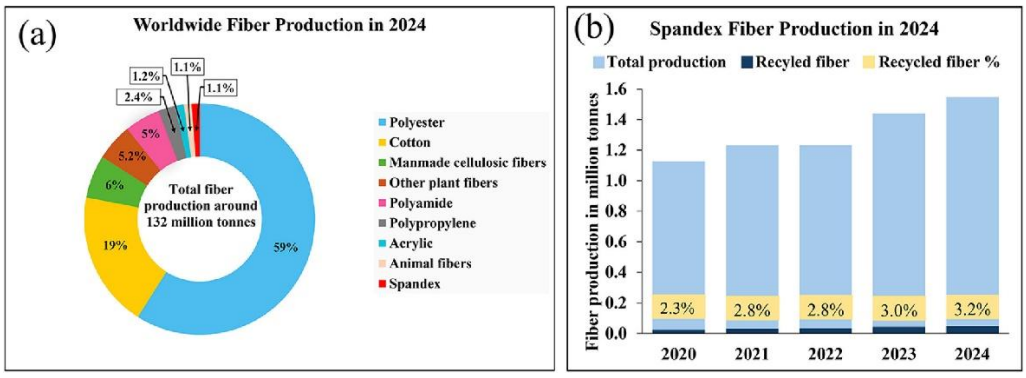


Рис. 1. (а) Доля мирового производства волокон по типам, 2024 г., и (б) общее производство спандекса (первичного и переработанного) и процент переработанного спандекса в разные годы (Textile Exchange, 2025).

2. Процесс производства текстильных изделий из спандекса

Спандекс обеспечивает высокую эластичность тканей (Almetwally & Mourad, 2014) и широко используется в леггинсах, юбках, спортивной и повседневной одежде, эластичном дениме, чулках и медицинском текстиле (Zhu et al., 2025). В коммерческих текстильных изделиях спандекс обычно смешивают с другими волокнами, такими как хлопок, полиэстер, вискоза и нейлон, при этом доля спандекса варьируется от 2% до 30% (Гокарнешан и Тхангамани, 2010; Херат и Канг, 2008; Войс, 2005). С точки зрения производства спандекс значительно дороже других широко используемых синтетических волокон. Например, полиэстер и нейлон в основном производятся методом прядения из расплава, который считается относительно простым и экономичным производственным процессом (Enking et al., 2025; Minor et al., 2023; B. X. Wang et al., 2024). В отличие от них, спандекс в основном производится методом сухого прядения, который предполагает использование и регенерацию растворителей, что увеличивает сложность и стоимость производства (Imura et al., 2014).

2.1. Как используется спандекс в тканях

Спандекс добавляют в тканые, трикотажные и высокотехнологичные функциональные ткани в виде нитей различной структуры. Наиболее распространенный подход — это крученая пряжа, в которой непрерывная нить из спандекса образует сердцевину, а штапельные волокна, такие как хлопок, полиэстер, вискоза или нейлон, — оболочку (Aydoğdu & Yilmaz, 2019; Gazi Ortlek & Ulku, 2007; Türksoy et al., 2019; Zeng et al., 2021). Также были разработаны двухкомпонентные нити, в которых два волокна, например полиэстер и спандекс или полиамид и спандекс, образуют сердцевину, а один тип штапельного волокна — внешний слой нити (Aydoğdu & Yilmaz, 2019; Türksoy et al., 2019). Кроме того, можно производить крученую пряжу, наматывая полиэфирную нить по спирали на сердцевину из спандекса (Lou et al., 2016). При вязании трикотажного полотна нить из чистого спандекса наносится методом гальванического покрытия и располагается на изнаночной стороне ткани, в то время как другие нити образуют лицевую сторону (Marmarali, 2003; Sadek et al., 2012; Senthilkumar et al., 2011). Нить из чистого спандекса также используется для производства тканого полотна. Например, Ге и Тан (2021) создали структурированную ткань двойного плетения, состоящую из полиэфирной нити в качестве основы и полимерного оптического волокна (ПОВ) и нити из спандекса в качестве утка (Ge & Tan, 2021).

2.2. Как из полимера получают нить из спандекса

Спандекс известен своей исключительной эластичностью: его относительное удлинение при разрыве составляет от 500% до 800% (Бхат и др., 2001; Имура и др., 2014; Нистен и др., 2001). Это синтетическое текстильное волокно, изготовленное из полимера, который содержит не менее 85 % сегментированного полиуретана (ПУ) (Бхат и др., 2001; Имура и др., 2014; Отайгбес и Мадбули, 2009). Для производства нитей спандекса используются различные методы прядения, в том числе сухое прядение, мокрое прядение, мокрое прядение с использованием сухого воздуха, прядение из расплава, реакционное прядение и электропрядение (Imura et al., 2014; Otaigbes & Madbouly, 2009). Из них наиболее распространено сухое прядение, на долю которого приходится около 90% всего производства. Этот метод требует растворения полиуретанового полимера в таких растворителях, как N,N-диметилформамид (ДМФ), диметилацетамид (ДМАц) или тетрагидрофуран (ТГФ) (Нистен и др., 2001; Отайгбес и Мадбули, 2009). Аналогичным образом растворители используются в процессах мокрого прядения и мокрого прядения с использованием струйной технологии (Х. Лю и др., 2008; Редди и др., 2010). С другой стороны, прядение из расплава исключает

необходимость использования растворителей, однако физические и химические свойства волокон спандекса, полученных этим методом, оказались ниже, чем у волокон спандекса, полученных методом сухого прядения (Бхат и др., 2001; Х. Лю и др., 2008; Редди и др., 2010). Полный производственный цикл — от полимерных прекурсоров до готовых текстильных изделий на основе спандекса — показан на рис. 2(a).

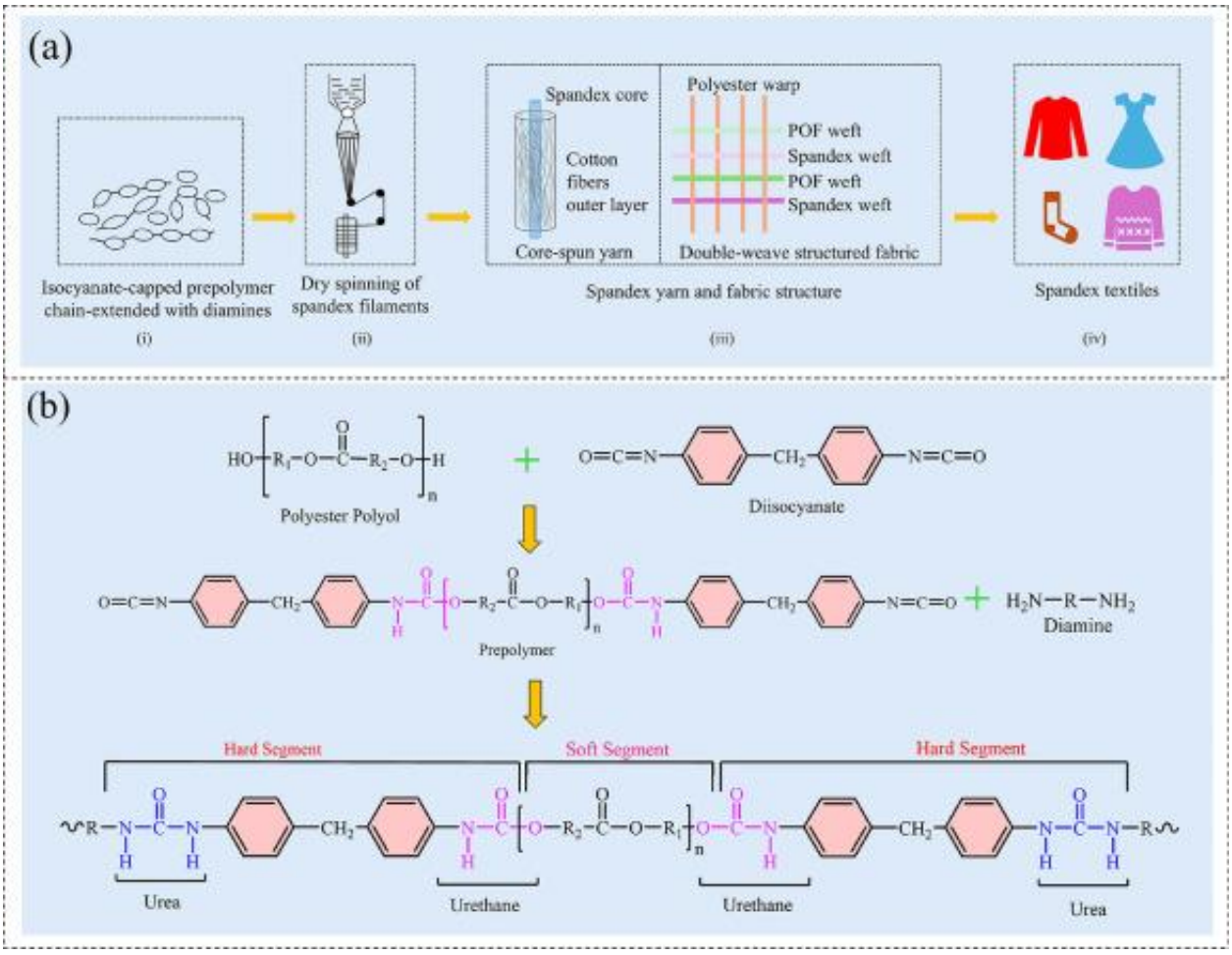


Рис. 2. (a) Процесс производства текстиля из спандекса: (i) удлинение цепи форполимера с изоцианатной оболочкой диаминами для образования прядильной добавки, (ii) сухое прядение нитей из спандекса (Imura et al., 2014), (iii) структура пряжи с сердцевиной из спандекса и структурированная ткань двойного переплетения с использованием как нитей из спандекса, так и пряжи POF в качестве уточных нитей (Ge & Tan, 2021), и (iv) различные типы текстиля из спандекса, и (b) общая схема синтеза (полиэфирполиол используется в качестве пример) и химическая структура сегментированного полиуретана-мочевины (спандекса) (Otaigbes & Madbouly, 2009; Xu et al., 2023).

2.3. Полимерная структура спандекса

Спандекс — это сегментированное полиуретаново-мочевинное эластомерное волокно, состоящее из чередующихся жестких и мягких сегментов (Otaigbes & Madbouly, 2009; Xu et al., 2023). Мягкие сегменты состоят из полиэфира или полиэфирполиола, что обеспечивает эластичность волокон спандекса. В отличие от них, жесткие сегменты состоят из диизоцианата и удлинителя цепи, которым может быть либо низкомолекулярный диамин, либо диол, обеспечивающий прочность и стабильность волокон. Расположение жестких и мягких

сегментов вдоль полимерной цепи спандекса показано на рис. 2(б). В типичном процессе сухого прядения высокомолекулярные полиолы сначала вступают в реакцию с диизоцианатами в отдельном реакторе, образуя преполимер с изоцианатными концевыми группами за счет уретановых связей (Лоури и др., 2006). Затем форполимер растворяют в растворителе и удлиняют его цепь с помощью диаминов, чтобы перед экструзией получить конечный сегментированный полиуретаново-полимочевинную прядильную массу. При сухом прядении этот полимерный раствор выдавливается через фильеру в поток нагретого газа, где в результате испарения растворителя нить затвердевает, а мягкие и жесткие сегменты разделяются, образуя характерную микроструктуру волокон спандекса.

3. Методики переработки смесовых тканей со спандексом

Смесовые ткани со спандексом — это многокомпонентные материалы, обычно содержащие эластомерную нить, смешанную с одним или несколькими дополнительными волокнами или нитями. Переработка тканей, содержащих спандекс, — сложная задача, поскольку для переработки каждого компонента требуется разное механическое воздействие, термические условия или растворители. В этом разделе мы рассмотрим современные механические, химические и ферментативные подходы к переработке тканей, содержащих спандекс.

3.1. Механическая переработка

Процесс механической переработки начинается с измельчения текстиля на более мелкие фрагменты, за которым следует непрерывное дробление для превращения их в волокнистую массу, пригодную для дальнейшей обработки, например для повторного прядения в пряжу или производства нетканых материалов (Payne, 2015). Однако агрессивное механическое воздействие, характерное для этого процесса, часто приводит к повреждению волокон, что сокращает их длину и ухудшает качество (Payne, 2015). Кроме того, при механической переработке невозможно удалить с тканей красители и другие отделочные материалы (Phan et al., 2023). Таким образом, механическая переработка считается процессом, снижающим ценность материала (Villar et al., 2024). Кроме того, основным ограничением механической переработки является невозможность разделения волокон в смесовых тканях (Payne, 2015). В случае с тканями, содержащими спандекс, эти проблемы стоят еще острее. Эластичность и высокая степень удлинения при разрыве спандекса препятствуют измельчению и разрезанию, что приводит к засорению и образованию комков в оборудовании (Boschmeier, Archodoulaki, Schwaighofer, Lendl, Ipsmiller, et al., 2023). Рис.3 демонстрирует ограничения механического процесса переработки текстиля, содержащего спандекс.

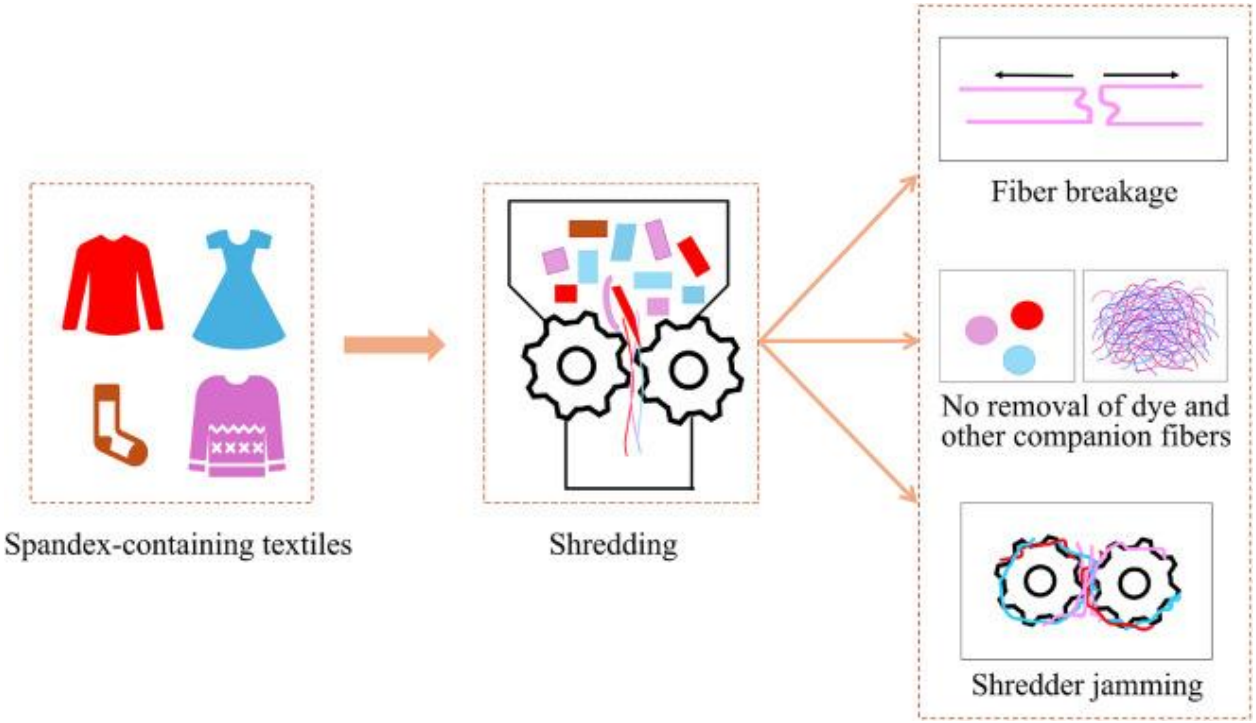


Рис. 3. Схематическое изображение ограничений процесса механической переработки тканей, содержащих спандекс.

3.2. Химическая переработка

3.2.1. Селективная деполимеризация спандекса

Химическая деполимеризация позволяет расщепить полимерные материалы на молекулярные строительные блоки, такие как мономеры, олигомеры и низкомолекулярные прекурсоры (Chavez-Linares et al., 2025; Zhu et al., 2025). В случае спандекса это достигается путем разрыва основных связей (например, карбамат/уретановых, сложноэфирных или эфирных связей) в результате таких реакций, как гликолиз, аминолиз или гидролиз. Например, Йохансен и др. (2023) провели деполимеризацию чистых волокон спандекса, смесовых тканей со спандексом и нейлоновых тканей с полиуретановым покрытием с помощью процесса сольволиза с использованием трет-амилового спирта и гидроксида калия (KOH) при температуре 225 °C в течение 4,5 часов (Йохансен и др., 2023). В этом процессе трет-амиловый спирт выступал в качестве слабого нуклеофила. Чистые волокна спандекса и смесовые ткани из нейлона и спандекса деполимеризовались до 4,4′-метилендианилина (4,4′-MDA) и поли(тетрагидрофурана) (polyTHF), полиэфирного полиола, в то время как ткани из нейлона с полиуретановым покрытием деполимеризовались до солей 4,4′-MDA и полиола, который в исследуемых образцах был описан как полиэфирный полиол. Однако этот метод не подходил для тканей из полиэстера и спандекса, так как при тех же условиях происходила частичная деполимеризация полиэстера. При обработке тканей из хлопка и спандекса, а также вискозы и спандекса в основном образовывался поли-ТГФ, а 4,4′-МДА практически не обнаруживалась. В аналогичном исследовании Андини и др. (2024) перерабатывали смешанные текстильные отходы, содержащие полиэстер, хлопок, нейлон и спандекс, без предварительной сортировки (Андини и др., 2024). В ходе исследования был проведен однократный гликолиз с использованием микроволнового излучения, этиленгликоля в качестве растворителя и ZnO в качестве гетерогенного катализатора. При оптимальных

условиях — температуре 210 °C в течение 15 минут — полиэфир был деполимеризован до бис(2-гидроксиэтил)терефталата (BHET). Кроме того, спандекс был разложен до соединений, производных дифенилметана, при этом основным продуктом разложения спандекса был 4,4'-МДА. В то же время хлопок и нейлон в значительной степени остались нетронутыми и были извлечены путем последовательной фильтрации и растворения в муравьиной кислоте. Вильяр и др. (2024) провели аминолиз для селективного удаления спандекса из смеси хлопка и спандекса (95/5) (Вильяр и др., 2024). Ткань сначала измельчили до состояния, при котором она проходила через сито с размером ячеек 30 мкм, и высушили. Аминолиз проводили при температуре 80 °C в течение 2 часов, используя диэтилентриамин (ДЭТА) в качестве расщепляющего агента, 1,5-диазабицикло[4.3.0]нон-5-ен (ДБН) в качестве катализатора и диметилсульфоксид (ДМСО) в качестве полярного апротонного растворителя. Разложившиеся продукты из спандекса затем были извлечены путем осаждения при добавлении воды в реакционный раствор, а хлопковая часть была выделена в виде твердого остатка. Однако авторы отметили, что, поскольку использовался только один вид белой ткани, влияние структуры ткани и красителей не оценивалось (Villar et al., 2024). Аналогичным образом Азеведо и др. (2025) использовали диметилсульфоксид и дибутилфталат для разрушения нитей чистого спандекса при умеренных температурах (80–120 °C) (Азеведо и др., 2025). Исследуя ткани из хлопка и спандекса в соотношении 94/6 и из полиэстера и спандекса в соотношении 87/13, авторы продемонстрировали, что спандекс разрушается избирательно, в то время как хлопковые и полиэфирные волокна в значительной степени сохраняют свою структуру и прочность на разрыв. Помимо химической деструкции, для селективного разрушения спандекса также используется термическая обработка. Например, Lv и др. (2015) удаляли спандекс из смесовых тканей из нейлона 6 и спандекса путем термической деструкции, нагревая ткань в герметичном реакторе при температуре 220 °C в течение 2 часов (Lv et al., 2015). Исследование показало, что нейлон 6 плавится при температуре выше 220 °C, а спандекс начинает разлагаться примерно при 180 °C. Таким образом, термическая обработка способствовала разложению спандекса, при этом нейлон 6 в значительной степени сохранил свою первоначальную структуру. Образовавшиеся низкомолекулярные продукты распада спандекса были извлечены из обработанной ткани путем промывки этанолом при температуре 60 °C в течение 30 минут с последующим трехкратным промыванием деионизированной водой. После удаления спандекса часть ткани с высоким содержанием нейлона была подвергнута термопластической обработке.

3.2.2. Деполимеризация сопутствующих волокон

Вместо деполимеризации самого спандекса можно деполимеризовать другие волокна, входящие в состав смеси, при этом спандекс останется нетронутым. Например, полиэстер был гидролизован из смесового текстиля, состоящего из полиэстера и спандекса (91/9), путем щелочного гидролиза с использованием 0,1 М гидроксида натрия (NaOH) и биядерного эстеразоподобного цинкового катализатора (Zn_2L) при температуре 90 °C, в результате чего волокна спандекса отделились (Wu et al., 2024). В аналогичном исследовании авторы деполимеризовали полиэстер из смесовых тканей с помощью катализатора межфазного переноса (0,2 % по массе бензилтрибутиламина хлорида) в процессе щелочного гидролиза (10 % по массе KOH, 90 °C, 4 ч) и сравнили выход терефталевой кислоты (ТФК) для различных типов тканей (Wentz et al., 2025). Авторы отметили, что выход TPA был ниже для смесовой ткани из полиэстера и спандекса (88/12), вероятно, из-за того, что полиэстер обволакивал спандекс в пряже, а плотная структура ткани препятствовала доступу реакционной среды к волокнам полиэстера. Сюй и др.(2023) также сообщили, что даже небольшое количество (6%) спандекса в смесовых тканях из полиэстера и спандекса может негативно повлиять на

химическую переработку полиэстера, снизив степень извлечения диметилтерефталата (ДМТ) на 32,4% (Сюй и др., 2023). В ходе исследования смесовые ткани из полиэстера и спандекса (94/6) были переработаны путем гликолизиса с последующей переэтерификацией метанолом с использованием карбоната калия (K_2CO_3), этиленгликоля и метанола. Хотя полиэстер был успешно деполимеризован, часть спандекса подверглась совместной деполимеризации, что привело к загрязнению материалов, полученных из полиэстера. Чтобы решить эту проблему, авторы сначала разделили спандекс с помощью диметилформамида, затем обработали полиэфирную часть методом гликолизиса и переэтерификации метанолом, а часть из спандекса — методом спиртового гидролиза уретана. Однако важно отметить, что диметилформамид токсичен и представляет опасность для окружающей среды (Xu et al., 2023). Янь и др. (2025) продемонстрировали эффективный процесс совместной переработки смесовых тканей из полиэстера и спандекса с использованием неводной системы сорастворителей толуол-этанол и гидроксида калия при температуре 80 °C (Yan et al., 2025). Этот процесс избирательно расщепляет сложноэфирные связи в полиэстере и уретановые связи в спандексе, сохраняя при этом связи мочевины. Продукты распада разделяются с помощью комбинации фильтрации, дистилляции растворителя, фазового разделения и осаждения с контролем pH. Полиолы оставались в жидкой фазе и были извлечены после удаления растворителя, в то время как соли терефталевой кислоты и ароматические карбаматные соли выпадали в осадок и были отделены путем изменения pH для селективного извлечения ТФА и 4,4’-МДА.

3.2.3. Селективное растворение спандекса или сопутствующих волокон

В качестве альтернативы деполимеризации и деградации был изучен еще один простой метод химической переработки — селективное растворение. Этот подход включает два этапа: прямое растворение спандекса и растворение сопутствующих волокон при сохранении спандекса в неизменном виде.

В процессе растворения спандекса Гонг и др. (2021) использовали растворитель диметилформамид для избирательного растворения спандекса из отходов текстильного производства, состоящих из нейлона 6 и спандекса, при этом нейлон 6 оставался нерастворимым и его можно было отделить с помощью фильтрации (Гонг и др., 2021). Растворенный спандекс впоследствии восстанавливался путем осаждения при добавлении деионизированной воды, что указывает на возможность регенерации и повторного использования растворителя. Ма и соавт. (2025) предложили стратегию химического разложения и повторного использования текстиля из полиэфир-спандекса на основе гликолиза, при которой часть спандекса избирательно удаляли с помощью DMAc перед деполимеризацией полиэфира (Ма и соавт., 2025).

Однако из-за высокой токсичности диметилформамида и диметилацетамида (Li & Zeng, 2019) в нескольких исследованиях изучались менее токсичные растворители для растворения спандекса (Boschmeier, Archodoulaki, Schwaighofer, Lendl, Ipsmiller, et al., 2023; Phan et al., 2023; Vonbrül et al., 2024). Vonbrül et al. (2024) стремились селективно отделить спандекс от тканей из нейлона и спандекса с разным соотношением компонентов (Vonbrül et al., 2024). Используя параметры растворимости Хансена (Hansen solubility parameters, HSP), авторы определили четыре смеси растворителей, способные селективно растворять спандекс при комнатной температуре. Результаты показали, что смесь диметилсульфоксида и тетрагидрофурана (30:70) показала наилучшие результаты среди всех остальных смесей растворителей. Кроме того, смесь ДМСО: 2-метилтетрагидрофуран (2-MeTHF) (30:70) была идентифицирована как более биоразлагаемая альтернатива, обеспечивающая результаты, почти идентичные

результатам ДМСО-ТГФ. Однако для тканей, содержащих 23% и 32% спандекса, был необходим второй цикл обработки для достижения более полного удаления спандекса (Вонбрюль и др., 2024). В аналогичном исследовании те же растворители (2-метилтетрагидрофуран и диметилсульфоксид) использовались для селективного растворения спандекса в смесовых тканях из полиэстера и спандекса 94/6 (Vonbrül et al., 2025). Наиболее эффективное удаление спандекса было достигнуто при объемном соотношении 2-MeTHF: DMSO 70:30 при комнатной температуре, что потребовало двух последовательных 30-минутных циклов обработки для почти полного отделения.

В другом исследовании Бошмайер и др. (2023) изучали отделение спандекса от смесовых тканей из полиэстера и спандекса (82/18) и нейлона и спандекса (92/8) с использованием шести различных растворителей, выбранных на основе данных о поверхностно-активных веществах и результатов лабораторных экспериментов (Бошмайер, Арходулаки, Швайгхофер, Лендл, Ипсмиллер и др., 2023). Среди них наиболее подходящим для масштабирования был признан диметилсульфоксид. Процесс разделения заключался в растворении спандекса в диметилсульфоксиде при температуре 120 °C в течение 5–10 минут, после чего полиэфирные и нейлоновые волокна отделялись промывкой и сушкой. Затем диметилсульфоксид очищали и извлекали с помощью трехэтапного процесса, включающего фильтрацию, центрифугирование и дистилляцию. Однако авторы отметили, что полностью удалить растворитель из гидрофильных волокон, таких как смеси хлопка и спандекса или вискозы и спандекса, невозможно. Гуастаферро и др. (2025) также использовали диметилсульфоксид для эффективного растворения нитей спандекса при температуре 140 °C (Guastaferro et al., 2025). Растворенный спандекс был извлечен путем фазового разделения без использования растворителя с помощью воды, что позволило восстановить 75–80 % растворителя и повторно использовать его. Однако термический и спектроскопический анализ показал, что в восстановленном спандексе произошли структурные изменения, что ограничивает его повторное использование в качестве текстильного волокна (Guastaferro et al., 2025). Фан и др. (2023) использовали моделирование методом HSP и COSMO-RS для скрининга примерно 150 традиционных и биоразлагаемых растворителей для селективного растворения спандекса из различных текстильных смесей (Фан и др., 2023). На основе теоретического отбора и экспериментальной проверки авторы пришли к выводу, что цирен, диметиламиноксид, диметилформамид и тетрагидрофурфуриловый спирт (ТГФС) подходят для смесей полиэстера со спандексом, а цирен, N-метил-2-пирролидон (NMP) и γ-валеролактон (GVL) — для смесей нейлона со спандексом, хлопка со спандексом и шерсти со спандексом соответственно.

При растворении компаньонов-волокон спандекс извлекается практически в неизменном виде. Например, Ся и др. (2025) продемонстрировали процесс селективного разделения для извлечения спандекса из отходов хлопково-спандерового текстиля (93/7) с использованием способности ионной жидкости 1-аллил-3-метилимидазолия хлорида (AmimCl) растворять целлюлозу (Ся и др., 2025). Текстиль измельчали до порошкообразного состояния и обрабатывали AmimCl при температуре 80 °C в течение 4 часов. За это время хлопок (целлюлоза) растворился, а спандекс остался нерастворимым и был отделен центрифугированием. В другом исследовании Шао и др. (2025) использовали систему N-метилморфолин N-оксид (NMMO)/H_2O для селективного отделения спандекса из окрашенного в вареном виде денима, состоящего из хлопка и спандекса (98/2) (Шао и др., 2025). Сначала кубовые красители удаляли, замачивая хлопок в растворе NMMO/H_2O, который затем извлекали и использовали повторно. Затем хлопок, очищенный от красителя, растворяли в более концентрированном растворе NMMO/H_2O при температуре 90 °C в течение 30 минут, при этом спандекс оставался нетронутым и его можно было отделить с

помощью фильтрации. Наконец, из растворенной целлюлозы получали волокна лиоцелла, а растворитель NMMO извлекали для дальнейшего использования.

При использовании методов растворения на основе растворителей необходимо тщательно учитывать их токсичность, стоимость и возможность вторичной переработки. Такие растворители, как диметилформамид и диметилацетамид, могут растворять спандекс, но их токсичность и проблемы с соблюдением нормативных требований ограничивают их применение (Prat et al., 2015). Поэтому в недавних исследованиях изучались альтернативные системы растворителей, в том числе смеси диметилсульфоксида, тетрагидрофурана и диметилсульфоксида, а также смесь гексаметилфосфата и диметилсульфоксида, чтобы снизить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить безопасность. Однако одного использования более экологичных растворителей недостаточно: для экономической целесообразности необходимы эффективная утилизация и повторное использование растворителей. Гуастаферро и др. (2025) сообщили о 75–80 %-ном извлечении диметилсульфоксида (Guastaferro et al., 2025), а Бошмайер и др. (2023) добились очистки и извлечения диметилсульфоксида на уровне около 99 % с помощью фильтрации, центрифугирования и дистилляции (Boschmeier, Archodoulaki, Schwaighofer, Lendl, Ipsmiller, et al., 2023). Для смесовых тканей из хлопка и спандекса использовался AmimCl для растворения и отделения хлопка от спандекса (Xia et al., 2025), но высокая стоимость ионных жидкостей остается серьезным ограничением (Gericke et al., 2012). В аналогичном исследовании степень извлечения AmimCl достигла 99 %.34 % при отделении хлопка от смесовых тканей из хлопка и полиэстера (Xia et al., 2021). Кроме того, NMMO широко используется для растворения хлопка и считается менее токсичным (Rosenau et al., 2003). Важно отметить, что Shao et al. (2025) показали, что растворители на основе NMMO можно извлекать и использовать повторно при переработке джинсовой ткани из хлопка и спандекса (Shao et al., 2025).

3.2.4. Химическая переработка других полиуретановых материалов

Хотя в этом обзоре основное внимание уделяется текстилю, содержащему спандекс, исследования по химической переработке различных полиуретановых материалов могут дать полезную информацию. Например, О'Ди и др. (2024) описали способ химической переработки, который позволяет деполимеризовать полиуретановые материалы для селективной регенерации и восстановления исходных изоцианатных мономеров, а не для получения полиолов или диаминов (О'Ди и др., 2024). В этом процессе бороорганическая кислота Льюиса (β-хлоркатехинборан) использовалась для селективного расщепления уретановых связей в мягких условиях, обычно при температуре 60 °C в тетрагидрофуране для термопластичного полиуретана и при температуре 80 °C в толуоле для термореактивного полиуретана при давлении окружающей среды. Восстановление высокореактивного изоцианата стало возможным с выходом до 23 %, поскольку деполимеризация с использованием β-хлоркатехинборана не только расщепляла уретановые связи, но и блокировала спиртосодержащий фрагмент, тем самым предотвращая рекомбинацию с восстановленным изоцианатом. Кроме того, в качестве основания при деполимеризации использовался триэтиламин, и авторы предположили, что он, вероятно, ускорял реакцию и/или удалял побочный продукт HCl в виде хлорида триэтиламмония. Восстановление изоцианата было подтверждено в первую очередь с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье и ослаблением полного отражения (ATR-FTIR) in situ по появлению характерного колебания −N=C=O при 2270 $см^{-1}$, а также с помощью анализа методом ядерного магнитного резонанса протонов (^{1}H ЯМР) и ядерного магнитного резонанса углерода-13 (^{13}C

ЯМР) и теста на реакционную способность, в ходе которого к неочищенной смеси добавляли н-бутанол для получения диуретана.

Ленц и Морманн (1992) осуществили химическую переработку полиуретанового эластомера и гибкой полиуретановой пены методом аммонолиза сверхкритическим аммиаком при температуре 139 °C и давлении 140 бар, получив полиолы, амины, полученные из изоцианатов, и незамещенную мочевину (Lentz & Mormann, 1992). Однако из-за высокой температуры и давления потребовался специализированный реактор, выдерживающий давление. Пан и др. (2026) провели деполимеризацию пенополиуретана методом гликолизиса с использованием полипропиленгликоля (ППГ) и низкомолекулярных диолов при оптимизированных условиях: 200 °C в течение 2 часов (Пан и др., 2026). Донадини и др. (2023) использовали микроволновый гликолиз с диэтиленгликолем (ДЭГ) для деполимеризации отходов жесткого пенополиуретана при температуре 200 °C всего за 15 минут. Авторы также сообщили, что по сравнению с традиционным методом нагрева микроволновое излучение сократило время реакции на 94 %, а энергопотребление — на 45 % (Donadini et al., 2023).

В нескольких обзорных статьях обобщены последние достижения в области переработки полиуретана в целом, выделены ключевые стратегии деполимеризации и способы восстановления материала (Kemona & Piotrowska, 2020; Rossignolo et al., 2024). Тем не менее переработка текстиля, содержащего спандекс, остается более сложной задачей, чем переработка мономатериалов на основе полиуретана, из-за их многокомпонентной структуры. В таблице 1 приведены методы химической переработки различных видов текстиля и материалов на основе полиуретана с добавлением спандекса. Таким образом, спандекс в смесовых тканях может быть переработан либо путем деполимеризации в мономерные или олигомерные продукты, либо путем селективного растворения. Альтернативно, он может быть извлечен в основном в неизмененном виде, когда другие текстильные компоненты избирательно растворяются или деполимеризуются. На рис. 4 схематично представлены эти способы химической переработки текстильных материалов со смесью спандекса.

Таблица 1. Методы химической переработки полиуретановых подложек.

Метод	Подложки из полиуретана	Используемые химические вещества
Деполимеризация спандекса путем алкоголиза	Различные ткани с добавлением спандекса и нейлоновые ткани с полиуретановым покрытием	Трет-амиловый спирт и каталитический гидроксид калия
Деполимеризация эластана с помощью микроволнового гликолиза	Смешанные текстильные отходы, содержащие полиэстер, хлопок, нейлон и эластан	Этиленгликоль и катализатор ZnO
Селективное разрушение эластана путем аминолиза	Текстиль из смесей хлопка и эластана (95/5)	Растворитель ДМСО, диэтилентриамин (ДЭТА) в качестве расщепляющего агента и

Метод	Подложки из полиуретана	Используемые химические вещества
		1,5-диазабицикло[4.3.0]не-5-ен (DBN) в качестве катализатора
Селективное разложение спандекса	Нити из чистого спандекса, ткани из смеси хлопка и спандекса (94/6) и полиэстера и спандекса (87/13)	Растворитель ДМСО и 1,5-диазабицикло[4.3.0]не-5-ен (DBN) в качестве катализатора
Селективное удаление спандекса путем термической деструкции и промывки растворителем	Смесовые ткани из нейлона 6 и спандекса	Термическая обработка с последующей промывкой этанолом и деионизированной водой
Separation of spandex by alkaline hydrolysis of polyester component	Polyester-spandex (91/9) blended textiles	NaOH together with a binuclear esterase-like zinc catalyst (Zn_2L)
Отделение спандекса щелочным гидролизом полиэфирного компонента	Текстиль из смеси полиэстера и спандекса	КОН и бензилтрибутиламмония хлорид (BTBAC) в качестве катализатора фазового переноса
Растворение эластана и деполимеризация полиэфира путем гликолиза и переэтерификации метанолом, а также деполимеризация эластана путем спиртолиза уретана	Текстиль из смесей полиэстер-эластан (94/6)	ДМФ для растворения эластана; карбонат калия, этиленгликоль и метанол для деполимеризации полиэстера и эластана
Совместная деполимеризация полиэстера и спандекса щелочным совместным гидролизом	Текстиль из смеси полиэстера и спандекса	Сорастворитель толуол-этанол в присутствии КОН
Селективное растворение спандекса	Отходы текстиля из нейлона 6 и спандекса	DMF
Селективное растворение спандекса	Текстиль из смеси полиэстера и спандекса (95/5)	DMAc
Селективное растворение спандекса	Текстиль из смеси нейлона и спандекса	DMSO: THF (30:70; в/в) и DMSO: 2-MeTHF (30:70; в /в)

Метод	Подложки из полиуретана	Используемые химические вещества
Селективное растворение спандекса	Текстиль из смесей полиэстер-эластан (94/6)	ДМСО: 2-MeTHF (30:70; в /в)
Селективное растворение спандекса	Текстиль из смесей полиэстера и спандекса (82/18) и нейлона и спандекса (92/8)	DMSO
Растворение спандекса	Нить из спандекса	DMSO
Селективное растворение спандекса	Текстиль из смесей полиэстер-спандекс, нейлон-спандекс, хлопок-спандекс и шерсть-спандекс	Кирен, DMAc, DMF, THFA, NMP, GVL
Селективное растворение хлопка (целлюлозы) для извлечения неповрежденного спандекса	Отходы текстиля из смеси хлопка и спандекса (93/7)	AmimCl (для растворения целлюлозы)
Деполимеризация полиуретана с помощью кислотного катализа Льюиса	Термопластичные и термореактивные полиуретаны	β-хлоркатехолборан, ТГФ, толуол
Деполимеризация полиуретана путем аммонолиза	Полиуретановый эластомер и эластичный пенополиуретан	Сверхкритический аммиак
Деполимеризация полиуретана гликолизом	Отходы пенополиуретана	PPG с низкомолекулярными диолами
Деполимеризация полиуретана гликолизом с микроволновой обработкой	Отходы жесткого пенополиуретана	ГРАД

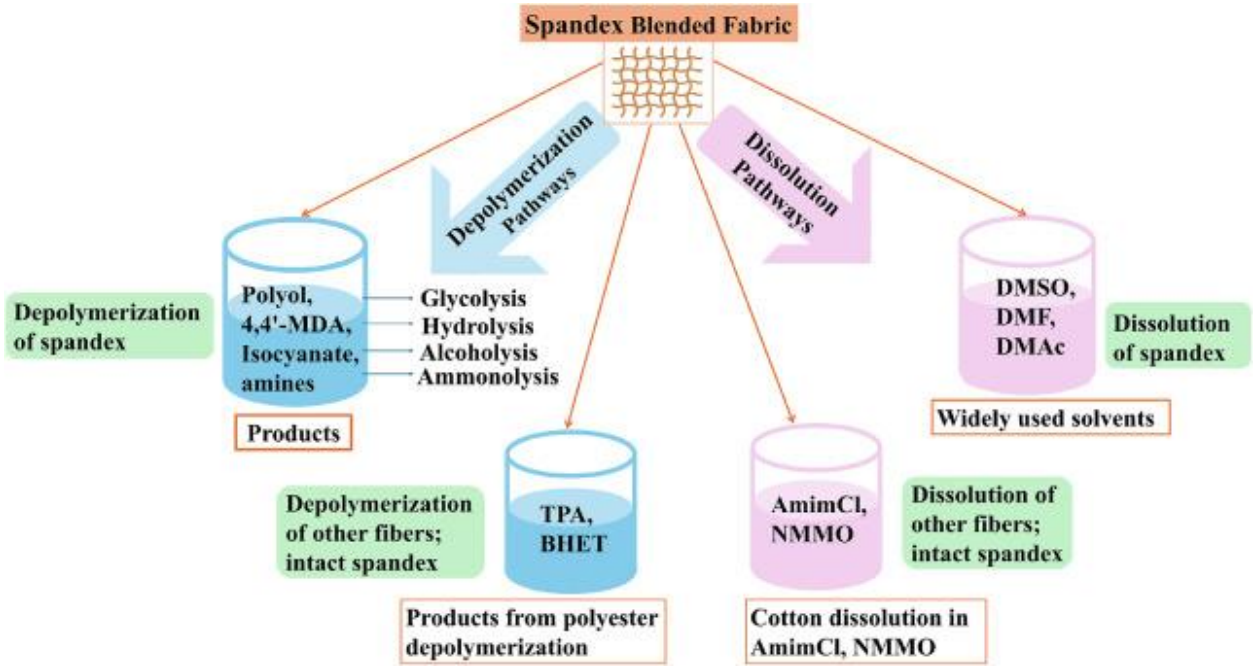


Рис. 4. Способы химической переработки смесовых тканей со спандексом. Сокращения: 4,4'-метилендианилин (4,4'-MDA), терефталевая кислота (ТФК), бис(2-гидроксиэтил)терефталат (BHET), хлорид 1-аллил-3-метилимидазолия (AmimCl), N-метилморфолин N-оксид (NMMO), диметилсульфоксид (ДМСО), диметилформамид (ДМФ) и диметилацетамид (ДМАц).

3.3. Ферментативный рециклинг

Ферментативная переработка синтетических полимеров/пластика вызывает все больший интерес благодаря своей экологичности. Ферменты действуют как биокатализаторы, расщепляя определенные связи в основной цепи полимера, превращая полимерные цепи в составляющие их мономерные или олигомерные звенья в мягких условиях. Эффективность ферментативной переработки во многом зависит от геометрии активного центра фермента и его взаимодействия с субстратом (Katnic et al., 2024). Несмотря на то, что ферментативная переработка полиуретана изучается уже много лет, литературы, посвященной конкретно спандексу, по-прежнему мало.

3.3.1. Ранние исследования и скрининг гидролаз

Почти 40 лет назад Phua et al. (1987) опубликовали первое исследование *in vitro* биодеградации Biomer® — сегментированного полиэфир-уретана, который часто используется в устройствах, контактирующих с кровью. Материал подвергался воздействию протеолитических ферментов папаина и уреазы при температуре 37 °C в течение 1–6 месяцев (Phua et al., 1987). Папаин оказывал более сильное разрушающее действие, чем уреаза, о чем свидетельствовали изменения молекулярной массы и ухудшение усталостных характеристик. В отличие от папаина, уреаза, по-видимому, действует в основном на поверхности полимера, о чем свидетельствует ИК-Фурье-спектроскопия. Согласно результатам анализа, папаин может гидролизовать как уретановые, так и мочевинные связи, в то время как уреаза гидролизует в основном мочевинные связи.

Тем временем появилось множество других ранних исследований в области биодеградации, направленных на использование живых микроорганизмов. Например, было обнаружено, что бактерия *Pseudomonas chlororaphis* ATCC 55729 способна разлагать отходы из

полиэфирно-полиуретановой пены, используемой в автомобильной промышленности (Gautam et al., 2007), благодаря выработке внеклеточной полиэфирэстеразы (PURE), которая участвует в гидролизе сложноэфирных связей в мягком сегменте полиэфира. Анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) показал увеличение количества отверстий в матрице пенопласта, что является визуальным свидетельством биоразложения. Недавно Махешварэн и др. (2024) применили более целенаправленный подход к биоразведке: они собрали четыре изолята бактерий, разлагающих полиуретан (RS1, RS6, RS9 и RS13), из почвы, загрязненной пластиковыми отходами, и протестировали их способность разлагать полиуретановую пленку (Махешварэн и др., 2024). Среди них штамм *Moraxella catarrhalis* BMPPS3 (RS13) показал самую высокую степень деградации — 67 %. Потеря веса составила 36 ± 0,32 % через 30 дней. Анализ ферментативной активности показал наличие внеклеточной эстеразы, липазы и уреаназы при разложении полиуретана, что указывает на типы ферментов, которые потенциально могут играть роль в процессе биоразложения полиуретана. В целом эстеразы могут гидролизовать сложноэфирные связи в полиуретане, а уреаназы — уретановые связи, присутствующие в полиуретане. На рис. 5 показано общее действие эстеразы и уреаназы на субстрат из полиуретана.

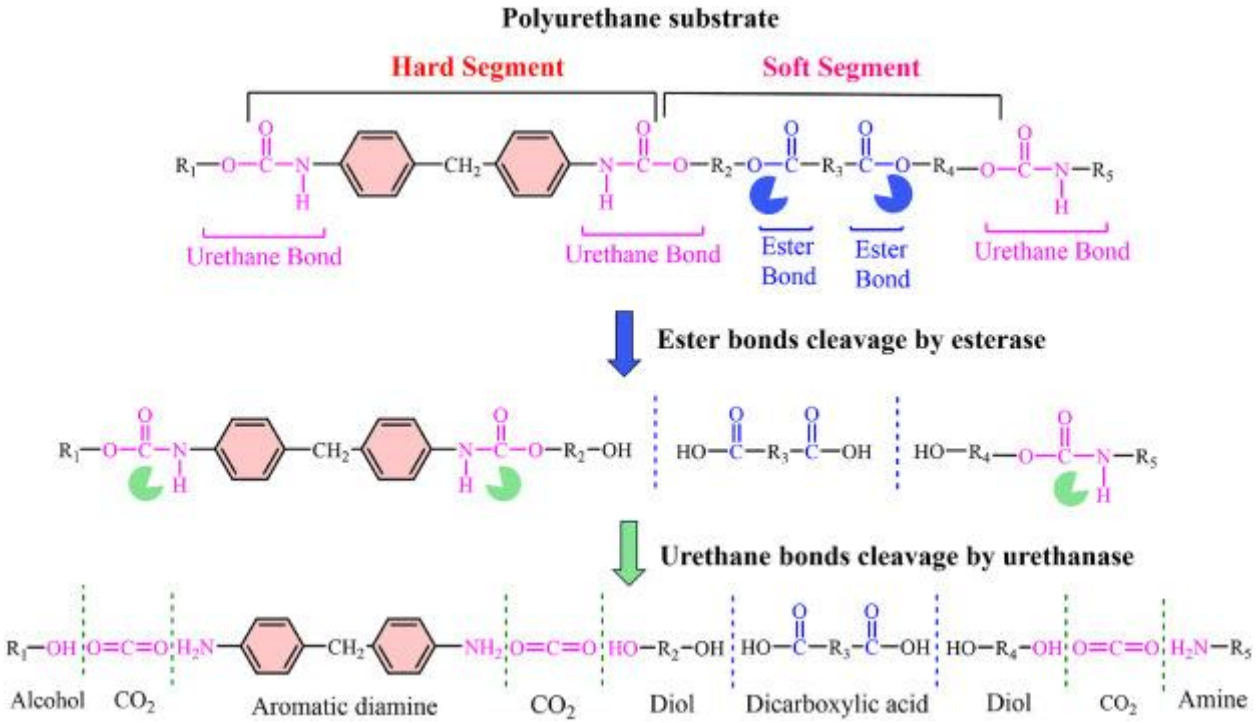


Рис. 5. Предполагаемый механизм действия эстеразы и уреаназы при ферментативной деградации поли(эфир-уретанового) субстрата. Эстераза расщепляет сложноэфирные связи в «мягком» сегменте, высвобождая дикарбоновую кислоту и диол. Уретаназа впоследствии расщепляет уретановые связи, образуя ароматический диамин, алифатический амин, спиртовые концевые группы и высвобождая CO_2 (Рачиньска и др., 2024).

Чтобы выяснить механизмы биоразложения, необходимо протестировать определенные ферменты на различных полиуретановых субстратах, чтобы определить их роль в процессе. Биффингер и др. (2015) исследовали разложение полиэфирполиуретановой коллоидной дисперсии Impranil®DLN с помощью трех коммерческих ферментов: липазы из *Pseudomonas* sp., рекомбинантной эстеразы из *Pseudomonas fluorescens* и Savinase®, сериновой протеазы из *Bacillus* sp. (Биффингер и др., 2015). Из трех ферментов самая высокая гидролитическая

активность была у липазы, в то время как эстераза показала ограниченную способность к гидролизу, а протеаза в основном вызывала агрегацию материала, не приводя к расщеплению уретановой (карбаматной) связи. В аналогичном исследовании Катнич и Гупта (2025) изучали разложение семи полиуретановых пленок, в том числе синтетических и биоразлагаемых полиуретанов, с помощью трех коммерческих ферментов: липазы, протеазы и пероксидазы, а также их комбинаций (Katnic & Gupta, 2025). ИК-Фурье-спектроскопия показала, что пероксидаза в первую очередь воздействует на уретановые связи, в то время как липаза в основном гидролизует сложноэфирные связи в полиэфирных сегментах. Комбинация липазы и пероксидазы наиболее эффективно воздействует на уретановые связи, что указывает на синергетический эффект. В некоторых полиуретановых пленках совместное действие всех трех ферментов приводит к более существенному разрушению полиуретанового материала, о чем свидетельствует значительное снижение интенсивности пиков ИК-Фурье-спектроскопии, хотя ферменты по-прежнему различаются по предпочтительной селективности в отношении связей. Недавно Синь и др. (2024) исследовали амидазу GatA250 и кутикулазу из компоста листьев и веток (Leaf-branch Compost Cutinase, LCC) на предмет деполимеризации термопластичной полиэфир-полиуретановой пленки и вторичного пенополиуретана (Синь и др., 2024). Амидаза GatA250 сама по себе гидролизовала уретановые связи и привела к потере 8,17 % массы пленки и 4,29 % массы пены, в то время как LCC воздействовала на сложноэфирные связи в мягком сегменте полиэфира. В сочетании амидаза и кутиназа повысили эффективность разрушения примерно до 42,20 % для полиуретановой пленки и 13,94 % для пенополиуретана. В отличие от использования ферментных коктейлей, Magnin et al. (2021) использовали один фермент, *Candida antarctica* липаза B (CALB) для разрушения четырех полиэфируретанов на основе поликапролактона, в том числе покрытия из термопластичного полиуретана (ТПУ) на основе поликапролактона и 4,4'-метилендиизоцианата (МДИ) и пенополиуретана, а также покрытия из ТПУ на основе поликапролактона и толуолдиизоцианата (ТДИ) и пенополиуретана (Magnin et al., 2021). CALB избирательно гидролизовала сложноэфирные связи в мягком сегменте поликапролактона, и полиуретаны на основе TDI гидролизовались легче, чем полиуретаны на основе MDI: после 24 часов инкубации их масса уменьшилась примерно на 25 %. Авторы предположили, что два ароматических кольца в структуре MDI могут ограничивать доступ фермента к сложноэфирным группам.

Поскольку разные варианты ферментов могут иметь разную субстратную специфичность и активность, иногда для тестирования большого количества вариантов ферментов, относящихся к одной категории, требуется высокопроизводительный метод скрининга. Magnin et al. (2019) протестировали 50 гидролаз, в том числе 47 эстераз и 3 амидазы, с использованием Impranil® и низкомолекулярного субстрата, содержащего одну уретановую связь (Magnin et al., 2019), и выбрали эстеразу E3576 и амидазу E4143 для дальнейшего тестирования на четырёх термопластичных полиуретанах (ТПУ). E3576 разрушил термопластичный полиуретан на основе поликапролактона (PCL), что привело к потере веса примерно на 33 % за 51 день. Хотя E4143 сам по себе не вызывал заметной потери веса, обнаруженное выделение 4,4’-малеиновой кислоты свидетельствовало о гидролизе уретановых связей. Комбинация эстеразы и амидазы усилила гидролиз уретановых связей, что указывает на синергетический эффект, возможно, из-за более высокой доступности амидазы к полимерным цепям, укороченным эстеразой. Однако никакой измеримой потери массы не наблюдалось для поли (эфир-уретана) или поли (сложноэфир-эфир-уретана), и только слабое разрушение поверхности наблюдалось для TPU на основе димеров жирных кислот.

3.3.2. Открытие новых уретаназ

С развитием различных биотехнологий и биоинформатики открываются новые уретаназы с высокой специфичностью к уретановой связи. Метагеномный анализ — особенно мощный инструмент для обнаружения новых биокатализаторов в образцах окружающей среды (Simon & Daniel, 2011). Например, Брэнсон и др. (2023) сообщили об обнаружении трех уретаназ, принадлежащих к семейству амидаз, — UMG-SP-1, UMG-SP-2 и UMG-SP-3 — в метагеномной библиотеке, созданной на основе образца почвы, длительное время подвергавшегося воздействию полиуретановых отходов (Branson et al., 2023). Полиэфирполиуретановую пену на основе TDI сначала подвергли гликолизированию с использованием диэтиленгликоля при температуре около 200 °C с катализатором в виде 2-этилгексаноата олова(II) для получения низкомолекулярных дикарбаматов, а затем подвергли ферментативному гидролизу для высвобождения ароматических диаминов. В своем последующем исследовании Брэнсон и др. (2025) использовали двухферментную систему, состоящую из наиболее эффективной уретаназы UMG-SP-2 и полиэфиргидролазы PES-H1 FY, для деполимеризации смешанных пластмасс, содержащих поли (этилентерефталат) (PET), поли (бутиленадипат-котерефталат) (PBAT), и TPU на основе полиэфира в последовательном процессе (Брэнсон и др., 2025). Сначала PES-H1 FY гидролизовал сложноэфирные связи при температуре 60 °C, а затем при температуре 30 °C был добавлен UMG-SP-2 для расщепления уретановых связей в термопластичном полиуретане. При использовании предварительной обработки методом растворения-осаждения с гексафтор-2-пропанолом (HFIP) двухферментная система обеспечила потерю массы полимерной смеси до 40,9 %. Недостатком этого процесса является относительно высокая стоимость и негативное воздействие HFIP на окружающую среду. В отдельном исследовании Байер и др. (2024) модифицировали UMG-SP-1, чтобы повысить его активность, и продемонстрировали, что он может гидролизовать модельный термопластичный полиэфир-полиуретан и нейлон-6, высвобождая соответствующие мономеры (Байер и др., 2024).

В качестве альтернативы Пастор и др. (2025) с помощью *in silico* подхода (анализа сходства последовательностей) определили три различные уретаназы, а именно TflABH, MthABH и OspAmd, и протестировали их на пяти промышленно значимых карбаматах на основе TDI и MDI с различными спиртовыми группами (Пастор и др., 2025). OspAmd продемонстрировала самую высокую активность в отношении субстратов на основе MDI и обеспечила конверсию MDA-MeOH до 50 % за 48 часов, что примерно в три раза выше, чем у эталонных уретаназ (UMG-SP-1 и UMG-SP-2). TflABH продемонстрировала самую высокую термостабильность, и TflABH, и MthABH стали первыми уретаназами из суперсемейства эстераз, которые, как сообщается, эффективно гидролизуют карбаматы, связанные с полиуретаном. В другом исследовании была разработана система на основе графовой нейронной сети для поиска уретаназ, совместимых с гликолизом, для хемоферментативной переработки пенополиуретана (Чен и др., 2025). С помощью этого подхода авторы обнаружили AbPURase — фермент, способный гидролизовать ароматические карбаматы, образующиеся после гликолиза в соответствующих условиях.

Кроме того, для разработки уретаназ и выяснения их каталитических механизмов, участвующих в деградации полиуретанов, используются другие вычислительные подходы. В недавних обзорах подчеркивается переход от поиска ферментов к селективной деполимеризации на основе механизма (Katnic et al., 2024; Raczyńska et al., 2024). Do Canto и др. (2019) использовали гомологическое моделирование, молекулярный докинг и молекулярно-динамическое (МД) моделирование для прогнозирования связывания с

субстратом и каталитических свойств полиуретановой липазы A (PulA), полиуретановых эстераз A (PueA) и полиуретановых эстераз B (PueB) (do Canto et al., 2019). Совсем недавно было проведено комбинированное вычислительное и экспериментальное исследование уретаназы UMG-SP-2 с использованием уретаноподобного модельного субстрата 4-нитрофенилбензилкарбамата (pNC) (Świderek et al., 2025). В этих исследованиях использовалась программа AlphaFold2 для создания трехмерной молекулярной модели белка, а также механистический анализ на основе квантовой механики и молекулярной механики (КМ/ММ) для уточнения поведения каталитической триады (Ser-Ser-Lys), зависимости катализа от щелочного pH и пути ацилирования-деацилирования (гидролиза)-декарбоксилирования при гидролизе уретановой связи. В ходе другого исследования кристаллическая структура UMG-SP-2 была изучена с помощью метода квантовой механики и молекулярной механики для определения каталитической триады (Ser-Ser-Lys) (Paiva et al., 2025). Был использован модельный субстрат — диуретановый этилен 4,4'-метилендианилин (DUE-MDA), который продемонстрировал, что деградация происходит за счет ацилирования и деацилирования, причем ацилирование является лимитирующей стадией. Исследователи изучили взаимосвязь между конформационной стабильностью и эффективной рабочей температурой фермента UMG-SP-3 с помощью молекулярно-динамического моделирования (Teixeira et al., 2025), а также определили особенности активного центра и петель, влияющие на улучшение гидролиза уретановых и амидных связей, с помощью структурного анализа (Rotilio et al., 2025). Кроме того, с помощью метода поиска ферментов на основе филогении, использующего UMG-SP-2 в качестве шаблона поиска, был обнаружен новый фермент — уретаназа-5 (Li et al., 2025). Этот новый фермент проявляет гидролитическую активность при деполимеризации полиуретана, и на основе анализа поведения связывания с помощью молекулярного докинга и молекулярной динамики можно предположить дальнейшие структурные модификации белка для повышения его активности.

Несмотря на обширные исследования в области ферментативной переработки полиуретана, ферментативная переработка спандекса остается практически неизученной. На сегодняшний день известно только об одном исследовании в этой области. Ансельми и др. (2025) исследовали ферментативную деградацию тканей, содержащих спандекс (Ансельми и др., 2025), с помощью трех уретаназ, выделенных из метагеномной библиотеки микробного сообщества в сливе ванной комнаты с помощью высокопроизводительного скрининга на основе активности. Коммерческие вискозно-спандексовые и хлопково-спандексовые ткани, не предназначенные для личного пользования, были подвергнуты стирке и бисерной шлифовке с использованием метанола. Ферменты целлюлазы использовались для расщепления целлюлозных компонентов вискозно-спандексовой смесовой ткани, что облегчало доступ уретаназ к спандексу и способствовало успешному образованию фрагментов, полученных из МДА. В аналогичном исследовании Бошмайер и др. (2025) использовали ферментативный гидролиз для удаления шерсти и химическую обработку диметилсульфоксидом для отделения спандекса, тем самым извлекая полиэстер из смесовых тканей, состоящих из шерсти, полиэстера и спандекса (Бошмайер и др., 2025). В таблице 2 перечислены ферменты, используемые для разрушения полиуретана, их источники и соответствующие полиуретановые субстраты.

Таблица 2. Ферментативная деградация полиуретановых субстратов.

Фермент	Источник фермента/происхождение	Полиуретановые субстраты
Папаин и уреаза	Коммерческие ферменты	Biomer®, синтетический сегментированный полиэфируретан
Экстраклеточная полиэфирэстераза	*Pseudomonas chlororaphis* (ATCC 55729)	Отходы пенополиуретана (автомобильные)
Эстераза, липаза и уретаназа	*Moraxella catarrhalis* штамм BMPPS3, выделенный из почвы, загрязненной пластиковыми отходами	Пленка из полиуретана
Липаза, эстераза, протеаза	Липаза (*Pseudomonas* sp.), рекомбинантная эстераза (*Pseudomonas fluorescens*) и протеаза Savinase (*Bacillus* sp.)	Импранил®
Эстераза, амидаза и их комбинация	Коммерческий фермент	Термопластичный полиуретан на основе PCL
Липаза, протеаза и пероксидаза и их комбинации	Коммерческий фермент	Синтетические и биополиуретановые пленки
Амидаза GatA250 и кутиназа LCC	Гетерологично экспрессируются в E. coli BL21 (DE3)	Пленка из термопластичного полиуретана (PU) и пенополиуретан для последующего использования
Липаза B Candida antarctica (CALB)	*Candida antarctica*	Четыре поли (сложноэфирно-уретановых) материала на основе PCL: покрытие TPU на основе PCL / MDI и пенополиуретан, а также покрытие TPU на основе PCL / TDI и пенополиуретан на основе PU
Уретаназы (UMG-SP-1, UMG-SP-2 и UMG-SP-3)	Метагеном (открытая полиуретаном почва)	Полиэфирполиуретановая пена
PES-H1 FY и UMG-SP-2	PES-H1 FY экспрессируется в *Trichoderma reesei*; UMG-SP-2 экспрессируется в *Escherichia coli*	Смешанные пластики, содержащие термопластичный полиуретан на основе полиэстера, ПЭТ и полибутилентерефталат

Фермент	Источник фермента/происхождение	Полиуретановые субстраты
UMG-SP-1	Модифицированный фермент на основе метагенома	Термопластичные полиэфирполиуретановые частицы и частицы нейлона 6
TflABH, MthABH и OspAmd	Идентифицированы с помощью метода *in silico* и экспрессируются в *Escherichia coli*	Карбаматы на основе TDI и MDI
АбПУРаза	Идентифицирована с помощью системы скрининга на основе нейронной сети graph (GRASE)	Ароматические N-арилкарбаматы из продуктов гликолиза пенополиуретана BASF
Уретаназа	Дренажный метагеном	Ткани из смесей вискозы и эластана и хлопок-эластан

4. Восстановленные материалы и их утилизация

4.1. Восстановление мономеров и олигомеров

Согласно существующей литературе, переработка спандекса в основном заключается в деполимеризации до мономеров или олигомеров, а не в восстановлении до полимеров или волокон или преобразовании в другие продукты. Например, Йохансен и др. (2023) использовали процесс сольволиза для обработки чистых волокон спандекса, смесовых тканей со спандексом и нейлоновых тканей с полиуретановым покрытием (Йохансен и др., 2023). Общее извлечение 4,4’-МДА и поли-ТФФ составляет 33,3 мг и 186 мг соответственно из 250 мг чистого спандекса, что соответствует 86% извлечения по массе. Общее извлечение по массе составляет 96% для черных нейлоновых колготок (нейлон-спандекс: 73/27), 91% для нейлоновых перчаток с полиуретановым покрытием и 98% для нейлоновой куртки с полиуретановым покрытием. Андини и др. (2024) продемонстрировали способ химической переработки смешанных текстильных отходов на основе гликолитического расщепления, при котором компонент спандекса разлагался до 4,4’-МДА в качестве основного продукта (Андини и др., 2024). В другом исследовании фермент амидаза E4143 разлагал термопластичный полиуретан на основе поликапролактона и высвобождал 4,4’-МДА (Магнин и др., 2019). Брэнсон и др. (2025) использовали двухферментную систему для деполимеризации смешанных пластиков, содержащих ПЭТ, полибутилентерефталат и термопластичный полиуретан на основе полиэстера (Branson et al., 2025). В ходе этого процесса PES-H1 FY гидролизовал сложноэфирные связи и высвободил терефталевую кислоту (ТФК), адипиновую кислоту (АК) и димер жирной кислоты (ДЖК), в то время как UMG-SP-2 расщепил уретановые связи в термопластичном полиуретане и высвободил 4,4'-МДА. В отдельном исследовании UMG-SP-1 использовался для расщепления термопластичного полиэфирполиуретана и нейлона-6 на 4,4'-МДА и 6-аминогексановую кислоту соответственно (Байер и др., 2024). Ансельми и др. (2025) использовали ферменты, гидролизующие уретаны, для расщепления тканей из хлопка и спандекса, а также вискозы и спандекса, в результате чего из спандекса образовывались продукты, производные МДА (Ансельми и др., 2025). Чен и др. (2025) сообщили об уникальной уретаназе AbPURase, которая превосходит ранее описанные

уретаназы, в том числе UMG-SP1, и обеспечивает до 98% конверсии полиуретановых карбаматов, полученных в результате гликолиза, в мономеры толуолдиамина (ТДА), демонстрируя свой потенциал для применения в промышленных масштабах (Чен и др., 2025).

Некоторые другие исследования в первую очередь были сосредоточены на селективном отделении частей волокон спандекса от смесей (Wu et al., 2024). Например, Ма и др. (2025) перерабатывали текстиль из полиэстера и спандекса в прозрачный сополимер поли (этилентерефталат)-трициклодекандиметанол, в то время как компонент спандекса был отделен только выборочно (Ма и др., 2025). Напротив, Сюй и др. (2023) селективно отделяли спандекс от смесовых тканей из полиэстера и спандекса и впоследствии деполимеризовали его до 2-имидазолидинона, молекул, содержащих дифенилметан, и олигомеров поли-ТФ (Сюй и др., 2023). Из 5 г выделенного спандекса было получено 65 % липких твердых веществ, богатых полиолами, 10 % 4,4'-МДА, 3 % 2-имидазолидинона и 14,2 % полиТФД-диолов, что в общей сложности составляет 92,2 % от исходной массы спандекса. Тем временем Янь и др. (2025) продемонстрировали подход к совместной переработке смесовых тканей из полиэстера и спандекса, при котором полиэстер превращался в соли терефталевой кислоты, а затем восстанавливался до терефталевой кислоты (Янь и др., 2025). Спандекс разлагался до поли(тетраметиленгликоля) (ПТМГ), выход которого составил примерно 88–90 %, и продуктов на основе ароматических карбаматов, в том числе 4,4'-МДА. В целом в большинстве исследований сообщалось об обнаружении и извлечении продуктов разложения спандекса, таких как ароматические диамины, полиольные фракции и другие соединения на основе карбаматов или дифенилметана, хотя степень извлечения варьировалась в зависимости от процесса и исходного сырья. Среди них Йохансен и др. (2023) сообщили об общем извлечении материала на уровне примерно 86–98 % (Йохансен и др., 2023), а Ян и др. (2025) сообщили об извлечении PTMG на уровне около 88–90 % (Ян и др., 2025).

4.2. Прямое повторное использование в синтезе полимеров

Pang et al. (2026) извлекали полиолы из отходов пенополиуретана и использовали их напрямую, замещая до 40 % массы, для производства вторичного пенополиуретана без очистки (Pang et al., 2026). Аналогичным образом Донадини и др. (2023) восстановили полиолоподобные жидкие продукты и повторно использовали их в качестве заменителя до 30 % по массе для получения новых жестких пенополиуретанов с сопоставимыми теплоизоляционными характеристиками и повышенной прочностью на сжатие (Донадини и др., 2023).

В отличие от многих методов переработки полиуретана, при которых в основном образуются полиолы, амины или смешанные продукты разложения, О'Ди и др. (2024) восстановили исходные изоцианатные мономеры в процессе переработки полиуретана и впоследствии использовали их для синтеза полиуретана второго поколения с молекулярной массой и термическими свойствами, сопоставимыми с характеристиками исходного материала (О'Ди и др., 2024). Аналогичным образом, Магнин и др. (2021) использовали фермент CALB для разложения четырех поли (сложноэфирных уретановых) материалов на основе PCL, включая покрытия TPU на основе TDI и MDI и пенополиуретаны PU (Магнин и др., 2021). Из пены на основе TDI извлекали 6-гидроксикапроновую кислоту (6-HCA) и короткую двухкислоту, несущую TDI, связанную уретановыми связями. Эти восстановленные химические вещества были смешаны с чистой 6-гидроксиантраценовой кислотой в соотношении 50:50 для синтеза полимера второго поколения с использованием как химических, так и ферментативных методов.

К основным продуктам переработки полиуретана и спандекса относятся 4,4’-метилендиоксиантрахинон и полиолы, востребованность которых на рынке зависит от чистоты, возможности повторного использования, стоимости и нормативных требований к безопасности. Особенно перспективны полиолы, полученные в результате переработки. Например, Солтысинский и др. (2018) сообщили, что полиолы, полученные из бывших в употреблении полиуретановых матрасов, примерно на 40% дешевле первичных полиолов, используемых для производства пенополиуретана (Солтысинский и др., 2018). Однако ароматические диамины, такие как 4,4'-МДА, требуют осторожного обращения. Поскольку МДА является канцерогеном, его присутствие в переработанных полиольных потоках в количествах, превышающих допустимые нормы, может привести к возникновению серьезных проблем с обращением, транспортировкой и маркировкой (Donadini et al., 2024). Хотя МДА можно химически преобразовать в МДИ и затем полимеризовать с полиолами для получения новых полиуретанов (Андини и др., 2024), успешная коммерциализация переработки полиуретана или спандекса требует как разработки готовых к выходу на рынок продуктов, так и строгого соблюдения правил техники безопасности.

4.3. Разделение и повторное использование материалов

Вместо полной деполимеризации некоторые исследователи сосредотачиваются на селективном разделении для повторного использования. Например, Ван и др. (2022) независимо друг от друга использовали смешанный хлопок и спандекс в соотношении 95/5 и три разные системы растворителей: водную серную кислоту (H_2SO_4), NaOH/мочевину и хлорид лития/диметиламиноэтанол (LiCl/DMAc) (Л. Ван и др., 2022). LiCl/DMAc эффективно растворяет и хлопок, и спандекс. Полученный раствор дегазировали центрифугированием, распределили по стеклянной пластине и, наконец, восстановили в ванне для коагуляции. Пленка, полученная с использованием системы растворителей LiCl/диметиламиноксид, продемонстрировала повышенную механическую прочность и гидроизоляционные свойства по сравнению с пленками, полученными с использованием систем растворителей H_2SO_4 и NaOH/мочевина. Однако использование LiCl/диметиламиноксида вызывает опасения в отношении токсичности растворителя и возможности его регенерации.

Гуастаферро и др. (2025) продемонстрировали растворение волокна спандекса в ДМСО и его последующее повышение ценности путем смешивания с переработанной поли (молочной кислотой) (PLA) (Гуастаферро и др., 2025). Восстановленный спандекс вводили в количестве 5-15 мас.% в переработанный PLA методом экструзии из расплава, что улучшало эластичность получаемого материала для литья под давлением при одновременном снижении его жесткости. В аналогичном исследовании Ся и др. (2025) селективно отделяли спандекс от хлопково-спандессовой ткани (93/7) путем растворения хлопка в ионной жидкости (AmimCl) (Ся и др., 2025). Анализ восстановленного спандекса с помощью ИК-Фурье-спектроскопии, термогравиметрического анализа (ТГА) и рентгеновской дифракции (XRD) показал, что функциональные группы и термическая стабильность восстановленного спандекса сопоставимы с характеристиками нового спандекса, хотя наблюдалось снижение кристалличности. Восстановленный спандекс был впоследствии растворен в диметилформамиде и преобразован в прозрачные полиуретановые пленки. Эти пленки продемонстрировали хорошую прозрачность, способность к самосклеиванию и эластичность, что открывает возможности для повторного использования и переработки спандекса после его отделения.

Помимо производства фильмов, в одном исследовании использованный текстиль из полиэстера и спандекса был переработан в супергидрофобные покрытия (Ko et al., 2024). Этот

процесс включал щелочную деполимеризацию полиэфирной части для получения динатриевой соли терефталевой кислоты (Na_2BDC), которая затем использовалась в качестве линкера для синтеза UiO-66 и изготовления покрытий на основе металлоорганических каркасных структур (МОКС). Компонент спандекса частично разложился, образовав фрагменты спандекса, которые были включены в состав покрытия и сыграли ключевую роль в достижении супергидрофобных свойств.

5. Проблемы переработки спандекса

Основная сложность при переработке текстильных материалов из спандекса заключается в том, что текстильные смеси, как правило, состоят из нескольких волокон с разным химическим составом (Wojnowska-Baryła et al., 2022). Помимо химической сложности, процесс осложняют несколько структурных и технических факторов.

5.1. Структурные и технические барьеры

Спандекс в основном используется в качестве основной нити, где нить спандекса заключена в оболочку из других волокон (Айдогду и Йылмаз, 2019); такая структура создает физический барьер, который может препятствовать проникновению растворителей, катализаторов или ферментов, предназначенных для разрушения спандекса. Проблема усугубляется наличием различных химических веществ, таких как красители, добавки и другие средства для обработки поверхности, что усложняет переработку и часто требует интенсивной предварительной обработки (Egan et al., 2023; Vera et al., 2023). Кроме того, текстиль, бывший в употреблении, имеет различную историю использования, связанную со сроком носки, частотой стирки и воздействием различных моющих средств и условий стирки (Dissanayake & Weerasinghe, 2021), что влияет на возможность его переработки.

5.2. Количественная оценка и характеристика

Точное определение процентного содержания спандекса в смесовых тканях часто представляет собой сложную задачу, поскольку этикетки на одежде могут отсутствовать, быть неточными или потеряться в процессе эксплуатации. Знание процентного содержания спандекса крайне важно для процессов переработки, поскольку выбор и дозировка химических веществ для удаления спандекса во многом зависят от его процентного содержания в ткани. Кроме того, на эффективность переработки может влиять толщина нити спандекса. Даже если в двух текстильных материалах содержится одинаковое процентное содержание спандекса, различия в толщине волокон могут привести к разным фактическим значениям, что повлияет на эффективность переработки.

Чтобы решить эту проблему, Бошмайер и др. (2023) разработали метод количественного определения спандекса в смесовых тканях на основе дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) (Бошмайер, Арходулаки, Швайгхофер, Лендл и Бартл, 2023). Метод количественного определения основан на специфическом для спандекса термическом переходе, что позволяет избирательно обнаруживать и определять количество различных типов спандекса (полиэфирного и полиэфирно-полиамидного). В другом исследовании был разработан гравиметрический метод с поправкой на термогравиметрию в сочетании с термогравиметрией и ИК-Фурье-спектроскопией для точного определения степени удаления спандекса (Phan et al., 2023).

6. Экологические и технико-экономические аспекты переработки спандекса

Оценка экологических и экономических показателей переработки текстильных материалов, содержащих спандекс, имеет решающее значение для определения их

практической экологичности. Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) — это стандартизированный методологический инструмент, используемый для количественной оценки воздействия на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла продукта, включая добычу сырья, производство, использование и утилизацию по окончании срока службы (Финнведен и Поттинг, 2014). Дополняя LCA, технико-экономический анализ (TEA) обеспечивает основу для оценки масштабируемости процесса, технической осуществимости и экономической жизнеспособности. Вместе LCA и TEA способствуют выявлению путей переработки, которые являются как экологически, так и экономически устойчивыми (Сарала и др., 2025). Однако всеобъемлющих исследований, оценивающих эти аспекты для текстиля, содержащего спандекс, по-прежнему недостаточно. Например, Абаньято и др. (2024) проанализировали 45 исследований жизненного цикла, посвященных переработке текстиля, но обнаружили, что только в двух из них рассматривался текстиль, содержащий спандекс, что указывает на критический пробел в существующей литературе (Абаньято и др., 2024).

Механическая переработка текстильных отходов, как правило, оказывает меньшее негативное воздействие на окружающую среду, чем химические методы, однако она ограничена невозможностью избирательного разделения смешанных волокон, красителей и отделочных материалов. Следовательно, качество текстиля, переработанного механическим способом, обычно ниже, чем у первичного сырья (Abagnato et al., 2024). Эти проблемы усугубляются при переработке текстиля, содержащего спандекс, поскольку эластомерная природа спандекса создает дополнительные трудности при механической обработке. Из-за этих ограничений химическая переработка стала более перспективным способом утилизации сложных текстильных отходов, содержащих спандекс.

Хотя химическая переработка более энергозатратна, чем механическая, она, как правило, позволяет получить материалы более высокого качества (Abagnato et al., 2024). Химическая переработка спандекса может осуществляться путем деполимеризации или растворения. Среди способов деполимеризации наиболее широко применяется гликолиз для переработки как спандекса, так и объемного полиуретана (Sarala et al., 2025). Этот метод был опробован в лабораторных, пилотных и первых промышленных масштабах. Например, компания Huntsman Corporation разработала пилотный процесс двухфазного гликолиза для переработки пенополиуретанов на основе МДИ (Delavarde et al., 2024). В то же время коммерческие инициативы, такие как Renuva, Circufoam, Recpur и различные технологии, разрабатываемые компанией BASF, активно продвигают переработку пенополиуретанов и матрасов от стадии лабораторных испытаний к пилотному, полупромышленному и промышленному внедрению (Velasco et al., 2026). Экологические исследования подтверждают потенциал гликолиза. Панг и др. (2026) сообщили в рамках LCA "от начала до конца", что полученные в результате гликолиза переработанные полиолы снижают потенциал глобального потепления (ПГП) на 40.28 % по сравнению с первичными полиолами, в то время как пенополиуретан, содержащий 40 % переработанных полиолов по массе, показал снижение ПГП на 10,35 % (Pang et al., 2026). Однако авторы отметили, что оценка была проведена на основе данных, полученных в лабораторных условиях, и необходимо подтверждение в промышленных масштабах. Существенным ограничением гликолиза является то, что извлекаются только полиольные компоненты, а исходный изоцианат не восстанавливается. Аминовый гидролиз также показал себя как перспективный метод деполимеризации текстиля, содержащего спандекс (Азеведо и др., 2025; Вильяр и др., 2024). Однако более масштабные исследования аминового гидролиза полиуретанов показывают, что эта технология остается на низком уровне технологической готовности (TRL) из-за побочных реакций, высокого расхода амина, повышенных затрат на обработку и образования

побочных продуктов в виде мочевины, которые могут ухудшить качество переработанного полиола (Веласко и др., 2026). Другие способы деполимеризации, в том числе гидролиз и аммонолиз, по большей части разрабатываются в лабораторных условиях или на небольших пилотных установках (Rossignolo et al., 2024).

При использовании метода химического растворения экологические и экономические показатели зависят не только от применения экологически чистых растворителей, но и от эффективности их извлечения, очистки и повторного использования, поскольку эти последующие процессы определяют общее энергопотребление и эксплуатационные расходы. Соответственно, Йохансен и др. (2023) отметили, что для оценки масштабируемости процесса, особенно с точки зрения энергопотребления (Йохансен и др., 2023), необходимы дополнительные эмпирические данные. Согласно исследованию жизненного цикла Phan et al. (2023), при селективном отделении спандекса от текстильных отходов, содержащих 10 % спандекса по массе, углеродный след может составлять всего 1,19 кг CO_2-экв./кг текстильных отходов при условии, что степень регенерации растворителя достигает 99,99 %, что соответствует снижению примерно на 2,45 кг CO_2-экв./кг текстильных отходов по сравнению с их сжиганием и заменой на первичные полимеры (Phan et al., 2023). На промышленном уровне компании RadiciGroup (Radici InNova), The LYCRA Company и Triumph продемонстрировали прототип процесса переработки смесовых тканей из нейлона и спандекса (84/16) в текстиль с замкнутым циклом (The Lycra Company, 2025). С помощью селективного растворения в нетоксичных и негорючих растворителях удалось успешно извлечь как нейлон, так и спандекс, что послужило эмпирической основой для масштабирования и последующей промышленной коммерциализации.

Ферментативная переработка часто считается более экологичной альтернативой традиционной химической переработке, поскольку она проводится в более мягких условиях и без использования агрессивных химикатов. Однако попытки создать устойчивые ферменты для расщепления полиуретана все еще находятся на ранней стадии, большинство исследований проводятся в лабораторных условиях и имеют низкий уровень технологической готовности (Velasco et al., 2026). Кроме того, в настоящее время не существует опубликованных исследований по оценке жизненного цикла и экологической эффективности ферментативной переработки текстиля, содержащего спандекс, или других полиуретановых материалов, что является серьезным пробелом в научной литературе. Химико-ферментативная переработка может стать более практичным способом утилизации сложных текстильных изделий, содержащих спандекс. При таком гибридном подходе этап предварительной обработки мягким химическим составом может способствовать удалению красителя и красящих веществ, при этом полимер расщепляется на промежуточные фрагменты, которые более доступны для ферментативного воздействия, что сокращает время реакции и затраты на ферменты. Тем не менее сохраняются проблемы, связанные с расходом химических веществ, токсичностью реагентов и восстановлением катализаторов. В ходе химико-ферментативного процесса с использованием гликолиза Чен и др. (2025) Анализ эксплуатационных расходов на основе технологического моделирования показал, что снижение загрузки фермента с 16 до 8 мг/г полиизоцианурата снижает эксплуатационные расходы примерно на 47 долларов за тонну при сохранении почти полной конверсии за 12 часов (Чен и др., 2025). Несмотря на то, что первоначальные капиталовложения, связанные с разработкой ферментов и специализированным производством, остаются высокими, ожидается, что эти затраты резко снизятся по мере роста промышленного спроса и развития крупномасштабной производственной инфраструктуры (de Lima et al., 2022; Tarafdar et al., 2021). В таблице 3 приведены основные различия между этими способами переработки, а

также сравнение их фундаментальных механизмов, условий эксплуатации, целевых конечных продуктов, экологических и технико-экономических аспектов.

Таблица 3. Сравнительный обзор механических, химических, ферментативных и хемоферментативных методов переработки текстиля, содержащего спандекс.

Способ	Механизм	Условия эксплуатации	Восстановленные продукты	Экологические проблемы	Технико-экономические показатели
Механическая переработка	Резка или измельчение текстиля, содержащего спандекс; только физическое уменьшение размера	Условия окружающей среды; не требуются химикаты	Восстановление низкокачественного волокнистого материала; отсутствие селективного разделения спандекса, сопутствующих волокон, красителей или отделочных материалов	Низкие энергозатраты и, как правило, меньшее воздействие на окружающую среду (Абаньято и др., 2024), но ограниченный потенциал замкнутого цикла	Простая, зарекомендовавшая себя и относительно недорогая технология, но эластичность спандекса ограничивает эффективность переработки; меньшая экономическая ценность восстановленного материала более низкого качества
Химическая переработка	Деполимеризация эластана или полиуретана	Гликолиз 190-220° C (Андини и др., 2024; Панг и др., 2026); гидролиз 200-400° C и 15-50 атм (Россиньоло и др., 2024); аминолиз 80-120° C (Россиньоло и др., 2024); аммонолиз 139° C, 140 атм (Ленц и Морманн, 1992)	Полиолы, диамины (например, 4,4'-MDA), олигомеры и другие предшественники PU	Более высокое потребление энергии и химических веществ по сравнению с механической переработкой; извлеченные ароматические диамины могут быть опасными; переработанные полиолы снижают потенциал глобального потепления по сравнению с производством первичного сырья (Pang et al., 2026)	Гликолиз является наиболее используемым лабораторным и опытным способом и демонстрирует потенциал для промышленного расширения (Россиньоло и др., 2024); другие способы остаются в основном в лабораторном или пилотном масштабе; экономическая целесообразность зависит от выхода и чистоты продукта, а также рыночной стоимости извлеченных продуктов
	Растворение спандекса	Требуются растворители, такие как ДМСО при	Растворенная или восстановленная часть спандекса	Токсичность растворителя, его регенерация и	Ограничено лабораторным/опытным масштабом; регенерация

Способ	Механизм	Условия эксплуатации	Восстановленные продукты	Экологические проблемы	Технико-экономические показатели
		температуре 120-140 ° C (Boschmeier et al., 2023; Гуастаферро и др., 2025); DMAc при 60 ° C (Ма и др., 2025); DMF при 25 ° C (Гонг и др., 2021)		энергозатраты — основные проблемы	растворителя, дистилляция и очистка повышают стоимость
	Деполимеризация или растворение сопутствующих волокон; спандекс остается нетронутым	Химические вещества деполимеризуют полиэстер или нейлон или растворяют целлюлозу в смесовых тканях; спандекс остается практически нетронутым (Wentz et al., 2025; Xia et al., 2025)	Селективное отделение спандекса	Потребление энергии может возрасти, поскольку за переработкой сопутствующих волокон следует дополнительная переработка или апсайклинг спандекса	Переработка как спандекса, так и сопутствующих волокон может повысить экономическую эффективность процесса
Ферментативная переработка	Отдельный фермент или ферментные смеси избирательно расщепляют определенные химические связи	Обычно температура и pH мягкие, но часто требуется длительное время реакции (Katnic et al., 2024)	Мономеры, олигомеры, продукты частичного разложения или потеря веса материалов	Низкая рабочая температура и меньшее использование агрессивных химикатов могут снизить воздействие на окружающую среду.	Ограничено лабораторными / опытными масштабами; высокая стоимость производства ферментов и медленный гидролиз ограничивают экономическую целесообразность
Химико-ферментативная переработка	Химическая предварительная обработка в сочетании с ферментативной деполимеризацией или деградацией (Chen et al., 2025)	От умеренных до высоких температур для предварительной обработки с последующим мягким ферментативным гидролизом	Высокочистые мономеры и олигомеры	Возможность меньшего использования химических веществ по сравнению с чисто химическими способами переработки	Ограничено лабораторными / опытными масштабами; экономическая целесообразность зависит от стоимости предварительной о

Как уже говорилось выше, исследований по оценке жизненного цикла и экологической эффективности, посвященных химической, ферментативной или хемоферментативной переработке текстиля, содержащего спандекс, по-прежнему мало. Следовательно, заявления об экологичности и цикличности в этой области по-прежнему носят в основном качественный характер и в настоящее время недостаточны для принятия взвешенных промышленных решений. Устранение этого разрыва — не просто академическая задача, а важнейшее условие для привлечения промышленных инвестиций, необходимых для воплощения лабораторных разработок в коммерчески жизнеспособные и экологически устойчивые решения по переработке текстильных отходов из спандекса.

7. Выводы и перспективы

Смесовые ткани со спандексом получили широкое распространение благодаря своей исключительной эластичности, комфорту и способности сохранять форму. Однако синтетическая природа спандекса и его широкое использование в одежде «быстрой моды» и «комфортного кроя» привели к значительному увеличению количества текстильных отходов, их накоплению на свалках и загрязнению окружающей среды микроволокнами (Ратинамурти и др., 2023). Такая ситуация требует эффективных стратегий переработки, которые позволят извлекать мономеры, регенерировать волокна или производить другие материалы с добавленной стоимостью.

Присущая спандексу эластичность затрудняет его традиционное механическое измельчение, поскольку волокна часто забивают оборудование, что ограничивает возможности механической переработки. Поэтому в последнее время все больше внимания уделяется химическим и ферментативным подходам. Химическая переработка показала свою эффективность как при деполимеризации, так и при селективном растворении. Продолжающиеся попытки найти менее опасные растворители — важный шаг на пути к более экологичной переработке. Хотя во многих исследованиях теоретически рассматривается вопрос регенерации растворителей, лишь в нескольких из них приводятся экспериментальные данные о реальной эффективности регенерации. В последнее время ферментативная переработка становится все более экологичным способом утилизации. Для разрушения полиуретана были изучены различные ферменты, в том числе эстеразы, липазы, амидазы, целлюлазы и уретеназы, как по отдельности, так и в комбинации. Однако большинство существующих исследований было посвящено в основном полиуретановой пене или модельным полиуретановым субстратам, а не реальному текстилю из спандекса.

В будущем для повышения эффективности переработки текстиля из спандекса потребуется уделять больше внимания реальному текстилю, в том числе химии окрашивания и отделки, структуре тканей, таких как тканые и трикотажные, структуре пряжи и процентному содержанию спандекса в смесовых тканях. Глубокое понимание механизмов, в том числе с помощью молекулярно-динамического моделирования, также важно для изучения взаимодействия ферментов с субстратами и потенциального ингибирующего действия красителей и добавок. В этом контексте хемоферментативная переработка может стать особенно перспективным подходом, поскольку она сочетает в себе эффективность химической предварительной обработки с последующим селективным ферментативным гидролизом. Кроме того, систематическая интеграция оценки жизненного цикла и анализа текстильных отходов в исследования по переработке текстиля, содержащего спандекс, необходима для определения экологически устойчивых и экономически целесообразных путей, а также для поддержки перехода от лабораторных демонстраций к коммерческому внедрению. В совокупности эти подходы могут помочь решить проблемы, связанные с

утилизацией текстиля, содержащего спандекс, и способствовать более рациональному использованию спандекса как ценного материала в экономике замкнутого цикла в текстильной отрасли.

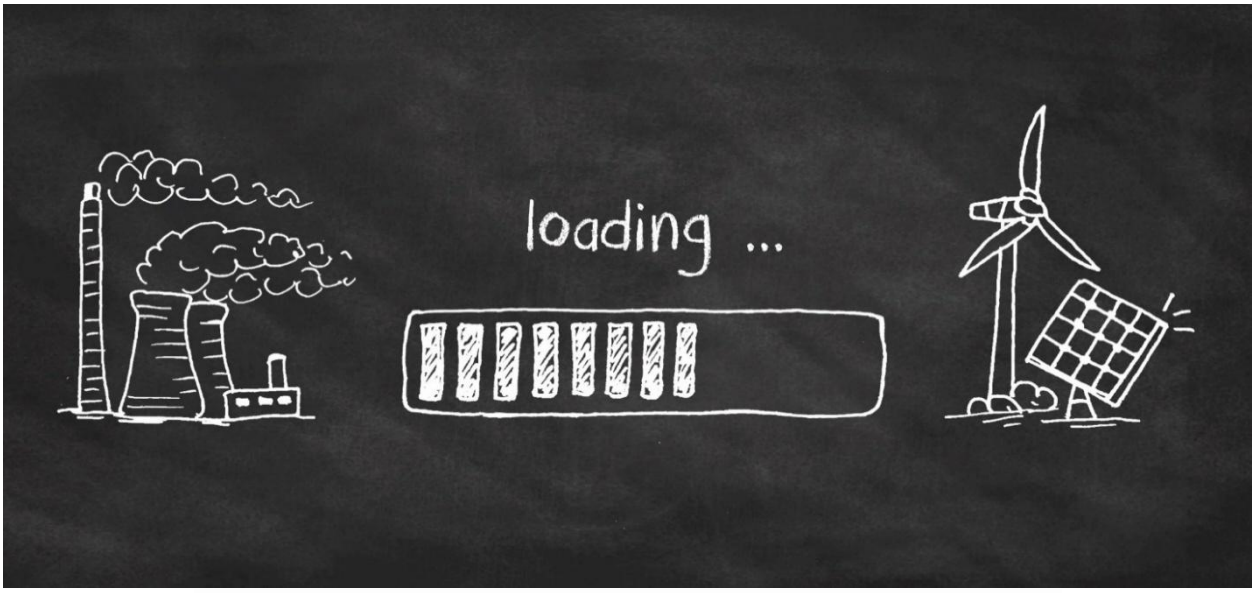
Источник: ScienceDirect



Наноматериалы, способствующие переходу к «зеленой» энергетике

Наноматериалы улучшают аккумуляторы, солнечные батареи и водородные технологии, упрощая перемещение заряда, ускоряя реакции и повышая эффективность улавливания света.

Следующий этап — проверка того, можно ли производить их в промышленных масштабах, насколько они стабильны в эксплуатации и вписываются ли в реальные энергетические системы, чтобы преобразовать экологически чистые технологии.



Изображение предоставлено: Anna K Mueller/Shutterstock.com

Устройства, работающие на чистой энергии, зависят от того, что происходит на поверхностях и границах раздела сред. Ионы движутся через электроды, электроны пересекают материалы, а каталитические реакции происходят на активных центрах. Поскольку эти процессы происходят на очень малых масштабах, конструкция на наноуровне может напрямую влиять на производительность.

Вот почему наноматериалы играют такую важную роль в энергетическом переходе. Их малый размер, большая площадь поверхности и настраиваемые электронные свойства могут улучшить способы хранения, преобразования и использования энергии в энергетических системах.

Появление наноматериалов в энергетических системах

Наноматериалы стали предметом исследований в области энергетики после того, как ученые доказали, что материалы ведут себя иначе на наноуровне. Исследования графена и коллоидных квантовых точек показали, что уменьшение размеров материала может изменить его проводимость, зонную структуру и оптические свойства.[1,2]

Эти открытия быстро нашли применение в энергетических технологиях. К началу 2000-х годов изучались наноструктурированные электроды для аккумуляторов, призванные улучшить транспорт ионов лития, а катализаторы на основе наночастиц использовались для улучшения реакций в топливных элементах и при использовании водорода.

Этот сдвиг был не только научным, но и практическим. Многие ключевые проблемы в этих энергетических системах уже существовали на границах раздела нанометрового масштаба. Как только исследователи научились более точно контролировать эти границы, они смогли напрямую улучшать характеристики систем.

Принципы, лежащие в основе повышения эффективности на наноуровне

Наноматериалы улучшают энергетические системы за счет трех основных механизмов.

Первый — это **площадь поверхности**. Чем больше площадь поверхности, тем больше активных центров для электрохимических и каталитических реакций. Например, нанолисты MoS_2 имеют грани, которые гораздо активнее участвуют в выделении водорода, чем объемный материал.[3]

Второй механизм — это **более короткие пути переноса**. В аккумуляторах наноразмерные структуры сокращают расстояние, которое должны преодолеть ионы и электроны. Это может способствовать более быстрой зарядке и повышению эффективности работы.

Третий способ — **электронная настройка**. Квантовые точки имеют зависящие от размера запрещённые зоны, а значит, их светопоглощение можно регулировать для применения в солнечной энергетике.[2] Графен и углеродные нанотрубки также обладают высокой подвижностью носителей заряда, что может улучшить проводимость в композитных электродах.[1]

Все эти эффекты в совокупности снижают резистивные потери, улучшают каталитический оборот и повышают эффективность преобразования фотонов в электроны.

Современные приложения в сфере экологически чистых энергетических технологий



Изображение: fokke baarssen/Shutterstock.com

Наноматериалы уже используются или вот-вот начнут использоваться в ряде технологий экологически чистой энергетики.

Наноматериалы в аккумуляторах

В литий-ионных аккумуляторах кремний в виде наночастиц добавляют в аноды, чтобы увеличить плотность энергии по сравнению с графитом. Кремний может хранить гораздо больше лития, что делает его привлекательным для аккумуляторов большей емкости.[4]

Графен также используется в качестве проводящей добавки в некоторых электродных системах. Его роль обычно носит практический характер: он улучшает проводимость, способствует переносу заряда и помогает поддерживать стабильность циклов.

Проблема заключается в долговечности. Кремний сильно расширяется во время циклов зарядки и разрядки, что со временем может привести к растрескиванию, повреждению структуры и потере емкости.[4]

Наноматериалы в солнечных батареях

Наноструктурирование играет важную роль в солнечной энергетике, особенно в перовскитных фотоэлектрических элементах. Контроль над границами зерен и межфазными поверхностями на наноуровне помог повысить заявленную эффективность до более чем 25 %.[5]

Солнечные элементы на основе квантовых точек менее изучены, но они по-прежнему важны, поскольку их свойства легче поддаются настройке, чем свойства обычных объемных материалов. Это делает их привлекательными для гибких и специализированных фотоэлектрических систем.[2]

Наноматериалы в водородных и топливных элементах

Водородные системы во многом зависят от нанокатализаторов. Наночастицы платины по-прежнему широко используются в топливных элементах с протонообменной мембраной, поскольку они по-прежнему высокоэффективны для восстановления кислорода.

В то же время исследователи работают над снижением зависимости от платины, разрабатывая более дешёвые альтернативы, в том числе MoS_2 и нанокатализаторы на основе никеля.[3] В электролизерах наноструктурированные катализаторы также могут повысить эффективность за счёт снижения перенапряжения и увеличения скорости реакции.

Наноматериалы в суперконденсаторах

В суперконденсаторах используются наноструктурированные углеродные материалы, в том числе активированный графен, для обеспечения высокой удельной мощности и длительного срока службы. Эти материалы уже используются в коммерческих системах, где быстрая зарядка и разрядка важнее максимального накопления энергии.[6]

Ограничения в масштабировании и внедрении

Основные препятствия выявить несложно. Проблема в том, что их трудно устранить одновременно.

Во-первых, это производство. Наноматериалы часто требуют строгого контроля размера, морфологии и структуры поверхности. Добиться такого уровня однородности в промышленных масштабах по-прежнему сложно и дорого. Даже небольшие отклонения могут привести к заметным изменениям в характеристиках, особенно в аккумуляторах, катализаторах и солнечных батареях.[7]

Вторая проблема — стабильность. Материалы, которые хорошо проявляют себя на наноуровне, не всегда остаются стабильными в реальных условиях эксплуатации. Кремниевые аноды могут растрескиваться при циклическом использовании. Нанокатализаторы могут агломерироваться, дезактивироваться или терять эффективность с течением времени.[4]

Третья проблема — доступность материалов и безопасность. Металлы платиновой группы остаются дорогими и дефицитными. Кроме того, сохраняются опасения по поводу влияния производства, использования и утилизации наночастиц в больших масштабах на окружающую среду и здоровье человека.[8]

Другими словами, задача уже не в том, чтобы доказать, что наноматериалы могут повысить производительность. Задача в том, чтобы сделать эти улучшения надежными, доступными и долговечными для масштабного внедрения.

Перспективные направления и практические решения

Для преодоления этих ограничений необходимы инновации как в области материалов, так и в области технологических процессов. Одним из приоритетных направлений является замена дефицитных материалов более распространенными на Земле альтернативами. В качестве замены платины в топливных элементах и электролизерах разрабатываются дихалькогениды переходных металлов и железо-азотно-углеродные (Fe-N-C) катализаторы. [3]

Также развиваются масштабируемые методы производства. Синтез в растворе и поточная обработка позволяют более экономично производить наноструктурированные электроды и пленки.[7] В аккумуляторах композитные конструкции, например кремний, встроенный в углеродную матрицу, снижают механическую деградацию, сохраняя при этом высокую емкость. [4]

Еще одно ключевое направление — интеграция наноматериалов в существующие производственные процессы, а не полная переработка систем. Постепенные улучшения, такие как добавление графена в электроды или наноструктурированных покрытий в катализаторы, с большей вероятностью будут внедрены в промышленность в ближайшем будущем.

Параллельно с этим более широкое использование методов *in situ* определения характеристик и поиска материалов с помощью машинного обучения ускоряет оптимизацию наноструктур для обеспечения их стабильности и эффективности в реальных условиях эксплуатации, повышая вероятность их применения за пределами лабораторных демонстраций.

Более значимая роль наноматериалов в энергетическом переходе

Наноматериалы уже улучшают технологии экологически чистой энергетики, повышая эффективность переноса заряда, каталитическую активность и поглощение света. Их влияние наиболее заметно в аккумуляторах, солнечных батареях и водородных системах, где наноуровневое управление напрямую устраняет проблемы с производительностью.

Однако масштабируемость, стабильность и материальные ограничения остаются сдерживающими факторами. Наиболее перспективным направлением является разработка материалов, сочетающих в себе преимущества наномасштаба с технологичностью и доступностью ресурсов. По мере совершенствования масштабируемого синтеза и снижения зависимости от критически важных материалов наноматериалы, вероятно, превратятся из

средств повышения эффективности в стандартные компоненты энергетической инфраструктуры.

Литература

1. Novoselov KS, Fal'ko VI, Colombo L, Gellert PR, Schwab MG, Kim K. A roadmap for graphene. *Nature*. 2012;490(7419):192-200. DOI:10.1038/nature11458, https://www.nature.com/articles/nature11458
2. Sargent EH. Colloidal quantum dot solar cells. *Nat Photonics*. 2012;6(3):133-135. DOI:10.1038/nphoton.2012.33, https://www.nature.com/articles/nphoton.2012.33
3. Voiry D, Fullon R, Yang J, et al. The role of electronic coupling between substrate and 2D MoS2 nanosheets in electrocatalytic production of hydrogen. *Nat Mater*. 2016;15(9):1003-1009. DOI:10.1038/nmat4660, https://www.nature.com/articles/nmat4660
4. Obrovac MN, Chevrier VL. Alloy Negative Electrodes for Li-Ion Batteries. *Chem Rev*. 2014;114(23):11444-11502. DOI:10.1021/cr500207g, https://pubs.acs.org/doi/10.1021/cr500207g
5. *Best Research-Cell Efficiency Chart*. National Laboratory of the Rockies; 2026. https://www.nlr.gov/pv/cell-efficiency
6. Simon P, Gogotsi Y. Materials for electrochemical capacitors. *Nat Mater*. 2008;7(11):845-854. DOI:10.1038/nmat2297, https://www.nature.com/articles/nmat2297
7. Chhowalla M, Shin HS, Eda G, Li LJ, Loh KP, Zhang H. The chemistry of two-dimensional layered transition metal dichalcogenide nanosheets. *Nat Chem*. 2013;5(4):263-275. DOI:10.1038/nchem.1589, https://www.nature.com/articles/nchem.1589
8. Fadeel B, Bussy C, Merino S, et al. Safety Assessment of Graphene-Based Materials: Focus on Human Health and the Environment. *ACS Nano*. 2018;12(11):10582-10620. DOI:10.1021/acsnano.8b04758, https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.8b04758

Источник: AZONANO

История





Мария Склодовская-Кюри

Со времени смерти Марии Кюри минуло 90 лет. Но до сих пор по данным опросов она в подавляющем большинстве случаев признается самой влиятельной женщиной в истории науки. Мария Кюри – пример интеллектуальной смелости, верности своему призванию, честности, жертвенности и любви. Все вместе эти качества позволили ей совершить в науке настоящий прорыв.

Мария Склодовская-Кюри: краткая биография

Родившись в Польше, Мария Склодовская спустя несколько лет после окончания гимназии уехала в Париж, где поступила в Сорбонну на естественнонаучный факультет. Начав еще в молодые годы заниматься наукой, в конце 90-х годов XIX века она совершила настоящий прорыв в физике и химии. Изучая природу радиоактивности, обнаруженной тогда Антуаном Анри Беккерелем, Пьером Кюри и ею, она ввела в науку данный термин и открыла два радиоактивных элемента – полоний, названный так в честь родины Марии, Польши, и радий.

Вместе со своим мужем и соратником Пьером Кюри Мария была удостоена Нобелевской премии по физике, а уже после его кончины – по химии. Она много занималась вопросами применения радия в лечебных целях, поэтому считается основоположником медицинской физики.

Много лет Мария Кюри отдала преподаванию: прежде всего, возглавляла кафедру физики в Сорбонне и читала свой специально разработанный курс по радиоактивности. В годы Первой мировой войны занималась активным внедрением методов радиологии в военно-полевую хирургию.

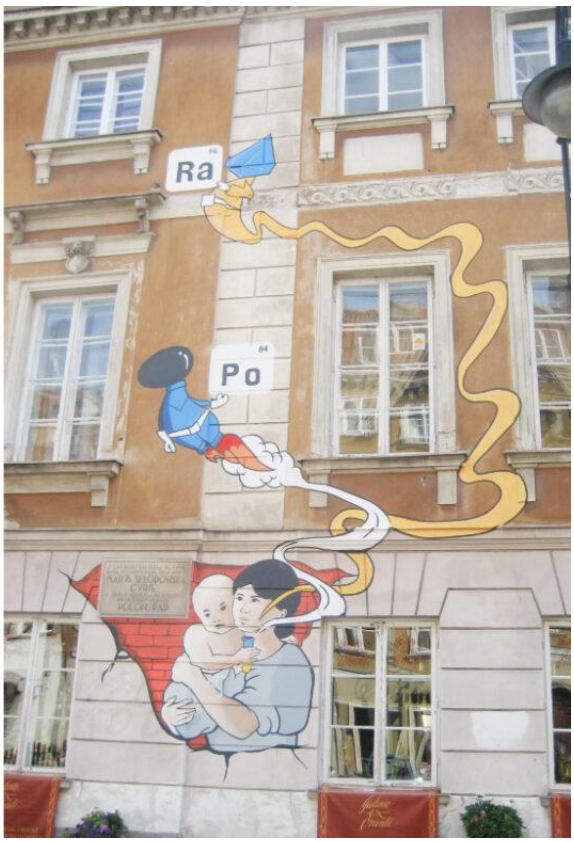
Детство Марии Склодовской-Кюри

Мария Саломея Склодовская появилась на свет 7 ноября 1867 года в Варшаве, тогда находившейся в границах Российской империи. Она была младшим ребенком в своей семье, принадлежавшей к старинному шляхетскому роду. Отец Марии Владислав Склодовский преподавал математику и физику и был помощником инспектора в мужской гимназии, ее мать Бронислава Богуская управляла частным пансионом для юных особ из известных городских семейств.

Мария вспоминала, что мать относилась к ней с нежностью, но никогда не обнимала и не целовала, боясь заразить девочку туберкулезом, которым заболела вскоре после ее рождения.

После того как Склодовский, сторонник независимости Польши, был уволен со своего поста, семье пришлось сдавать часть жилья постояльцам. Когда Мане, как называли Марию дома, исполнилось десять лет, не стало матери. Пан Склодовский остался с четырьмя детьми.

В отцовском кабинете за большим письменным столом дети делали уроки в окружении книг и физических приборов, с которыми отец даже позволял играть.

Владислав Склодовский с дочерьми (слева направо): Мария, Бронислава, Хелена, 1890 год; Дом, где родилась Мария Кюри. Изображение: Wikimedia Commons; Nihil novi, CC BY 3.0, via Wikimedia Commons

Образование и начало научной карьеры

В гимназии Мария училась на отлично, но в Варшавский университет поступить она не могла: женщин туда не принимали. И тогда Мария со старшей сестрой Брониславой договорились, что, пока Броня будет учиться за границей, Маня станет зарабатывать и часть денег отдавать ей, а потом – наоборот.

Так у юной Склодовской началась жизнь гувернантки в богатых семействах, которая продолжалась четыре года. Все это время Мария не переставала заниматься физикой и математикой. Когда отец устроился наконец на новую должность – директором в приют для малолетних преступников – он сам начал помогать старшей дочери. А вскоре Броня во Франции вышла замуж и пригласила сестру поселиться у нее.

Выбрав для поступления факультет естественных наук в Сорбонне, Мария сменила имя на более привычное французам «Мари». Желая посвящать как можно больше времени учебе, сняла мансардную комнату в доме рядом с университетом в Латинском квартале Парижа. Она давала частные уроки и экономила на всем, терпя недоедание и холод. После того как на занятиях Маня упала в обморок, сестра с мужем забрали ее жить обратно к себе.

Мария получила два диплома, по физике и математике, и спустя некоторое время принялась работать над кандидатской диссертацией.



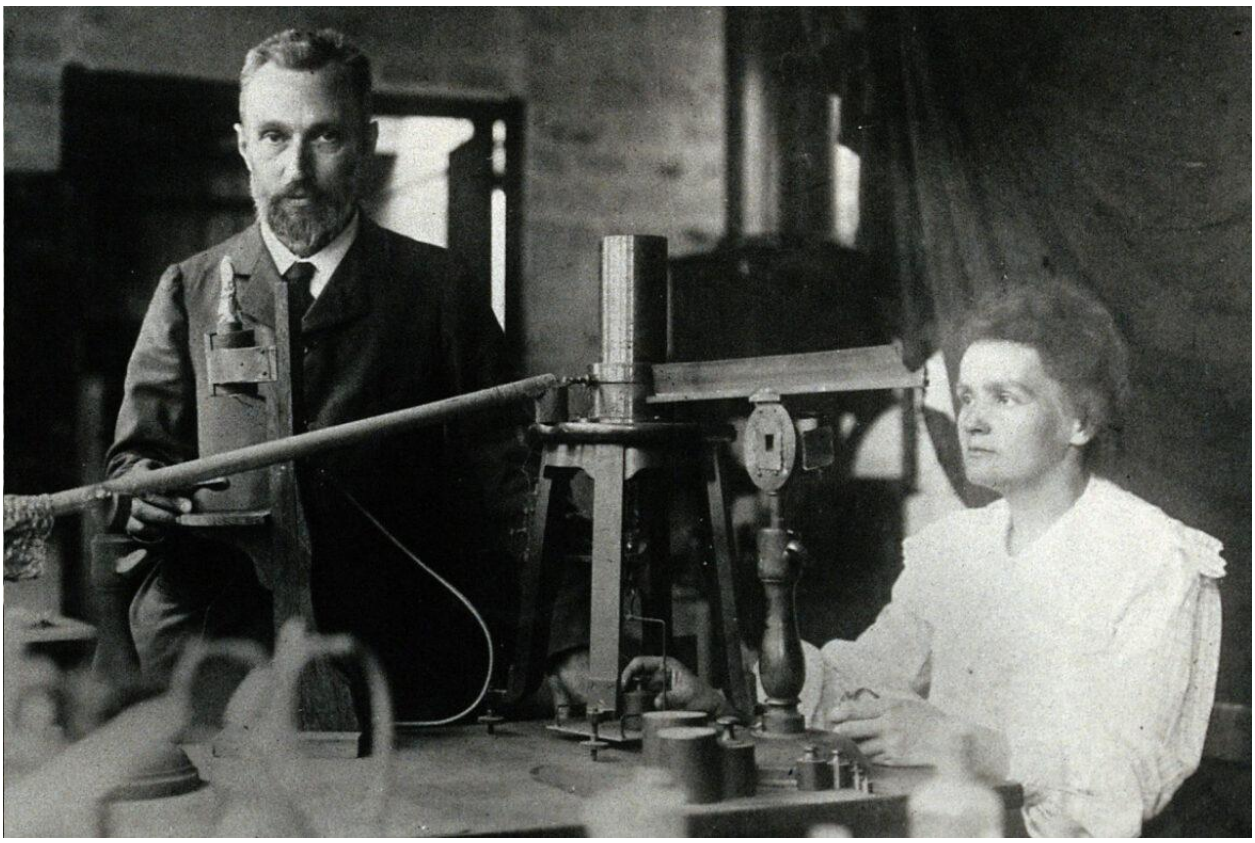
Университет Сорбонна, 1886 год. Изображение: Musée Carnavalet/CC0 1.0 Universal

Встреча с Пьером Кюри: союз в науке и в жизни

Окончив университет, Мария собиралась вернуться на родину. Но тут вмешалась судьба: Общество поощрения национальной промышленности сделало ей заказ на исследование магнитных свойств различных марок стали, а лаборатория оказалась слишком маленькой для требуемого оборудования. Марии посоветовали обратиться к некоему Пьеру Кюри, руководившему лабораторией в Школе промышленной физики и химии: может быть, у него найдется местечко для ее исследований, и оно нашлось.

Пьер был талантливым ученым, занимавшимся физикой кристаллов и сформулировавшим одну из основ современной физики - принцип Кюри, или универсальный принцип симметрии, распространяющийся не только на кристаллы и вещественные объекты, но на все физические явления. Его имя также носит «точка Кюри», обозначающая температуру, при которой ферромагнитный материал переходит в парамагнитное состояние. Всецело преданный науке, он в свои тридцать пять лет оставался холостяком. Пока не встретил Марию… Однако на сделанное им предложение Мария ответила отказом – она хотела уехать на родину. В ответ Пьер заверил, что, если нужно, он переедет в Польшу вместе с ней. В июле 1895 года они поженились в пригороде Парижа, в мэрии: ни церковного венчания, ни колец у молодоженов не было. А сразу после бракосочетания они сели на велосипеды… и умчались в свадебное путешествие.

В 1897 году у супругов родилась дочь Ирен, позже также ставшая нобелевской лауреаткой по химии и тоже в паре с мужем, Фредериком Жолио-Кюри.



Мария и Пьер Кюри в своей лаборатории, 1904 год. Изображение: Wikimedia Common

Младшая дочь Марии и Пьера Ева, появилась на свет в 1904 году. Она стала известной пианисткой, музыкальным и театральным критиком, драматургом и написала книгу о матери. С воспитанием дочерей супругам Кюри много помогал отец Пьера, переехавший к ним жить.



Мария, Пьер и Ирен Кюри, 1902 год. Изображение: Wikimedia Commons

Но счастливая совместная жизнь этой удивительной пары закончилась в апреле 1906 года: поскользнувшись при переходе улицы, Пьер был насмерть сбит конным экипажем. В те дни Мария записала в дневнике: «Пьер спит в земле последним сном, это конец всему, всему, всему…». Но как показала жизнь, она ошиблась: впереди были и новая работа, и новые открытия, и новая любовь.

Научные достижения и открытия Марии Кюри

Мария Кюри и ее супруг внесли большой вклад в изучение радиоактивности. Именно Мария предложила ввести термины «радиоактивность» и «радиоактивный элемент», она же обнаружила соответствующее излучение у химического элемента тория и открыла два радиоактивных элемента – полоний и радий.

Открытие радиоактивности

В конце 1897 года Мария задумалась о теме для своей докторской диссертации. Ее заинтересовало открытие, сделанное французским физиком Антуаном Анри Беккерелем. После обнаружения Вильгельмом Конрадом Рентгеном Х-лучей Беккерель решил проверить, не обладают ли такими же свойствами лучи, исходящие от флуоресцирующих тел под воздействием света.

В ходе опытов он обнаружил, что вещество, содержащее уран, самопроизвольно, без предварительного воздействия света, засвечивает обернутую в черную бумагу фотопластинку, то есть испускает лучи неизвестного происхождения. Однако Беккерель не стал продолжать свои исследования, не изучалось новое явление и ни в одной другой из европейских лабораторий. Так что Мария Кюри могла считать тему «своей». В итоге она занялась измерением ионизирующего действия лучей урана, то есть их способностью превращать воздух в проводник электричества. В работе она использовала изобретенный Пьером прибор, называющийся «электрометр Кюри». В итоге было установлено, что лучи испускаются атомами урана, а не возникают в результате химической реакции. То есть уран всегда дает стабильное излучение, которое является атомным свойством и результатом строения его атома.

Но, возможно, и другие элементы могли иметь такое же излучение? Мария принялась искать их.

Открытие радия

После открытия таинственного излучения у урана и тория Мария Кюри взялась за исследование других минералов и столкнулась с еще более мощным излучением. Его испускали настуран (уранинит, урановая смолка) и хальколит, которые воздействовали на электропроводность воздуха в 2,5 раза сильнее, чем находившийся в них уран. Необходимо было определить загадочный излучатель, и Мария стала удалять из настурана присутствовавшие в нем известные химические элементы, чтобы добраться до источника повышенной радиации. Но оказалось, что источника два.

Сначала проявил себя тот, что находился во фракции, содержавшей соли висмута. 18 июля 1898 года на заседании Французской академии наук Беккерель от имени супругов Кюри, которые не были членами Академии, сделал доклад об открытии нового химического элемента. По желанию Марии элементу дали имя в честь ее родины «полоний».



Экспозиция в музее Марии Склодовской-Кюри в Варшав; электрометр Кюри. Изображение: Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie; Wellcome Collection

Спустя несколько месяцев обнаружилось второе вещество, присутствовавшее во фракции с солями бария. Его излучение было в два миллиона раз активнее, чем у урана. «Сиятельного» господина назвали «радием» – от латинского слова «radius», что значит «луч». О его существовании супруги Кюри отправили сообщение в Академию наук 19 декабря 1898 года. В 1899 году Мария описала явление, открытое Беккерелем и исследованное Пьером и ею, в статье «Лучи Беккереля и полоний», где и назвала новое явление «радиоактивностью», а уран и торий – «радиоактивными элементами». Оставалось получить оба вещества, полоний и радий, в чистом виде. И супруги Кюри взялись за решение новой задачи.

Получение чистого радия

Прежде всего необходимо было найти достаточно сырья. Настуран можно было привезти из Богемии. Там добывали этот минерал и использовали его соли в производстве стеклянной посуды. Но чтобы собрать сколько-нибудь значимое количество радия, требовались тонны дорогого сырья, денег на покупку которого у Пьера и Мари не было. К счастью, австрийское правительство бесплатно уступило отходы той самой урановой добычи.

На несколько лет вторым домом для Марии и Пьера стала лаборатория – заброшенное складское помещение, попросту деревянный сарай с большими застекленными окнами, который им предоставила Школа промышленной физики и химии, где работал Пьер.

Супруги нигде не бывали, ели между делом. Пьера мучили непонятные боли в руках и ногах, которые врачи считали то ревматизмом, то неврастенией. Мария страдала анемией и все худела. Пальцы их рук загрубели и болели, с них слезала кожа. Но позже Мария вспоминала: «…в этом дрянном, старом сарае протекли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвященные работе».



Лаборатория супругов Кюри, 1900 год. Изображение: Wellcome Collection

Поначалу на переработке сырья трудились оба. Но потом решили, что Пьер будет уточнять свойства радия, изучать новый металл. А Мария продолжит получение чистых солей радия. За день через ее руки проходило до 20 кг первичного сырья, который она растворяла в котлах, кипевших во дворе. После чего занялась очисткой и дробной кристаллизацией радиоактивных растворов.

Наконец в 1902 году в результате четырех лет работы у супругов набралось 0,1 г хлорида радия, и Мария установила атомную массу элемента: 225. В июне 1903 года она защитила в Сорбонне докторскую диссертацию «Исследования радиоактивных веществ», где представила результаты проведенной ею и Пьером сложнейшей работы. Тогда же Пьер продемонстрировал собравшимся колбу с ярко светящимся раствором радия.

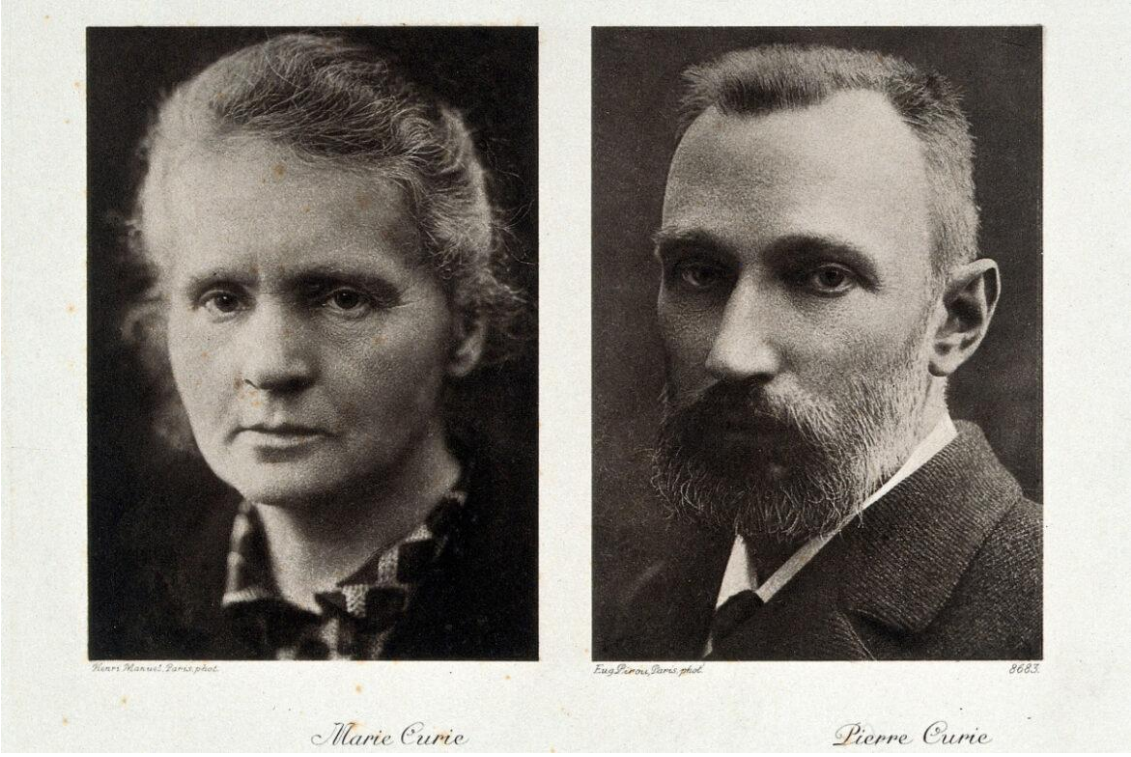
Новый элемент поражал воображение. Он превращал воздух в проводник электричества и на расстоянии разряжал электроскоп, проходил сквозь светонепроницаемые материалы и действовал на обернутые в черную бумагу фотопластинки, самопроизвольно выделял тепло, количество которого, испускаемое в течение часа, способно было растопить кусочек льда такого же веса. Ученые и врачи большое значение придавали использованию радия в медицине.

Пьер и Мария решили положить начало промышленному производству радия. Из восьми тонн настурана они добыли первый на свете грамм радия разработанным ими способом. К супругам Кюри стали обращаться предприниматели с просьбой поделиться технологией получения радия. Изобретатели могли запатентовать методику и оформить свои права на технологию промышленного производства радия, тем более что им требовались деньги на жизнь, продолжение исследований и обустройство новой лаборатории. Но…

«По соглашению со мной, – писала годы спустя Мария, – Пьер отказался извлечь материальную выгоду из нашего открытия; мы не взяли никакого патента и, ничего не скрывая, обнародовали результаты наших исследований, а также способы извлечения чистого радия. Более того, всем заинтересованным лицам мы давали требуемые разъяснения…».



Макет лаборатории супругов Кюри в музее Марии Склодовской-Кюри в Варшаве. Изображение: Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie



Мария и Пьер Кюри. Изображение: Wellcome Collection

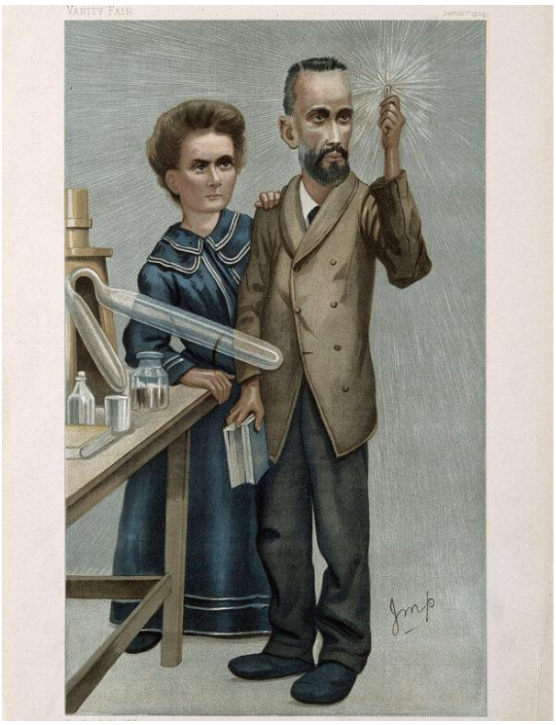
Воздействие радиации на живые ткани, исследования и последствия

О воздействии радиоактивных элементов на организм человека тогда знали мало, и исследователи вольно или невольно ставили опыты на себе. Однажды первооткрыватель радиоактивности Антуан Анри Беккерель для своей публичной лекции попросил у супругов Кюри пробирку с радием и положил ее в карман жилета. А на следующий день обнаружил на теле в том месте, где находился жилетный карман, покраснение в форме пробирки. Сам Пьер Кюри, тоже взяв пробирку с веществом, привязал ее к предплечью и носил десять часов, позже описав в заметке для Академии наук, опубликованной в июне 1901 года, возникшие после эксперимента симптомы: покраснение кожи, становившееся все интенсивнее, образование струпьев, появление раны, а, спустя полтора месяца «глубокое омертвение тканей». В той же заметке Пьер рассказал и о том, как Мария, «перенося в запаянной стеклянной трубочке несколько сантиграммов очень активного вещества, получила ожоги такого же характера, хотя маленькая пробирка находилась в тонком металлическом футляре».

Влияние открытия радия на медицину и технологии

Открытие радиоактивности и радия дало мощный импульс развитию науки. В 1903 году английские ученые Уильям Рамзай и Фредерик Содди доказали, что радий постоянно выделяет гелий в небольшом количестве, что явилось первым примером ядерного превращения. Вскоре гипотезу, высказанную Марией Кюри, развили в своей «Теории радиоактивных превращений» английский физик Эрнест Резерфорд и все тот же Содди. Они утверждали, что радиоактивные элементы находятся в состоянии самопроизвольного распада. С открытием и изучением радиоактивности представление о неделимом и неизменном атоме ушло в прошлое.

Вдохновленные примером супругов Кюри, ученые в разных странах начали искать новые радиоактивные элементы и обнаружили мезоторий, радиоторий, ионий, протактиний, радиосвинец.





Карикатура на Марию и Пьера Кюри, 1904 год; стеклянный стакан Кюри, в котором был выделен первый хлорид радия. Изображения: Wellcome Collection

Вместе с учеными-медиками Пьер Кюри изучал возможности применения радия в медицине. Было выяснено, что радий способен разрушать больные клетки и тем самым излечивать некоторые формы рака. Данный метод назвали «кюритерапией», которую потом переименовали в «радиотерапию». В 1920 году Мария Кюри вместе с врачом и биологом, ставшим пионером в радиотерапии, Клодом Рего, основала Фонд Кюри, финансировавший медицинские исследования в Институте радия, где они работали. Со временем от применения в онкологии дорогостоящего радия отказались, заменив его более дешевым веществом, но принцип лечения остался.

Исследования супругами Кюри радиоактивности способствовали развитию ядерной физики и появлению метода радиоуглеродного анализа, позволяющего определять возраст различных предметов.

Но, как нередко бывает с крупными научными открытиями, общество восприняло радий в качестве волшебного средства. Начался радиевый бум. Производители принялись добавлять соединения радия в кремы, зубную пасту и шоколад, стерилизовать с их помощью молоко, замешивать тесто для хлеба на воде из урановых рудников… Для принятия радиевых ванн в домашних условиях и изготовления «целебной» воды продавали соли радия. В начале 30-х годов прошлого века, с накоплением знаний о негативном воздействии бесконтрольного использования радия, бум пошел на спад. Но способность радия светиться использовали в промышленности, нанося краску на его основе на различные предметы – от циферблатов измерительных приборов до елочных игрушек.

Жизнь Марии Кюри после смерти мужа: продолжение работы и наследие

В 1906 году Марию Кюри назначили на место ее погибшего мужа профессором факультета естествознания Сорбонны. Она стала первой женщиной в истории Франции, получившей профессорскую кафедру. Мария преподавала, читая созданный ею первый в мире курс лекций по радиоактивности, и продолжала работу, которую вела вместе с Пьером. В 1910 году Марию Кюри предложили избрать во Французскую академию наук. Но, поскольку ни одной женщины в Академии еще не бывало, разразилась полемика, и с перевесом в два голоса победили сторонники патриархата. Тогда Кюри категорически отказалась, чтобы ее кандидатуру впредь выдвигали на выборах в Академию. Не приняла она и предложенный ей правительством Франции Орден Почетного легиона.

Первая мировая война и «радиологические автомобили»

В июле 1914 года Мария Кюри стала директором отделения фундаментальных исследований радиоактивности в открывшемся Институте радия. А вскоре грянула война…

Ознакомившись с организацией санитарного дела, Мария заметила, что госпитали редко где оснащены рентгеновскими установками, упрощающими проведение операций. До той поры она никогда не работала с рентгеновскими лучами, но каждый год в своем курсе, который читала в Сорбонне, посвящала им несколько лекций и хорошо разбиралась в теме.

Кюри собрала все рентгеновские аппараты, находившиеся в Сорбонне, и передала их в госпитали Парижского округа. К обслуживанию установок были привлечены профессора, инженеры и волонтеры. Но оставались многочисленные полевые госпитали, в которых чаще всего не было даже источника электропитания. На средства, выделенные Союзом женщин Франции, Мария Кюри собрала первый «радиологический автомобиль»: в обыкновенной машине поставила рентгеновский аппарат и динамо-машину, которая, приводясь в действие

автомобильным мотором, давала ток. В августе 1914 года передвижная установка вышла в свой первый рейс.



Мари Кюри в лаборатории с дочерью Ирен, 1925 год. Изображение: Wellcome Collection
Первая мировая война и «радиологические автомобили»

Таких установок требовалось множество, и Мария, вложив в них почти все свои личные средства, стала обращаться к владельцам частных автомобилей, обещая вернуть их после войны и добавляя: «Если он уцелеет». Оставив за собой один «радиологический автомобиль», за рулем которого сидел шофер, Мария с дочерью Ирен ездили по госпиталям, делали рентгеновские снимки и обучали врачей методам радиологии.

В июле 1914 года Мария Кюри стала директором отделения фундаментальных исследований радиоактивности в открывшемся Институте радия. А вскоре грянула война…

Ознакомившись с организацией санитарного дела, Мария заметила, что госпитали редко где оснащены рентгеновскими установками, упрощающими проведение операций. До той поры она никогда не работала с рентгеновскими лучами, но каждый год в своем курсе, который читала в Сорбонне, посвящала им несколько лекций и хорошо разбиралась в теме.

Кюри собрала все рентгеновские аппараты, находившиеся в Сорбонне, и передала их в госпитали Парижского округа. К обслуживанию установок были привлечены профессора, инженеры и волонтеры. Но оставались многочисленные полевые госпитали, в которых чаще всего не было даже источника электропитания. На средства, выделенные Союзом женщин Франции, Мария Кюри собрала первый «радиологический автомобиль»: в обыкновенной машине поставила рентгеновский аппарат и динамо-машину, которая, приводясь в действие автомобильным мотором, давала ток. В августе 1914 года передвижная установка вышла в свой первый рейс.

Таких установок требовалось множество, и Мария, вложив в них почти все свои личные средства, стала обращаться к владельцам частных автомобилей, обещая вернуть их после войны и добавляя: «Если он уцелеет». Оставив за собой один «радиологический автомобиль», за рулем которого сидел шофер, Мария с дочерью Ирен ездили по госпиталям, делали рентгеновские снимки и обучали врачей методам радиологии.



Мария Кюри в радиологическом автомобиле. Изображение: Wikimedia Commons

В результате за годы войны Мария Кюри создала и ввела в действие двадцать «радиологических автомобилей», которые прозвали «маленькими Кюри», и оснастила аппаратурой двести рентгеновских кабинетов. Она сама и обученные ею люди сделали более миллиона снимков раненых.

Послевоенные годы: новые горизонты исследований

После войны Мария Кюри продолжила прерванную работу в Институте радия и участие в ведущих международных конференциях по физике и химии – Сольвеевских конгрессах. Тогда же по совету Альберта Эйнштейна она вошла в Международный комитет по интеллектуальному сотрудничеству при Лиге Наций, где занималась координацией научных исследований. За вклад в развитие медицинской радиологии ее избрали в Парижскую медицинскую академию, чего не удостаивалась до нее ни одна женщина. В 1932 году она стала почетным директором Варшавского радиевого института, директором которого была назначена ее сестра Бронислава.

Смерть Марии Кюри

Проблемы со здоровьем начались у Марии еще во время ее работы над выделением радия. Впоследствии она перенесла операцию на почках и удаление катаракты. Весной 1934 года во время путешествия Мария простудилась и долго болела. Врачи отправили ее на лечение в санаторий, где она скончалась 4 июля 1934 года. В официальной записи о ее смерти

доктор санатория сделал заключение: «Болезнь – острая злокачественная анемия. Костный мозг не дал реакции, возможно, вследствие перерождения от длительной аккумуляции радиоактивных излучений».



Личные вещи Мари Кюри в музее Марии Склодовской-Кюри в Варшаве. Изображение: Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie

Марию Кюри похоронили на кладбище в пригороде Парижа, в одной могиле с мужем. В 1995 году по решению президента Франции Франсуа Миттерана прах Марии и Пьера Кюри перенесли в парижский Пантеон. Чтобы защитить посетителей от излучения, которое до сих пор излучают останки, место захоронения покрыли слоем свинца. Когда в конце 1960-х годов родственники супругов Кюри решили передать архив ученых в Национальную библиотеку Франции, выяснилось, что он весь радиоактивен. Пришлось помещать документы в специально защищенные кофры.

Признание и награды Марии Кюри

10 декабря 1903 года Шведская королевская академия наук объявила о присуждении Антуану Анри Беккерелю и Пьеру и Марии Кюри Нобелевской премии по физике за открытия в области радиоактивности. Поначалу престижную награду собирались дать только Пьеру. Раздосадованный, он написал письмо влиятельному члену Шведской академии наук математику Густаву Миттаг-Леффлеру, в котором потребовал признать заслуги Марии. По поводу того в области какой дисциплины вручать премию, возникли споры: Беккерель и Пьер Кюри были физиками, но Мария работала, скорее, в качестве химика. Поэтому Королевская академия не исключила, что в будущем мадам Кюри сможет получить награду в области химии. Что и произошло в 1911 году. В своем докладе Мария, уже вдова, отметила заслуги мужа в открытии полония и радия.



Диплом к Нобелевской премии 1903 года. Изображение: Nobel Foundation via Wikimedia Commons

Кроме Нобелевской премии, Мария Кюри получала следующие награды:

- медаль Бертло Французской академии наук (1902);
- медаль Дэви Лондонского королевского общества (1903);
- медаль Маттеуччи Национальной академии наук Италии (1904);
- медаль Эллиота Крессона (1909);
- медаль Альберта (1910);
- премия Уилларда Гиббса (1921);
- медаль Джона Скотта (1921).

Кюри была членом более чем сотни научных обществ по всему миру. Первой из женщин она была избрана в Парижскую медицинскую академию. С 1907 года была членом-корреспондентом Петербургской академии наук, в 1926 году ее избрали почетным членом Академии наук СССР.

В честь Марии Кюри названы химический элемент кюрий, радиоактивные минералы кюрит и склодовскит и единица измерения активности радионуклида – кюри.

Имя женщины-ученого носят кратеры на обратной стороне Луны и на Марсе, астероид, а также улицы, музеи, отели в разных странах мира. Во Франции работают Университет Пьера и Мари Кюри и Институт Кюри, в Польше – Центр онкологии – институт имени Марии Склодовской-Кюри в Варшаве, Университет Марии Кюри-Склодовской в Люблине, исследовательский ядерный реактор в Отвоцке. В польской столице в доме, где родилась Мария, устроен Музей Склодовской-Кюри.





Изображения: Freepik

Мария Кюри является первой женщиной, удостоенной Нобелевской премии. Второй стала в 1935 году ее дочь Ирен Жолио-Кюри. Также Мария Кюри – первый человек, получивший Нобелевскую премию дважды и единственный, получивший ее в двух номинациях.

Книги Марии Кюри на русском языке:

- «Исследование радиоактивных веществ (радий, полоний, актиний, уран, торий и др.)».
- «Радий и радиоактивность».
- «Эталон радия и измерения в области радиоактивности».
- «Радиоактивность».
- «Пьер Кюри».
- Книги о Марии Кюри на русском языке
- Ольгерд Волчек. «Мария Склодовская-Кюри».
- Ева Кюри. «Мария Кюри».
- В. Григорьев. «Мария Складовская-Кюри. О физике и физиках».
- Фридрих Гернек. «Пионеры атомного века. Великие исследователи от Максвелла до Гейзенберга».

Фильмы о Марии Кюри

- «Гений Марии Кюри: женщина, осветившая мир». 2013. Великобритания. Документальный фильм

- «Мария Кюри: мужество познания». 2016. Польша. Художественный фильм
- «Опасный элемент». 2019. Великобритания. Художественный фильм



Кадр из фильма «Опасный элемент» (2019). Изображение: kinopoisk.ru

Топ-5 открытий и заслуг Марии Кюри

- Открытия в области радиоактивного излучения урана.
- Открытие радиоактивности тория.
- Открытие полония.
- Открытие радия.
- Возникновение медицинской физики.

Несколько интересных фактов из жизни Марии Кюри

В юности Мария Склодовская была очень спортивной: хорошо каталась на коньках, умела грести и ездить верхом на лошади. Позднее они с мужем любили совершать велосипедные прогулки.

Подруга Марии добилась для нее в одном из благотворительных фондов выделения стипендии в 600 рублей, которую назначали лучшим студентам, учившимся за границей. Позже Мария поразила всех в фонде небывалым поступком: получив деньги за выполненную работу, она вернула своим благодетелям выданную ей сумму.

Мария Кюри долгие годы общалась с Альбертом Эйнштейном, который назвал их отношения «возвышенной и безоблачной дружбой».



Изданная переписка Эйнштейна и Кюри. Изображение: Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie

В 1910-1911 годах у Марии Кюри случился роман с ее давним знакомым и учеником Пьера физиком Полем Ланжевеном, который был на пять лет моложе своей возлюбленной и имел семью. Письма Марии, адресованные Полю, попали к его жене и были опубликованы в газете. Роман двух ученых стал предметом бурного обсуждения в обществе и в прессе.

Получив Нобелевскую премию, Мария помогла материально самым разным людям. Среди них была бедная учительница, когда-то в Польше преподававшая юной Марии Склодовской французский язык. Женщина мечтала побывать во Франции, и Кюри устроила ей эту поездку.



Диплом к Нобелевской премии по химии 1911 года. Изображение: Nobel Foundation via Wikimedia Commons

Вопрос – ответ

Кто такая Мария Кюри? Мария Кюри – известный ученый, один из первооткрывателей радиоактивности, первая женщина-лауреат Нобелевской премии, основоположник радиохимии и медицинской физики.

Кто по национальности Мария Кюри? Полька.

Чем болела Мария Кюри? Она страдала депрессиями, болезнью почек, катарактой, апластической (злокачественной) анемией.

Как умерла Мария Кюри? Марии Кюри не стало, когда она проходила лечение в санатории Санселльмоз в Пасси во Франции.

От чего скончалась Мария Кюри? В заключении о смерти причиной указана острая злокачественная анемия.

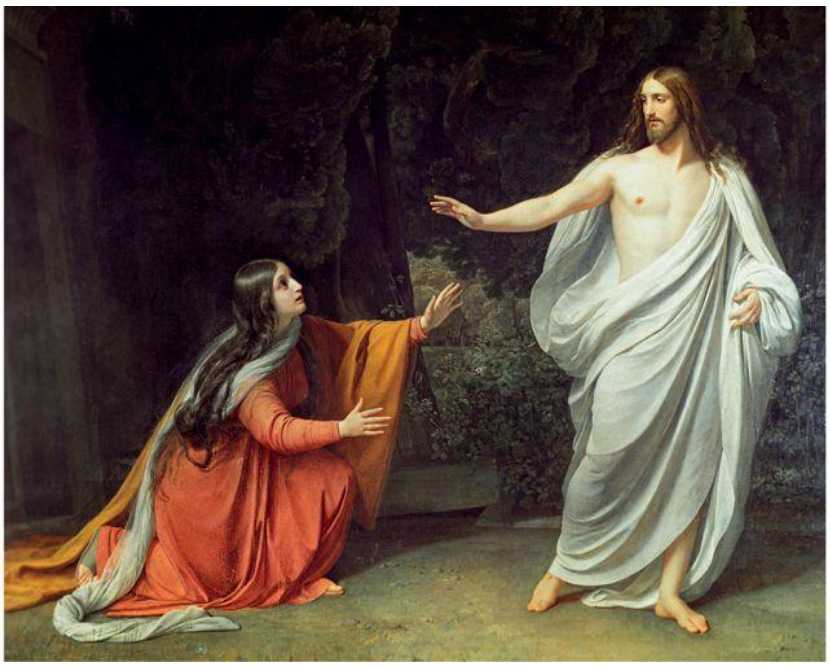
Сколько лет было Марии Кюри, когда ее не стало? Ей было 66 лет.

Автор Ирина Кравченко

Источник: ПОИСК



«Как жаль, что меня сделали академиком»: зачем Иванов просил натурщицу зарыдать



Картина Александра Иванова «Явление Христа Марии Магдалине после воскресения». Фото: РИА Новости

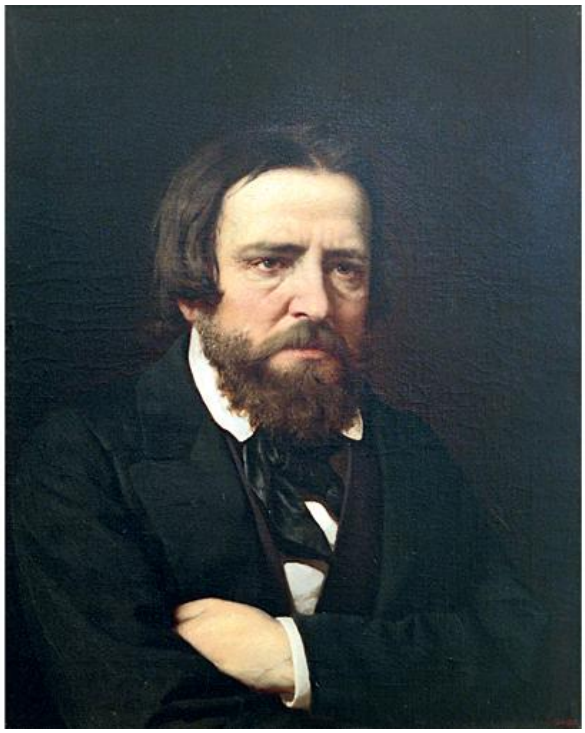
220 лет назад, 16 (28) июля 1806 года, родился Александр Иванов, вошедший в отечественную и мировую историю прежде всего как автор монументальной картины «Явление Христа народу». Мастер потратил на ее создание два десятка лет. Далеко не все знают, что грандиозному полотну предшествовало другое выдающееся произведение, и именно оно принесло Иванову первый громкий успех, а также звание академика.

Началось все с судьбоносной поездки в Италию в 1830-м. Существовала практика отправлять наиболее успешных выпускников Академии художеств за границу. Спонсором выступило Общество поощрения художеств, до этого оказавшее поддержку Карлу Брюллову. Иванову вручили подробные инструкции, согласно коим предписывалось не просто поселиться в Риме, но посетить Флоренцию, Сиену, Пизу и познакомиться поближе с наследием Карраччи в Болонье: ведь именно там была основана первая Академия, ставшая прообразом для творческих институций по всему миру.

Кроме того, Александр Иванов побывал в Венеции. Ему хотелось своими глазами увидеть звенящие краски местных живописцев. Их работы он знал лишь по эстампам. Надо ли говорить, что наш художник был очарован Тицианом, Тинторетто, Веронезе. Навыков, приобретенных в петербургской альма-матер, как ему казалось, недоставало для того, чтобы создать шедевр. Предстояло еще многому научиться.

Иванов приехал в Италию с амбициозной целью — желал доказать: тамошние творцы, снискавшие наивысшую славу в эпоху Возрождения, измельчали. А русские — наоборот, набирают силу и готовы удивить Европу. В обширной переписке с родными и знакомыми Александр Андреевич предстает переживающим за отечественное искусство. Настолько, что выражает возмущение по поводу успехов Федора Бруни (итальянца по происхождению): мол,

почему на иностранца обрушилось столько славы? В другом письме сокрушается: Кипренский, много сделавший для Отечества и для пенсионеров Академии (благодаря ему они получали довольствие в 3000 рублей, а не 600, как раньше), не снискал заслуженных почестей.



Сергей Постников. Портрет Александра Андреевича Иванова. Ок. 1873. Фото: РИА Новости

Проявилась одна из черт Иванова-человека — излишнее внимание к чужим достижениям и неудачам. Его вечным соперником (и даже своего рода alter ego) стал Карл Брюллов, тоже живший в Риме. Они резко отличались по темпераменту: нелюдимый, робкий Иванов и общительный, яркий «Брюлло». Александр Андреевич стремился превзойти великолепного Карла. Обдумывая «Явление Христа народу» (1836–1857), решил, что не станет изображать ужас и панику, как в «Последнем дне Помпеи» (1830–1833). Хотя прекрасно понимал: внешними эффектами проще зацепить зрителя. Иванова привлекали прежде всего простота и величественность, а первым шагом к работе над хрестоматийным полотном стала картина «Явление Христа Марии Магдалине после воскресения» (1835).

Был выбран известный евангельский сюжет. Мария Магдалина встречает воскресшего Христа, Который останавливает ее жестом: «Не прикасайся ко Мне, ибо Я еще не восшел к Отцу Моему». Автор стремился передать эмоциональную наполненность момента. Изобразил на прекрасном лице женщины широкую гамму чувств: от покидающего душу горя до вновь обретенной радости. А для этого попросил натурщицу... зарыдать: «Она так была добра, что, припоминая все свои беды и раздробляя на части перед лицом своим лук самый крепкий, плакала, и в ту же минуту я ее тешил и смешил так, что полные слез глаза ее с улыбкой на устах давали мне совершенное понятие о Магдалине, увидевшей Иисуса. Я, однако же, работал в то время не хладнокровно, сердце мое билось сильно при виде прекрасной головы, улыбающейся сквозь слезы».



«Явление Христа народу»

Кстати, для Магдалины также позировала знаменитая красавица Виттория Кальдони. Ее облик стремились запечатлеть многие, а яркой внешностью восхищались первые умы того времени — один из портретов девушки был отправлен Гёте. Судьба Виттории сложилась печально: она вышла замуж за живописца Григория Лапченко, товарища Иванова. Вскоре супруг начал слепнуть и вместе с итальянкой отбыл в Россию, где, оставив привычное ремесло, с трудом сводил концы с концами.

Трудясь над образом Христа, Александр Андреевич вдохновлялся античными канонами красоты: сказалось влияние окружавших его римских древностей, полотен Возрождения и лучших работ современников — в частности, скульптора Бертеля Торвальдсена. Спаситель, вышедший из-под резца этого датчанина, смотрит на зрителя сверху вниз, разведя руки в стороны — благословляя и словно готовясь принять в объятия. Несколько иначе изобразил фигуру Христа «синьор Алессандро»: Тот мягким жестом отстраняет Магдалину, в то же время Его взгляд полон кротости и любви. Иванов решал и чисто колористические задачи. Жаловался, что написать белое платье, закрывающее большую часть фигуры, нелегко: «Сами великие мастера, кажется, этого избегали. Я по крайней мере во всей Италии не нашел себе примера. Отец истинного колорита Тициан старался белое платье показывать каким-нибудь куском, смешавшимся с платьями других цветов или закрывающим только стыдливые места наготы. Фрески не могут быть примером, ибо там белое платье суть только оттененные рисунки».

Результат, однако, получился блестящим. Картина, представленная римской публике в 1836 году, вызвала восхищение. Затем осторожный Иванов отправил полотно на родину и попросил отца подобрать золотую раму, чтобы показать работу в выгодном свете. Уловки были ни к чему — прием оказался горячим. Общество поощрения художеств преподнесло

произведение Николаю I, а Иванову, уже вынашивавшему идею «Явления Христа народу», присвоили звание академика. Это ужаснуло мастера, который вовсе не хотел возвращаться домой и посвящать жизнь преподаванию с риском убить в себе художника. Нет, он должен остаться в Италии, лишь здесь может осуществиться дерзкий замысел — создание такого шедевра, каких у русских живописцев еще не было. Этим объясняются и следующие строчки к отцу: «Как жаль, что меня сделали академиком: мое намерение было никогда никакого не иметь чина, но что делать, отказаться от удостоения — значит, обидеть удостоивших».

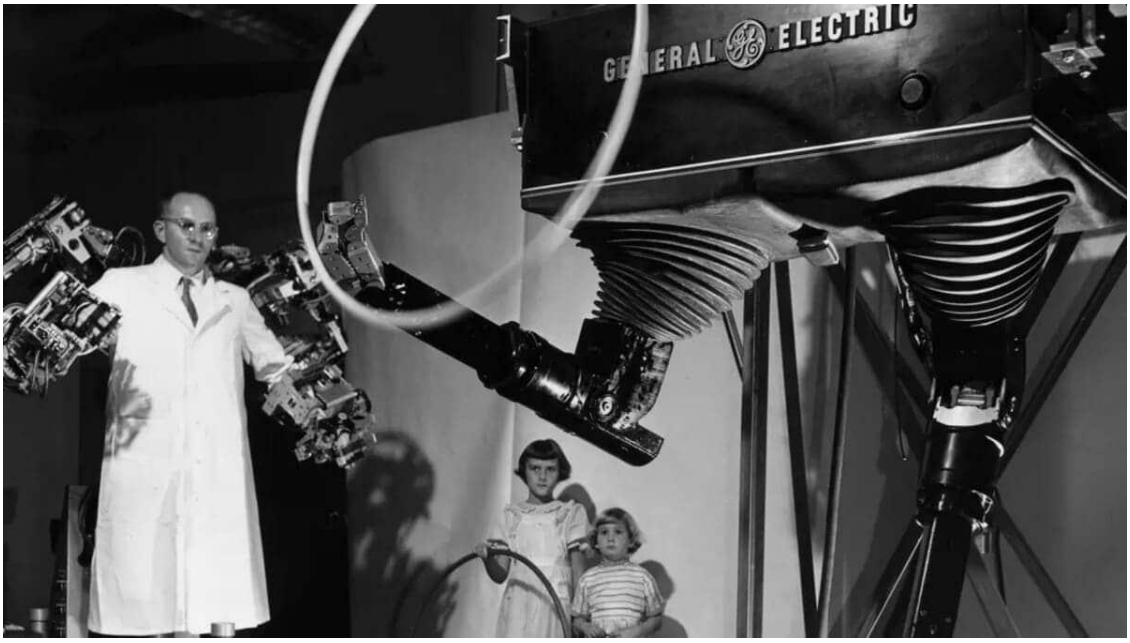
И еще одно письмо: «Кто бы мог думать, чтобы моя картина «Иисус с Магдалиной» производила такой гром? Сколько я ее знаю, она есть начаток понятия о чем-то порядочном. Но как я доволен, что вы радуетесь, что в восхищении и Совет, и президент! Вы говорите, что мне продолжить хотят пенсион для картины «Появление Мессии». Это есть единственное мое желание. Помоги, Господи! Как я рад, что Общество мною довольно. Да правда ли это? Я привык видеть только выговоры со стороны моих покровителей».

Фортуна была к Иванову вполне благосклонна: он надолго задержался в Риме и, будучи ярым перфекционистом, множество раз переписывал «Явление Христа народу». В 1858-м, по-прежнему считая картину незаконченной (у старика в белой повязке на бедрах, изображенного в левом углу, странное отражение в воде — словно на нем красное платье), Александр Андреевич привез полотно в Петербург. Но это уже другая история...

Источник: Газета КУЛЬТУРА

Семь старейших технологических компаний и их эволюция

Когда люди думают о технологических компаниях, обычно в голову приходят стартапы, приложения и Кремниевая долина. Но некоторые из самых влиятельных фирм были основаны задолго до широкого распространения электричества, не говоря уже об интернете. Их первые продукты вовсе не были смартфонами или серверами, а телеграфами, стеклянной посудой, бумагой и механическими табуляторами.



Гидромеханический робот-манипулятор Handyman компании General Electric на выставке в Скенектади, Нью-Йорк / © Getty Images

За последние 150 лет эти компании пережили индустриальные перевороты, мировые войны и масштабные технологические сдвиги, многократно переосмысляя себя. Они перешли от телеграфных проводов к оптоволокну, от бумажных фабрик к сетям 5G и от перфокарт — к квантовым компьютерам. Их истории дают редкую возможность увидеть, как на самом деле происходит инновация.

Ниже — семь старейших технологических компаний, которые продолжают работать и сегодня.

BT Group

BT ведет свою историю от компании Electric Telegraph Company, основанной в 1846 году для создания первой публичной телеграфной сети Великобритании. Этот факт делает BT одной из старейших действующих компаний в секторе коммуникаций. В течение следующего столетия телеграфная система была объединена с General Post Office, а позднее реорганизована в British Telecom и современную BT Group.

В XX и XXI веках BT перешла от фиксированной телефонии к широкополосному интернету, мобильной связи, корпоративным сетям и кибербезопасности. Сегодня компания управляет подразделением Openreach, отвечающим за большую часть медных и оптоволоконных сетей в Великобритании. Эволюция BT — от прокладывания телеграфных столбов до управления крупными проектами по развёртыванию оптики — отражает общую историю коммуникационных технологий.

Siemens

Siemens была основана в Берлине в октябре 1847 года Вернером фон Сименсом и его партнером Иоганном Георгом Хальске как Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske для строительства и эксплуатации электрических телеграфов. Ранние успехи в области дальнодействующей телеграфии и электротехники быстро расширили деятельность компании по всей Европе. В эпоху индустриализации Siemens диверсифицировалась в производство генераторов, тягового оборудования и промышленной техники.

На протяжении почти двух столетий компания расширила деятельность в области медицинской визуализации, автоматизации, железнодорожных систем и энергетических технологий. Сегодня Siemens стоит на стыке электрификации и цифровизации — компания, которая из производителя телеграфов XIX века превратилась в инженерно-программную группу XXI века, активно участвующую в проектах Industry 4.0 и медицинской диагностики.

Corning

Corning начала свое существование в 1851 году как небольшая стекольная мастерская в Массачусетсе и вскоре переехала в город Корнинг, Нью-Йорк, где заработала репутацию производителя точного стекла. За десятилетия компания производила стекло для ламп и электроламп в эпоху ранней электрификации, а в XX веке создала прорывное термостойкое стекло Pyrex и оптику высокой точности, включая зеркала для телескопов.

В конце XX — начале XXI века Corning сместила фокус на специальные материалы, критически важные для современных технологий: ультрачистое оптоволокно для высокоскоростных сетей и химически укрепленное Gorilla Glass для экранов. Возрождение Gorilla Glass из заброшенной технологии в ключевой компонент смартфонов произошло благодаря сотрудничеству с Apple. Сегодня Corning производит материалы от лабораторной посуды до дисплеев смартфонов и ядер оптоволокна, обеспечивающих глобальный интернет-трафик.

Nokia

Компания Nokia начинала вовсе не как производитель телефонов, а как целлюлозно-бумажное предприятие. В 1865 году горный инженер Фредрик Идестам открыл завод по переработке древесной массы на юге Финляндии, а позднее основал второй завод на реке Нокианвирта — месте, давшем компании ее название.

В течение XX века Nokia объединилась с финскими производителями резины и кабельной продукции и диверсифицировала бизнес: в ее ассортимент входили шины, резиновая обувь и электрические кабели. Лишь со временем компания сосредоточилась на телекоммуникациях, а к 1990-м годам стала мировым лидером в производстве мобильных телефонов.

Сегодня Nokia занимается поставками сетевой инфраструктуры, программного обеспечения и лицензированием технологий. Компания играет заметную роль в развертывании сетей 5G и управляет обширным патентным портфелем. Отмечая свое 150-летие, Nokia подчеркнула долгую историю постоянных преобразований — от целлюлозы и резины к мобильной связи и сетевым технологиям.

AT&T

История AT&T берет начало с изобретения телефона Александром Грэмом Беллом в 1876 году и создания первых компаний Bell для его коммерциализации. В 1885 году была основана American Telephone & Telegraph (AT&T) с целью строительства и эксплуатации междугородных

телефонных линий по всей территории США. Вскоре она стала центральным звеном системы Bell, определившей развитие американской связи.

Большую часть XX века AT&T функционировала как регулируемая монополия, сформировавшая способы общения американцев — от голосовой связи до передачи данных. Ее исследовательское подразделение Bell Labs стало одной из самых влиятельных промышленных лабораторий в истории, подарив миру транзистор, теорию информации и ключевые достижения в области вычислительной техники и сетей.

Эта эпоха завершилась в 1984 году, когда американские регуляторы разделили систему Bell для усиления конкуренции. AT&T пережила распад и впоследствии восстановила позиции через серию слияний, превратившись в одного из ведущих операторов беспроводной связи, широкополосного интернета и корпоративных коммуникаций.

General Electric

История General Electric начинается с электротехнических проектов Томаса Эдисона конца 1870-х годов. Компания в современном виде была образована в 1892 году в результате слияния Edison General Electric с ее конкурентом Thomson-Houston.

На протяжении XX века GE стала символом американского промышленного изобретательства и масштабов производства — от генераторов и ламп накаливания до реактивных двигателей, медицинской визуализации и ранних вычислительных систем. В последние десятилетия компания прошла через реструктуризацию и выделение крупных подразделений, однако ее влияние по-прежнему ощущается в сфере бытовой техники, авиации и энергетических технологий.

General Electric входила в число первых 12 компаний, включенных в индекс Dow Jones Industrial Average, и на протяжении десятилетий служила полигоном для отработки управленческих практик и промышленных исследований и разработок.

IBM

IBM была основана в 1911 году под названием Computing-Tabulating-Recording Company (CTR) в результате объединения компаний, производивших перфокарточные табуляторы, весы и табельные часы. В 1924 году она получила имя International Business Machines. На протяжении большей части XX века IBM доминировала в сфере корпоративных вычислений, предлагая мэйнфреймы и стандартизированные перфокарточные системы, на которых работали правительства, банки и крупные предприятия.

Со временем компания перешла к серверам, программному обеспечению промежуточного уровня и ИТ-услугам, а в последние годы — к искусственному интеллекту и квантовым исследованиям. В 2011 году система Watson от IBM обыграла чемпионов-людей в телешоу Jeopardy!, став символом поворота компании в сторону ИИ. Сегодня IBM инвестирует в квантовые вычисления, продолжая путь, начавшийся с перфокартных машин.

Источник: NakedScience

Происхождение анестезии: враждующие ученые, война и яд для дротиков



Роберт Катлер Хинкли написал картину «Первая операция под наркозом», которая знаменует собой начало современной хирургии. 1846–1893 гг. Источник изображения: Wikimedia Commons, Robert Cutler Hinckley (общественное достояние)

Благодаря постепенным улучшениям, в которых участвовали стоматологи, искатели приключений и королева Виктория, анестезия превратилась из грубой и рискованной практики в сложную медицинскую специальность.

1810 году английская писательница и автор дневников Фрэнсис Берни начала ощущать небольшую боль в груди. Врачи сказали ей, что «зло слишком зашло, чтобы его можно было вылечить», — писала она в письме сестре.[1] Единственным выходом было хирургическое удаление опухоли. «Вам придется страдать», — предупреждали они. В качестве меры предосторожности она составила завещание, а другие готовили ее дом в Париже к операции, запасаясь бинтами, компрессами и другими необходимыми вещами, от вида которых ее тошнило. «Я ходила взад-вперед, пока не успокоилась и не впала в почти бессознательное состояние», — писала она. Врачи установили операционный стол в ее гостиной. «Теперь я начала сильно дрожать, скорее от отвращения и ужаса перед предстоящими процедурами, чем от боли». На мгновение она бросила взгляд на дверь, потом на окна, думая о побеге. Когда разум взял верх, она забралась на матрас, и один из хирургов накрыл ее лицо батистовым платком. Сквозь прозрачную ткань она увидела, что ее окружают семь врачей и медсестра. «Я увидела блеск полированной стали — и закрыла глаза». С того момента, как инструмент пронзил ее плоть, она, по ее словам, кричала не переставая. «Затем я почувствовала, как нож упирается в грудную кость — царапает ее! — и все это происходило, пока я пребывала в полной бессловесной муке». Каждый раз, когда они вынимали инструмент, она надеялась, что испытание закончилось, но потом все начиналось сначала.

В эпоху до появления анестезии подобные мучительные операции были тяжелы не только для пациентов, но и для самих врачей. [2] По словам Берни, у хирурга, который сообщил ей о необходимости операции, на глазах выступили слезы, а за несколько минут до начала операции его лицо стало пепельно-бледным. Отсутствие обезболивания также означало, что о сложных или длительных операциях не могло быть и речи. «Можно было вскрыть фурункул, вырвать зуб и провести другие несложные процедуры, в основном потому, что они были

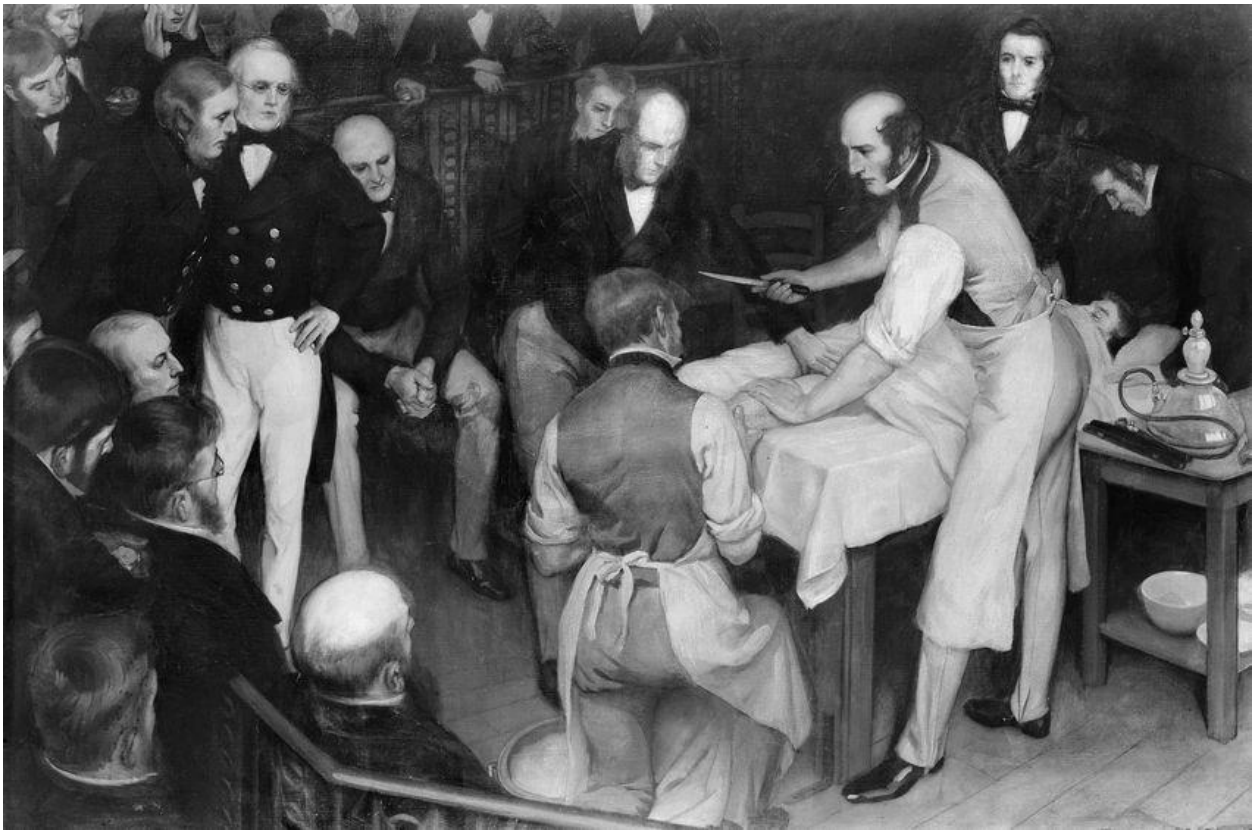
быстрыми и пациент испытывал бы кратковременную боль, — говорит Тэлмедж Иган, анестезиолог из Университета Юты. — Если действовать очень быстро, то самой сложной операцией могла быть ампутация конечности, для которой требовалось несколько человек, чтобы удерживать пациента», — добавил он. Некоторые пытались проявить милосердие, ускоряя процедуру, в том числе один хирург, который отпилил ногу менее чем за 30 секунд.[3] «Быстрого хирурга считали хорошим хирургом», — сказал Кен Солт, анестезиолог из Массачусетской больницы общего профиля.



На картине Томаса Роулендсона, изображающей ампутацию в 1875 году, запечатлены жуткие страдания пациента. Коллекция Элиши Уиттлси, Фонд Элиши Уиттлси, 1959 (общественное достояние)

Врачи испробовали множество способов, чтобы погрузить пациентов в бессознательное состояние. Стефани Сноу, историк медицины из Манчестерского университета, сказала: «Если перед операцией пустить пациенту кровь, пока он не потеряет сознание, это один из способов снизить чувствительность». Она добавила, что «хирурги стали использовать зажимы, чтобы попытаться притупить чувствительность, но пациенты чувствовали, что боль от зажимов не уступает боли от самой операции». В некоторых арабских медицинских текстах, датируемых 1000 годом н. э., говорится, что пациенты вдыхали «снотворную» губку, пропитанную травяными смесями, в том числе опиумом или мандрагором, хотя доказательств эффективности этого метода мало. Однако, по словам Сноу, «при использовании таких сильнодействующих опиатов очень легко было получить передозировку». [4]

Спустя три десятилетия после операции Берни врачи овладели искусством погружать пациентов в бессознательное состояние, при котором они не чувствуют боли и не помнят, что с ними происходило, и отказались от мучительных методов.



Шотландский хирург Роберт Листон, также известный как «самый быстрый нож в Вест-Энде», печально прославился тем, что провел операцию, смертность от которой составила 300 процентов: торопясь с ампутацией, он случайно порезал пальцы своему ассистенту и полы сюртука одному из зрителей. Пациент и ассистент позже умерли от гангрены, а зритель скончался от шока на месте.[26] Картина Эрнеста Борда, около 1912 года, Wellcome Collection (CC BY 4.0)

«Анестезия радикально изменила хирургию и медицину», — сказала Мелисса Коулман, детский анестезиолог из Миннесотского университета и президент Библиотеки-музея анестезиологии имени Вуда. Все началось с того, что один стоматолог заметил обезболивающие свойства пары рекреационных препаратов, которые люди принимали десятилетиями.[5]

Вражда из-за первого анестетика

Когда в эпоху Просвещения натуралисты открыли различные газы, они обнаружили, что некоторые из них могут вызывать состояние эйфории, например закись азота (веселящий газ) или диэтиловый эфир (который часто называют просто эфиром). Это привело к появлению «вечеринок с веселящим газом» и «эфирных забав».[6] Люди принимали эти газы во время передвижных шоу, на которых присутствовал дантист из Коннектикута по имени Гораций Уэллс. Проведя бесчисленное количество мучительных операций по удалению зубов, Уэллс поразился, увидев на сцене молодого человека, который вдохнул веселящий газ, но не выказал никаких признаков боли, ударившись голенью о скамью.[7]

Уэллс задался вопросом, может ли закись азота облегчить боль при удалении зуба, и решил провести собственный эксперимент. Он вдохнул газ, после чего его коллега удалил ему зуб, что действительно оказалось безболезненной процедурой.[7] Он начал использовать закись азота в своей практике, пока не почувствовал себя достаточно уверенно, чтобы продемонстрировать ее действие другим врачам в операционной. К сожалению, пациент, на котором он проводил демонстрацию, вскрикнул во время удаления зуба, и коллеги-врачи осыпали его оскорблениями, назвав демонстрацию «обманом».[8]

«На самом деле операция прошла успешно, — сказала Коулман. — Когда они потом спросили пациента, он ничего не помнил, так что это выглядело как провал», — добавила она. По словам Коулман, Уэллс ошибся, выбрав закись азота, потому что считал ее более безопасной, чем эфир. Иган объяснил, что закись азота недостаточно эффективна для полной анестезии. Один из учеников Уэллса, Уильям Мортон, предположил, что эфир был бы лучшей заменой. Состоялась вторая публичная демонстрация, на которой Мортон продемонстрировал анестезирующий эффект эфира, подавая газ пациенту, которому в Массачусетской больнице общего профиля удаляли опухоль на шее. «Джентльмены, это не обман», — заявил один из хирургов, обращаясь к ошеломленной публике.[9]

«Трудно в полной мере оценить, насколько знаменательным было это событие», — сказал Иган. Дата второй демонстрации, 16 октября 1846 года, теперь отмечается как «День эфира». По словам Игана, это событие ознаменовало рождение анестезии и современной хирургии.



До того, как закись азота стали использовать для обезболивания при удалении зубов, люди вдыхали ее в больших количествах на вечеринках с веселящим газом. Уильям Комб, Коллекция Велкома (общественное достояние)

Уэллс тяжело переживал неудачную демонстрацию и узнал, что его коллеги приписывают открытие анестезирующих свойств эфира его бывшему ученику. Ретроспективный анализ его жизни позволяет предположить, что в результате он страдал от большого депрессивного расстройства и начал злоупотреблять анестетиками, такими как эфир и хлороформ (трихлорметан).[10] Через два года после Дня эфира, в день рождения Уэллса, полиция арестовала его за то, что он в состоянии алкогольного опьянения облил женщину купоросным маслом (серной кислотой). Другие женщины заявили о подобных нападениях во время слушаний по его делу. Когда он протрезвел в своей камере в тюрьме «Томбс» в Нью-Йорке, его охватило непреодолимое раскаяние. Он покончил с собой, перерезав вены на ногах бритвой и надышавшись хлороформом, чтобы не чувствовать боли.[11]

Что касается Мортона, то он не получил от Дня эфира такой выгоды, на какую рассчитывал: он пытался выдать эфир за свое «изобретение» и запатентовал его вместе с другими химическими веществами под названием «Летеон», но его современники не обратили внимания на патент и использовали эфир отдельно. [12]

Хотя исследователи часто считают День эфира первой демонстрацией анестезии, врачи в других частях света сделали аналогичные независимые открытия еще до этого знаменитого события. В 1795 году японский врач Сэйсю Ханаока впервые применил общий анестетик, который можно было пить, на основе растений под названием мафуцусан (цусэнсан).[13] В 1805 году, за несколько лет до мучительной мастэктомии Берни во Франции, Ханаока успешно использовал мафуцусан для анестезии пациентки с раком груди во время аналогичной операции по удалению опухоли. Это значит, что Берни, возможно, не пришлось бы страдать, если бы ее хирурги знали об этом средстве.[14] Врачи больше не используют этот анестетик, потому что он действовал на пациента в течение нескольких часов и иногда вызывал побочные эффекты, такие как необратимая слепота, но японские врачи часто применяли его вплоть до появления ингаляционных анестетиков после Дня эфира.[15]



Японские врачи использовали мафуцусан для обезболивания во время операций по удалению рака молочной железы задолго до того, как эфир стал популярным. Wellcome Collection (CC BY 4.0)

Использование эфира и других ингаляционных анестетиков не сразу получило широкое распространение. «В США это происходило постепенно, по мере того как его одобряли ведущие врачи», — говорит Коулман. Анестезия встретила сопротивление со стороны некоторых врачей, которые считали боль «жизненной силой».[16] «Конечно, идея о том, что боль может быть терапевтической или необходимой, сохранялась еще долгое время», — добавляет она.

Королева Виктория сыграла ключевую роль в популяризации анестезии в других странах. Узнав о Дне эфира, британский врач Джон Сноу начал экспериментировать с эфиром и другими газами, в том числе с хлороформом. Он использовал этот препарат, чтобы усыпить королеву Викторию во время рождения её седьмого ребёнка, Леопольда.[17] Вскоре после этого ингаляционные анестетики стали широко применяться в хирургии. «Если это хорошо для королевы, то хорошо и для нас», — сказал Иган.

«Война», «Сыворотка правды» и «Яд дротиков»

Эфир еще какое-то время оставался основным анестетиком. «Недостаток хлороформа заключался в том, что он вызывал аритмию сердца, если пациент был встревожен», — сказал Джейми Слей, анестезиолог из Оклендского университета, обладатель патентов на некоторые анестетики.

Затем, во время мировых войн, появились внутривенные (в/в) анестетики. По словам Слей, эфир в склянках был слишком громоздким, чтобы его можно было перевозить в полевых госпиталях, где солдатам требовалась помощь. Первые внутривенные анестетики, разработанные в 1920-х и 1930-х годах, включали барбитураты, такие как тиопентал натрия, который иногда называли «сывороткой правды», хотя это утверждение было опровергнуто.[18,19] Позже, в 1970-х годах, на смену ему пришел препарат под названием пропофол.[20] «Пропофол помогает людям просыпаться в хорошем настроении и с меньшим чувством тошноты», — говорит Слей, добавляя, что организм расщепляет его гораздо быстрее, чем тиопентал натрия, поэтому пациенты быстрее приходят в себя после прекращения подачи препарата.

За пределами поля боя внутривенные анестетики были незаменимы, поскольку приводили пациентов в бессознательное состояние за считаные секунды. В отличие от них, ингаляционные анестетики начинали действовать через несколько минут, причиняя пациентам дискомфорт. «Они часто становились агрессивными, теряли ориентацию и дрались с вами», — сказал Иган. Сегодня врачи обычно используют комбинацию препаратов: сначала внутривенные анестетики для введения в бессознательное состояние, а затем газы для поддержания этого состояния, добавил он.

Но и газы требовали инноваций. «Большая проблема с эфиром заключалась в том, что он легко воспламенялся, — говорит Иган. — Это было очень важно, потому что в операционных подавали кислород» через противогазы, а врачи использовали источник воспламенения, чтобы нагреть металлический стержень, который мог проткнуть плоть. По словам Игана, все это создавало предпосылки для пожара. Химики начали искать негорючие химические вещества, добавляя в органические соединения галогены, препятствующие горению, например фтор. Это привело к изобретению в 1951 году галотана — первого негорючего ингаляционного анестетика.[21] «Выяснилось, что у некоторых людей он вызывает довольно серьезные поражения печени и сердца», — сказал Коулман, поэтому вскоре были разработаны менее токсичные ингаляционные анестетики.

Несмотря на то, что хирургические операции перестали сводиться к поспешным ампутациям, некоторые из них по-прежнему были невозможны. Солт сказал: «Если вы делаете разрез на животе, возникает рефлекс, при котором мышцы напрягаются, а вам нужно, чтобы они расслабились». Ситуация изменилась, когда американский искатель приключений Ричард Гилл отправился в джунгли Амазонии в поисках кураре — яда растительного происхождения, который использовался в духовых ружьях.[22] Кураре блокирует сигналы, поступающие от нервов к мышцам. Заинтересовавшись, может ли этот яд служить миорелаксантом, Гилл узнал у местных жителей Эквадора, как очистить это вещество, и привез его в США. Там фармацевтическая компания E.R. Squibb and Sons разработала его производные, пригодные для использования в хирургии. По словам Игана, эти нервно-мышечные блокаторы часто применяются в операциях, когда необходимо полностью исключить движения, например при операциях на глазах.

До появления миорелаксантов еще одна проблема анестезии оставалась незамеченной. Врачи вводили пациентам ингаляционные анестетики через противогазы, но, по словам Коулмана, они не учитывали, что доза препаратов зависит от частоты дыхания и объема легких каждого пациента. Это означало, что человек, который дышал чаще, получал большую дозу, чем тот, кто дышал реже. Это стало очевидно только после того, как миорелаксанты вызвали апноэ — временную остановку дыхания, — что привело к пробуждению пациентов и выявило проблему, объяснил Коулман.

Врачи решили эту проблему с помощью интубации. В отличие от противогаза, эндотрахеальная трубка обеспечивала подачу фиксированной дозы кислорода и лекарств непосредственно в легкие на протяжении всей операции. У масок были и другие недостатки. «Было тяжело дышать через маску в течение трех-четырех часов, желудок наполнялся газом, начиналась рвота, и эта рвота попадала в легкие», — объяснил Иган. Интубационная трубка обеспечивала поступление газа в легкие, а не в желудок, а баллон, надуваемый в трахее, предотвращал затекание рвотных масс в дыхательные пути, объяснил Иган.

По мере развития анестезиологии врачи стали вводить пациентам несколько препаратов для достижения анестезии. Например, хирурги использовали опиоиды для обезболивания после того, как пациенты теряли сознание под действием таких препаратов, как пропофол.[23] Слей объяснил, что опиоиды, вызывающие сильное привыкание, такие как фентанил, не вызывают эйфории или привыкания, если их вводят пациентам, находящимся без сознания и страдающим амнезией. Их способность вызывать привыкание вызывает опасения только в том случае, если они используются для обезболивания пациентов, находящихся в сознании, после операций.

По словам Солта, после того как было разработано несколько препаратов для анестезии, эта практика стала намного безопаснее, а количество случайных смертей резко сократилось.[24] У большинства анестетиков узкий терапевтический индекс, то есть доза, необходимая для наступления анестезии, близка к смертельной, что делает их применение рискованным. Однако Солт отметил, что при использовании комбинации препаратов для достижения анестезии можно снизить дозу каждого из них, что делает процесс более безопасным. Вместо того чтобы вызывать потерю сознания, амнезию и обезболивание с помощью высоких доз эфира, врачи могут использовать более низкие дозы пропофола, анестезирующих газов и опиоидов, а также миорелаксанты для снятия напряжения.



Врачи продолжают давать пациентам газы для поддержания анестезии во время операций. Wikimedia Commons, ВМС США (общественное достояние).

Помимо работы с целым рядом препаратов, анестезиологи повышают безопасность, используя техническое оборудование для мониторинга жизненно важных показателей и мозговых волн во время операции, подбирая дозы анестетиков для каждого пациента в зависимости от полученных данных. Иган сказал, что, как и пилоты, анестезиологи во время обучения моделируют аварийные ситуации, чтобы знать, как реагировать, если пациент плохо реагирует на лекарства.

Сейчас анестезиологи пытаются найти другие препараты, которые можно было бы добавлять к уже имеющимся, чтобы выводить пациентов из состояния наркоза. Некоторые из них Солт запатентовал. «Сейчас принято ждать, пока действие препаратов закончится, но мы пытаемся изменить эту парадигму и разработать средства, которые позволят выводить пациентов из наркоза по требованию», — сказал Солт. По словам Солта, в некоторых ситуациях полезно немедленно разбудить пациента, например, если у него остановилось дыхание и врачам нужно, чтобы он был в сознании, чтобы они могли поправить дыхательную трубку, или если нужно провести поведенческий тест сразу после операции на головном мозге.

Путь от боли к безболезненным операциям

Анестезия прошла долгий путь развития от примитивных рекреационных газов до высокотехнологичной специальности. Слей был свидетелем этих изменений на протяжении всей своей жизни. Впервые он провел анестезию, будучи студентом-медиком в Лесото в 1980-х годах. Тогда он использовал один препарат, который наносил на ткань. «Последний наркоз я проводил пару лет назад, и тогда оборудование для мониторинга занимало практически весь этот огромный зал».

Хирурги прошли долгий путь с тех пор, как Берни перенесла операцию по удалению рака груди, которая длилась изнурительные 20 минут и во время которой она дважды теряла сознание.[1] К концу операции ее силы были на исходе. «Меня пришлось нести на руках, я не могла даже пошевелить руками, которые висели, как безжизненные, а лицо, как сказала мне медсестра, было совершенно бесцветным», — писала Берни. Сноу сказала: «Ее описание боли не поддается воображению, и прошло шесть месяцев, прежде чем она смогла вспомнить об этом или написать».

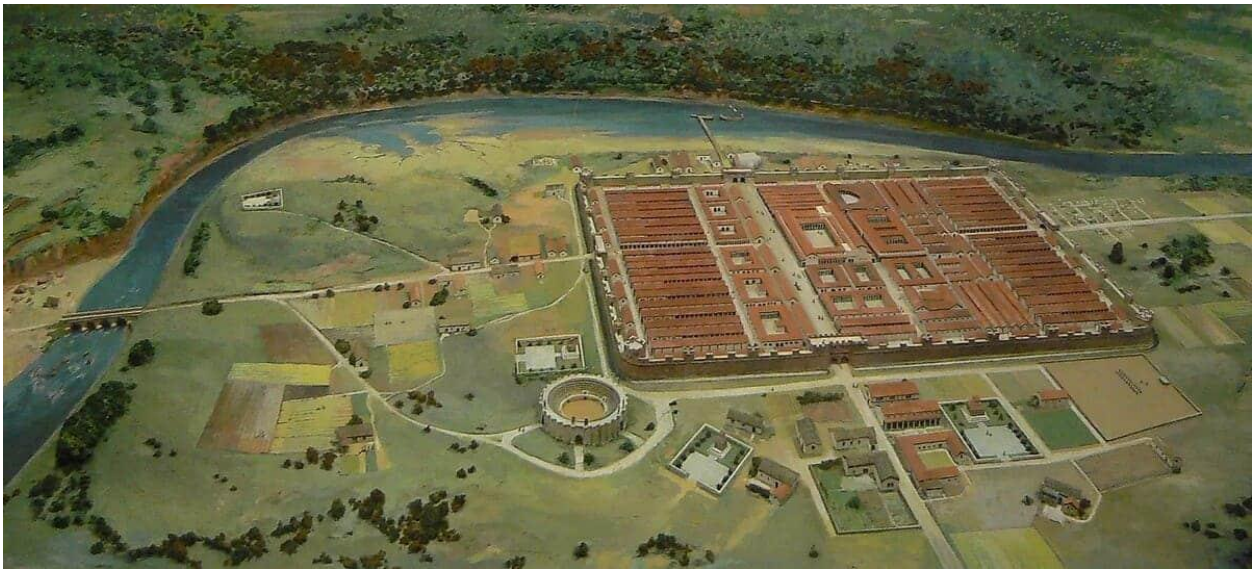
Каждый год более 100 000 женщин в США подвергаются мастэктомии, но ни одна из них не испытывает таких мучений, как Берни. Ее операция считалась опасным крайним средством, в то время как современные хирурги охотно проводят мастэктомию даже на ранних стадиях рака молочной железы, чтобы повысить шансы на выживание.[25] То, что когда-то было мучительным и поспешным испытанием, когда команда хирургов удерживала на месте кричащего пациента, превратилось в спокойную и безболезненную процедуру — не в последнюю очередь благодаря странствующему шоумену, дантисту и его ученику. Это не выдумка.

Источник: The Scientist



«Город» за день: как римляне возводили свои неприступные лагеря

Утомленный после дневного перехода римский легион останавливался и сразу принимался за работу. Пока одни солдаты рыли ров, другие возводили земляной вал. Всего за несколько часов вокруг войска появлялось полноценное укрепление. Такие лагеря римляне называли каструм (castrum), и строили их практически повсюду, где останавливались.



Макет римского каструма / © Wikimedia Commons

Многие из этих временных лагерей со временем превращались в постоянные крепости и даже города.

Секрет такой скорости заключался в многолетней подготовке и четко отработанной системе. Военные землемеры каждый раз размечали лагерь по одному и тому же прямоугольному плану. Каждому подразделению заранее отводился свой участок рва и свое место для палаток. Каждый легионер прекрасно знал, где будет располагаться его когорта, а где находится шатер командующего.

На протяжении всей эпохи Республики и Империи римская армия неизменно использовала укрепленные лагеря. Хотя и более ранние цивилизации защищали свои стоянки, именно римляне довели этот процесс до совершенства, превратив его в строгую систему. Уже во II веке до н. э. историк Полибий описывал римские лагеря как сооружения с единым стандартным планом, который солдаты могли воспроизвести практически в любой местности. Такая стандартизация давала множество преимуществ. Лагерь защищал воинов и запасы от внезапных ночных нападений, служил надежной базой для разведывательных вылазок, подготовки операций и организации сражений. Даже на незнакомой территории каждый солдат безошибочно находил свое подразделение, штаб, склады и оборонительные позиции.

Значение подобной подготовки особенно ярко проявлялось в критические моменты. Во время битвы при Сабисе в 57 году до н. э. войска Юлия Цезаря только начали возводить лагерь, когда на них неожиданно обрушились нервии и их союзники. Одни легионеры еще копали ров, другие подразделения и обоз даже не успели полностью прибыть. Солдатам

пришлось бросить инструменты, мгновенно построиться в боевые порядки и вступить в бой. Лагерь еще не был готов выполнять роль полноценной крепости, однако дисциплина и четкое распределение обязанностей позволили римлянам быстро организовать оборону и выдержать внезапную атаку.

Временные лагеря также позволяли римским армиям проникать далеко вглубь враждебных территорий. Вместо того чтобы зависеть от существующих городов и постоянных крепостей, легион всегда мог собственными силами создать укреплённую базу практически в любом подходящем месте. Каждый новый лагерь становился временным опорным пунктом Рима.

Планировка римского лагеря

Римские лагеря обычно имели квадратную или прямоугольную форму со слегка закругленными углами, которые было легче защищать. Их размеры зависели от численности и состава войск, однако общая схема оставалась практически неизменной.

В центре располагался штаб командующего. Вокруг него находились палатки старших офицеров, помещения для управления, совещаний, религиозных обрядов и хранения запасов. Через лагерь проходили широкие главные дороги, разделявшие его на упорядоченные сектора. Более узкие улицы вели к палаткам отдельных легионов, когорт и вспомогательных подразделений.

Кожаные или полотняные палатки солдат стояли ровными рядами. Благодаря этому никто не тратил время на поиск места для ночлега или своего командира — расположение каждого подразделения было известно еще до начала строительства.

Между жилыми рядами и внешними укреплениями находилась свободная полоса, называвшаяся интерваллумом (intervallum). Она удерживала палатки на безопасном расстоянии от вражеских метательных снарядов, уменьшала риск распространения пожара с окраины лагеря и обеспечивала пространство для передвижения войск, вьючных животных и патрулей вдоль оборонительной линии.

Внешняя оборона обычно начиналась с рва — фоссы (fossa). Извлеченную землю и камни насыпали вдоль внутреннего края рва, формируя земляной вал — валлум (vallum). Его укрепляли дерном и деревянными кольями, которые солдаты несли с собой либо заготавливали на месте.

Большинство лагерей имело несколько ворот, расположенных по периметру. Они соединялись с главными дорогами внутри лагеря, позволяя войскам быстро входить, выходить или строиться для выступления. В обычном походном лагере ворота могли представлять собой просто хорошо защищенный проход в валу, тогда как долговременные укрепления оснащались массивными воротами, башнями и дополнительными оборонительными сооружениями.

Виды римских лагерей

Не все лагеря строились с расчетом на одинаковый срок пребывания. Одни предназначались лишь для одной ночевки, другие использовались в качестве зимних квартир или постоянных военных баз.

Сезонные или походные лагеря римляне называли castra aestiva. Их возводили во время активных походов. Если армия собиралась выступить уже следующим утром, укрепления

могли быть относительно простыми. Однако при близости противника лагерь оснащали более глубокими рвами и мощными валами.

Зимние лагеря — castra hiberna — предназначались для длительного пребывания. Поскольку войска оставались здесь на всю холодную пору года, такие лагеря получали более прочные укрепления, улучшенные жилые помещения, склады, мастерские и конюшни. Временные палатки нередко заменяли деревянными постройками или усиливали местными строительными материалами.

Постоянные лагеря назывались castra stativa. Многие из них начинались как обычные земляно-деревянные укрепления, но впоследствии перестраивались в каменные крепости с капитальными зданиями. Внутри таких легионерских лагерей могли располагаться казармы, бани, госпиталь и другие сооружения.

Возле постоянных военных баз постепенно возникали гражданские поселения. Торговцы, семьи солдат и ремесленники селились рядом с крепостями, снабжая гарнизоны товарами и услугами. Многие современные европейские города выросли именно вокруг бывших римских лагерей или непосредственно на их месте.

При этом границы между различными типами лагерей не были жесткими. Временный лагерь мог превратиться в зимний, а зимний — со временем стать постоянной крепостью. Командиры всегда адаптировали стандартную схему к местности, уровню угрозы и текущим потребностям армии.

Как строился лагерь

Подготовка начиналась еще до подхода основных сил. Вперед отправлялся специальный отряд, который выбирал подходящее место и проводил его разметку. Предпочтение отдавалось твердой, хорошо дренированной местности с доступом к воде, дорогам и необходимым ресурсам. При этом старались избегать низин, подверженных затоплению, а также участков, где противник мог скрытно организовать засаду.

После выбора площадки землемеры размечали расположение штаба, дорог, мест для подразделений и внешней линии обороны. Используя флажки, измерительные инструменты и стандартные расстояния, они быстро создавали план лагеря, при необходимости приспосабливая его к особенностям местности.

Когда прибывала основная армия, работа распределялась между подразделениями. Если поблизости находился противник, часть войск несла охранение, пока остальные приступали к строительству. В безопасной обстановке к работам привлекалось больше солдат.

Первым этапом обычно становилось рытье оборонительного рва. Землю и камни выбрасывали внутрь, создавая основу будущего вала. Размеры укреплений зависели от уровня опасности. Для спокойной ночевки хватало сравнительно неглубокого рва, тогда как рядом с противником сооружали значительно более мощные оборонительные линии. Затем вал укрепляли землей, дерном или древесиной, устраивали ворота и дополнительные препятствия. После завершения внешней обороны подразделения ставили палатки, распределяли запасы и готовили пищу.

Эта система была эффективной благодаря тому, что строительные работы выполняла практически вся армия. Легионеры обучались не только ведению боя, но и маршам, земляным работам и строительству укреплений. В эпоху ранней Империи легион обычно насчитывал около пяти тысяч человек и делился на десять когорт. Большинство когорт

состояло из шести центурий примерно по 80 воинов, каждой из которых командовал центурион.

Тысячи хорошо подготовленных солдат, работавших одновременно, могли возвести основные укрепления и разместить лагерь значительно быстрее любой менее организованной армии. При этом античные источники не подтверждают распространённое утверждение, будто каждый римский лагерь неизменно строился ровно за три часа. Продолжительность работ зависела от рельефа, численности войск и действий противника. Однако при благоприятных условиях благодаря стандартной организации и дисциплине армия действительно могла создать надежно укрепленный лагерь всего за несколько часов.

Значение римских лагерей

Римский лагерь обеспечивал армии не только физическую защиту, но и поддерживал высокий уровень дисциплины, приучая солдат действовать как единый, хорошо организованный механизм. Он производил сильное впечатление и на противника: наблюдая, как армия после долгого перехода всего за несколько часов окружает себя рвами, валами и охраняемыми воротами, враги неизбежно понимали, насколько организованным и подготовленным является их противник.

Именно поэтому римские военные лагеря стали одним из важнейших элементов успеха римской армии. Эти мобильные укрепления позволяли практически на любой подходящей местности быстро создать безопасную базу. Их единообразная планировка исключала путаницу, мощная оборона сдерживала нападения, а сам процесс строительства наглядно демонстрировал дисциплину и инженерное мастерство, которые помогли Риму вести войны и удерживать под контролем огромную империю.

Источник: Naked-Science



География





Всё об Алжире. Африканская культура с французским колоритом



Атласские горы и Средиземное море, бескрайние пески Сахары и буйство зелени — Алжир удивительно контрастен и разнообразен. Добавьте к этому микс из национальных обычаев и колониальной культуры, и вы получите готовый рецепт для путешествия, которое напоминает настоящий приключенческий роман. Рассказываем о важном перед поездкой.

Зачем ехать

Алжир по-прежнему остаётся загадочной страной, до которой добираются немногие. Рассказываем, почему не стоит обделять его вниманием и чем здесь заняться. Здесь можно:

- Набрать полные ботинки песка и перезагрузиться под звёздным небом Сахары. Остаться ночевать среди барханов и поймать потрясающие закаты и рассветы — такое точно не забудется.
- Ощутить себя в затерянном мире, прогулявшись по «лесу из гор» в национальном парке «Тассилин-Аджер». Здесь больше 300 разнообразных скальных образований, а пейзажи — как на Марсе.
- Утонуть в зелени ботанического сада в столице Алжира, где на площади около 52 гектаров растут деревья-великаны.
- Поправить здоровье и устроить релакс в горячих источниках Хаммам-Мескутина — природного термального комплекса, в котором температура воды доходит почти до +100°C.

А ещё — с головой нырнуть в удивительный микс нескольких культур, познакомиться с местной кухней и закупиться этническими сувенирами.



Национальный парк «Тассилин-Аджер» • Песчанные дюны Сахары • Алжирский ботанический сад

География (города и курорты)

На карте Африки Алжир расположен на севере материка между Марокко, Тунисом и Ливией. Почти 80% его территории занимает пустыня Сахара, а берега северной части страны омывает Средиземное море. Через север Алжира проходит и горная система Атлас.

Столица Алжира — Алжир — самый крупный и большой город, откуда удобнее всего начинать путешествие. Он считается экономическим и культурным центром страны, где переплелись африканская, европейская и арабская культуры. Архитектурных достопримечательностей здесь в избытке (в одной только старинной крепости Касба можно провести 3-4 часа), а в городском Ботаническом саду чувствуешь себя как в настоящих джунглях, только с комфортными дорожками. Не зря же здесь в 1932 году снимали первый фильм о Тарзане.

От души нагулявшись по Алжиру, стоит познакомиться и с другими городами. Вот несколько локаций из списка must-visit для путешествия по стране:

Оран — город на берегу Средиземного моря, который считается одним из главных портов страны. Здесь национальный колорит причудливо смешивается с европейской архитектурой — наследством времён французской колонизации.

Беджая — ещё один алжирский город-порт. Его не зря называют лучшим курортом страны: потрясающие виды морских просторов сменяются густыми лесами и горными пейзажами, а узкие улочки покоряют своей атмосферностью.



Вид на столицу Алжира • Оран • Константина

Константина — «город семи мостов». Рай для тех, кто не боится высоты, и идеальное место для крутых фото. Город находится на горном плато и буквально разрезан на две части глубоким ущельем. Древнюю часть Константины с современными кварталами соединяют живописные мосты на высоте 125 метров, поэтому прогулка здесь запомнится надолго.

Аннаба — славится разнообразными ландшафтами и песчаными пляжами на побережье Средиземного моря.

Климат и когда лучше ехать

На территориях, где находится Алжир, есть Средиземное море, горы и самая большая пустыня в мире. Такое географическое разнообразие обуславливает и климат страны. На большей части Алжира он тропический с жарким летом и сильными и сухими ветрами. Исключение составляет только узкая полоса побережья, где из-за влияния моря сформировался мягкий средиземноморский климат. Здесь отдыхают круглый год: даже в январе температура не часто опускается ниже +11…+15°С, а в июле столбики термометров днём редко поднимаются выше +25…+27°С. Дожди в основном идут в ноябре-январе — и то преимущественно в горных районах.

В южной части климат Алжира более жаркий. Лето характеризуется резкой разницей температур: днём — около +40°С, а ночью — +20°С. Путешественникам, которые плохо переносят жару, на юг страны лучше ехать зимой — в это время климат здесь помягче: в дневное время столбики термометров держатся на отметке +20°С.



Исторический дворец в городе Беджая • Церковь над руинами Гиппона Региуса. Провинция Аннаба • Атласские горы



Фото: Shutterstock

Виза и въезд

Для въезда россиянам понадобится виза. Для её получения потребуются:

Загранпаспорт сроком действия не менее 6 месяцев на дату подачи документов и копии всех его страниц.

Две анкеты с фото. Заполняет и подписывает их лично заявитель, а информация должна быть на английском или французском языках.

Оригинал приглашения от частного лица либо ваучер (можно его цветной скан) от туристической компании Алжира. В нём должны быть указаны сроки пребывания в стране, реквизиты и адрес отеля и планируемый маршрут. Обратите внимание, что представитель туристической компании обязательно должен встречать вас в аэропорту — это требование местного законодательства для въезда. Приглашение и ваучер нужны для всех путешественников (даже самостоятельных путешественников) — без этих документов в страну просто не пустят.

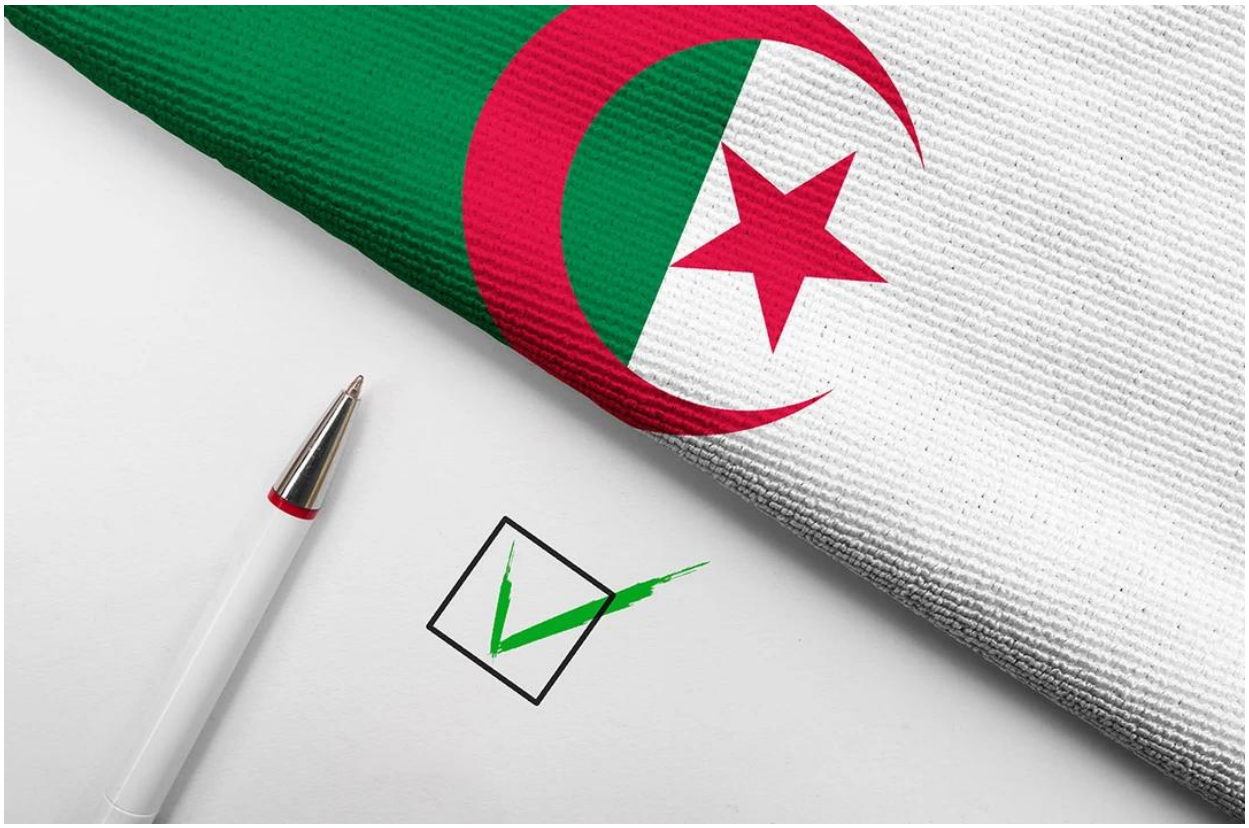


Фото: Shutterstock

Визу можно получить как в одном из посольств Алжира, так и онлайн — при помощи визовых центров, которые занимаются оформлением таких документов. После получения разрешения можно спокойно путешествовать по стране 30 дней.

Важно: Израиль — единственная страна, после посещения которой въезд в Алжир запрещён. Так что, если в загранпаспорте есть отметки о пересечении израильской границы, лучше перед поездкой получить второй для таких случаев (может пригодиться не раз).

Как добраться

В стране есть несколько аэропортов. Самый крупный из них — Хуари Бумедьен, который находится в городе Алжир. Сюда и прилетают большинство путешественников, а билеты есть

из многих крупных городов России: Санкт-Петербурга, Казани, Новосибирска, Екатеринбурга и т. д. Почти все перелёты с пересадками: например, в Стамбуле. Прямые рейсы пока летают только из Москвы.



Фото: Shutterstock

Валюта

В стране расплачиваются только алжирскими динарами (DZD). Обращение других валют запрещено, но с собой лучше брать доллары или евро — их проще всего поменять на местные деньги.

По прилёте не торопитесь сразу менять все наличные в аэропорту и тем более у местных менял. В Алжире официальный курс существенно отличается от чёрного рынка. Поэтому в аэропорту советуем поменять необходимый минимум, а в обменных пунктах города оставшуюся валюту по более выгодному курсу.



Фото: Shutterstock

Карты в стране (и российские, и зарубежные) практически бесполезны — их почти нигде не принимают, а расплачиваются везде наличными. Терминалы встречаются в некоторых отелях, но пользоваться ими невыгодно из-за большой разницы в курсах валют.

Достопримечательности

В стране их немало — и природных, и архитектурных. Собрали топовые локации для путешественников, которые приезжают в Алжир в первый раз.

Пустыня Сахара

Самая большая пустыня на планете и точка притяжения для всех, кто приезжает в Алжир. Местные дюны настолько внушительны, что в арабском языке для их обозначения даже есть отдельное слово — «эрг», или «дюнное море».

В Сахаре живут кочевые племена с древней культурой — туареги, — которые радушно встречают путешественников, знакомят их со своими обычаями и бытом. Например, учат печь хлеб в горячем песке. А если задержаться здесь хотя бы на одну ночь, фантастическое звёздное небо над бескрайними просторами Сахары и невероятные закаты и рассветы уже никогда не сотрутся из памяти.

Плато Тассилин-Аджер

Его можно смело назвать «музеем» наскальной живописи. Тассилин-Аджер — это плато в Сахаре, на котором находится множество причудливых скальных образований, а наскальных рисунков здесь — свыше 15 тысяч. Причём учёные считают, что это не просто сцены из бытовой жизни, а картины, изображающие, как менялся климат и животный мир в Сахаре начиная с VI тысячелетия до нашей эры и до первых веков нашей эры.



Фото: Shutterstock



Фото: Плато Тассилин-Аджер

Местные племена называют Тассилин-Аджер «лесом гор». Возможно, такое название появилось из-за скал причудливых форм, которые действительно отдалённо напоминают заросли огромных деревьев. Славится плато и своими фантастическими пейзажами: арки, колонны, шары — какие только формы здесь ни приобретает камень. Особенно впечатляюще это выглядит на закате, когда создаётся ощущение, будто и вправду попал на Марс.

Термальные источники Хаммам-Мескутин

Место, где можно сварить яйца и вскипятить чайник. Хаммам-Мескутин — целый комплекс горячих источников, температура в которых доходит до +97°С. Кипящая вода, насыщенная множеством солей и минералов, вытекает прямо из-под земли. Когда она частично остывает на воздухе, минералы и соли оседают, образуя удивительные разноцветные ландшафты.

В сами источники окунаться запрещено. Да и смельчаков особо не находится. Для приезжающих неподалёку построено множество курортов с местами для купания, где вода уже не такая горячая.





Развлечения

Основная масса активностей для путешественников ориентирована на поездки по стране. Лидер в этом списке — экскурсии в Сахару на джипах или на верблюдах. На многих из них можно познакомиться с тем самым племенем туарегов и даже остаться ночевать в их лагере.

Тем, кто хочет посмотреть как можно больше, стоит отправиться в небольшие поездки по стране: посетить один из национальных парков, добраться до термальных источников и погулять по древним городам. А на побережье Средиземного моря летом популярен дайвинг и снорклинг.




Кухня

Основу алжирской кухни составляют блюда из мяса и зерновых культур. Самое популярное блюдо — кускус. Это пшеничная крупа, в которую добавляют мясо и овощи или любые другие добавки, а потом томят на пару. Существуют сотни вариантов этого блюда — от пряных и острых до сладких.

Не уступает ему по популярности и таджин — нечто среднее между рагу и супом. Его фишка в непрерывности приготовления: все ингредиенты укладывают в специальную посуду и не открывают крышку до момента подачи на стол.

Из сладостей алжирцы очень любят буссу-латмессу — печенье, которое готовят из кунжутных семян с добавлением лимона и апельсиновой воды, а потом обсыпают сахарной пудрой.



Кускус • Таджин • Печенье буссу-латмессу. Фото: проект «Едим дома»

Сувениры

Шопинг — одно из популярных развлечений в Алжире. От буйства красок на колоритных национальных рынках просто разбегаются глаза, а обилие необычных сувениров буквально провоцирует купить всё и сразу.

В топе презентов из поездки:

Разноцветная глиняная посуда с яркими орнаментами.

Изделия из кожи — от брелков до сумочек и обуви.

Солома, из которой берберы (местный народ) делают почти всё: шляпки, циновки, сумки и даже целые панно на стену.

Украшения с этническими узорами. Правда, есть один минус: они достаточно тяжёлые, зато понравятся любительницам бохо-стиля.







Если хочется съедобных сувениров, обратите внимание на финики, инжир и ароматные специи. А в последнее время многие путешественники стали увозить с собой сыры: в стране их огромный выбор, а часть привозят в Алжир прямо из Франции.

Транспорт

В Алжире большая часть транспортной инфраструктуры сосредоточена на севере страны. Здесь развитая сеть железных дорог и налаженное авиасообщение, поэтому можно свободно летать между городами, например из города Алжир в Константину. С автобусами хуже: ходят они нерегулярно, а отправляются по мере наполняемости.

А ещё Алжир — третья страна на карте Африки, где есть метро (первые две — Египет и Тунис). Метрополитен, который состоит из 19 станций, расположен в столице.



Фото: Shutterstock

В южной части всё не так гладко. Транспорта здесь гораздо меньше, а основное перемещение между населёнными пунктами возможно на автобусах. Поэтому, если вы собираетесь на юг страны, лучше арендовать машину, чтобы спокойно объехать все запланированные места.

Безопасность

Алжир славится своими консервативными нравами. Здесь почти всё население мусульмане, поэтому туристам стоит носить неброскую одежду, а мужчинам отказаться от коротких шорт, а женщинам — от коротких юбок и вызывающих декольте. Стоит воздержаться и от публичных проявлений чувств — здесь это не только порицаемо, но и уголовно наказуемо.

В целом безопасность зависит от района страны. На севере, где находится столица, относительно спокойно, а вот от поездок в юго-восточные провинции (Таманрассет, Джане и Иллизи) без местных сопровождающих многие советуют воздержаться из-за высокой угрозы терроризма.

Заключение

Алжир суров, но прекрасен. Несмотря на необходимость получения визы, страна однозначно заслуживает посещения. Ведь где ещё можно испечь хлеб в песке, встретить закат посреди пустыни и при этом полюбоваться на французскую архитектуру? Сюда и ездить можно круглый год: летом — на побережье Средиземного моря с мягким климатом, зимой — на юг страны, в дюны Сахары.



Фото: Shutterstock

Источник: ТРИПСТЕР

Информация





Доживем ли мы до таблетки от старости

Интервью с известным российским и американским ученым, профессором Гарвардской медицинской школы Леонидом Пешкиным, который руководит группой, исследующей проблемы старения, продолжительности жизни и создающей лекарства, которые когда-то, возможно, позволят избежать смерти от старости. Один из проектов генетик реализует при участии в том числе и талантливых российских студентов.

"Смерть — это ошибка природы"... Леонид, что вы вкладывали в эту фразу?

Леонид Пешкин: То, что я не вижу ничего естественного в смерти. От старости каждый день в мире умирает примерно столько же, сколько погибло от взрыва атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки. Каждый день мы теряем около 150 тысяч человек. Нелогично считать одно трагедией, а другое нормой. Просто нелепо, что мы живем под бременем неизбежной гибели, чаще всего гибели мучительной. Это ошибка.

Посмотрите с точки зрения общества: рождается человек, долго учится ходить, говорить, читать, годам к 25 получает образование и становится полезным обществу. И всего через каких-то 40 лет стареет и умирает. Куда разумнее, если бы люди не были обречены на смерть от старости, а жили столько, сколько считают нужным.

Замечу, что старение, похоже, вовсе не является биологической необходимостью. Мы изучили разные виды животных и знаем, что есть животные, которые не стареют. Это не означает, что они не умирают вовсе, но с возрастом у них не увеличивается вероятность смерти. Вот что важно. Они не дряхлеют.

Вы имеете в виду голых землекопов?

Леонид Пешкин: Не только, хотя, если углубиться, можно долго говорить только об этих удивительных созданиях. Голые землекопы, например, практически не болеют раком. Но это тема отдельной публикации. Есть и другие животные, которые, похоже, не стареют, - осетры, некоторые акулы и крабы.

От чего же они умирают?

Леонид Пешкин: В природе они либо погибают в зубах хищника, либо потому, что не находят себе пропитание. В лабораторных условиях и в зоопарке иначе. Заразу никто не отменял, болеют, гибнут от микробов и вирусов. Понимаете, вероятность умереть есть всегда.

Расскажите о сути вашей работы.

Леонид Пешкин: есть два основных направления нашей работы, первое состоит в том, как найти средство от старения. А другое - как проверить его действенность, если это средство нашлось. Не важно, нашел ли его я или другая группа ученых.

Мы создали платформу с использованием систем искусственного интеллекта, который позволяет тестировать различные вещества. И выявлять среди них те, которые влияют на продолжительность жизни. При этом мы проверяем, как то или иное вещество влияет не только на продолжительность, но и на качество жизни.

Тестируете на людях-добровольцах?

Леонид Пешкин: нет, во-первых, люди все разные, живут в разных условиях, диеты у всех разные. Во-вторых, продолжительность жизни у человека слишком длинная, результаты эксперимента в лучшем случае получит только следующее поколение ученых. Выручает то, что все живые существа очень похожи, состоят из похожих генов, клеток, тканей, органов, и можно надеяться, что ломаются они тоже одинаково. Мы придумали использовать животных, которых никогда раньше не использовали, это маленькие ракообразные - дафнии. Они живут всего месяц. Создали такую систему, в которой можем за десятками тысяч этих животных наблюдать одновременно и испытывать на них различные препараты. Смотрим, что происходит с живым существом в течение его короткой жизни. Но чтобы ускорить процесс, этим должны заниматься сотни лабораторий в мире, пробовать сотни разных веществ, чтобы найти всего, возможно, два-три, которые самую малость продлевают жизнь, и то это будет только первый шаг. То есть мы должны создать такую испытательную платформу и распространить ее среди коллег.

А где вы собираетесь искать само средство от старения?

Леонид Пешкин: как это ни смешно, искать там, где сказано в сказках. Помните, конец Кощеевой смерти был в яйце. И так получилось, что секрет долголетия в яйце, точнее, в яйцеклетках. Сама природа, эволюция уже нашла секрет долголетия и бессмертия, просто он пока не используется, чтобы продлить жизнь нам с вами, взрослым организмам. Это хорошо известное наблюдение, оно называется "обнуление зародышевой линии". Что произошло, когда я родился? У моей мамы взяли клетку, которая существовала столько же, сколько сама мама, - 35 лет. Эта клетка подвергалась ионизирующему облучению, в ней шли метаболические процессы, окисление. Она накапливала мусор. Потом эта клетка встретилась со сперматозоидом моего отца, который на тот момент существовал почти 50 лет. Этот сперматозоид тоже подвергался облучению и всяческим повреждениям. И вот эта совместная клетка, которой то ли 50, то ли 35 лет, образовала организм, которому ноль лет. Произошло обнуление возраста и очищение от мусора. Удивительная загадка природы! То есть в геноме уже сидит какая-то программа обнуления и избавления от накопленного с возрастом мусора. Просто она не включается во взрослых организмах. Если бы такой программы не было, то каждое поколение жило бы все меньше, пока не исчезло с лица Земли все живое.



Леонид Пешкин — с оптимизмом: Ищите бессмертие в яйце. Фото: Из личного архива Леонида Пешкина

Много ли в мире ученых занимаются проблемами старения?

Леонид Пешкин: если мы с вами не доживем до таблетки от старости, то это из-за того, что очень много в науке сегодня отдано на откуп бизнесу с акцентом на быстрый оборот и прибыль. Когда меня спрашивают: "А когда ты начнешь торговать таблетками от старости?" - я честно говорю: "Не знаю, скорее всего, мы с вами до этого не доживем". Услышав такие слова, потенциальные инвесторы отвечают: "Спасибо, было интересно с вами поговорить. Всего доброго".

Фундаментальными исследованиями причин и научно обоснованной борьбой со старением занимаются от силы 20 лабораторий во всем мире. Если эта область не получит щедрой бескорыстной поддержки от филантропов на уровне средств, которые идут церквям, детским домам и музеям, если капитал не будет просто отдан в обмен на шанс продлить здоровое существование, а не в обмен на вероятную прибыль, мы не увидим результатов.

Вы тот человек, геном которого сегодня расписан лучше всего на планете, который согласился отдать его науке для использования в качестве стандарта в лабораториях всего мира. Почему вы на это решились?

Леонид Пешкин: получилось это случайно. В Бостоне, где я живу, в одном из научных центров основали программу и стали искать человека, который отдаст свои клетки и не будет возражать, чтобы выложили его полный геном в интернете. Отчасти я это сделал из упрямства, в противовес общей панике: "Ни в коем случае не выкладывайте свой геном в интернет, о вас все станет известно, и вы пострадаете". Это паникерство необоснованно и страшно вредит науке. Если среднестатистическому американцу скажут "давай сделаем тебе бесплатный геном, но о нем будет известно всем", он ответит "нет". Человек опасается, что у него выявится

предрасположенность к болезням и его начнут дискриминировать на работе или не застрахуют. Но я-то понимаю, что интерпретировать, понять геном полностью мы не сумеем, наверное, еще десятилетия, дискриминации бояться нечего. Что значит мой геном - самый хорошо охарактеризованный геном на планете? Это значит, что в этом длинном тексте на непонятном языке очень точно прочли каждую букву. Но надо понимать, что эта книга написана на языке, который пока не расшифрован.

Что же от этого науке? Мой геном используют как стандарт в научных разработках. Как эталонные гири на рынке, когда мы покупаем клубнику.

Ключевой вопрос: Леонид, на ваш взгляд, а что будет после смерти?

Леонид Пешкин: Я считаю смерть ошибкой природы именно потому, что мне совершенно очевидно, что после смерти не может быть ничего. Само понятие "быть" после смерти теряет всякий смысл, это семантический ноль. Все, что мы вкладываем в это понятие, основано на том, что мы воспринимаем через наши органы чувств - зрение, осязание, обоняние существует только в теле, и никакого "бытия вне тела" не может быть по определению самого этого понятия. Мы чувствуем, только пока мы живы.

Видео «Старение — это ошибка природы». Большой разговор с ученым из Гарварда» смотрите на YouTube

Источник: Российская газета

Почему нельзя делить на ноль — простое и понятное объяснение для всех

Разобраться в этом вопросе важно не только для хороших оценок, но и для понимания того, как устроены числа и почему некоторые действия с ними просто теряют смысл.



В школе нам всем говорили, что делить на ноль нельзя. Это правило мы запоминаем на всю жизнь и редко задумываемся, почему оно вообще появилось. Обычно объяснение сводится к тому, что так сказал учитель, и этого достаточно. Но на самом деле за этим запретом стоит очень простая логика, которую легко понять, даже если вы не любите математику.

Давайте представим деление как раздачу предметов между людьми. Если у вас есть десять яблок и вы делите их на двоих, каждый получает по пять яблок. Если вы делите те же яблоки на одного человека, он получает все десять. А теперь попробуйте разделить яблоки на 0 человек. Вы никому их не отдаете, потому что получателей просто нет. Вопрос о том, сколько яблок получит каждый, теряет всякий смысл, ведь отвечать некому.

Арифметика для всех

Давайте представим деление как раздачу предметов между людьми. Если у вас есть десять яблок и вы делите их на двоих, каждый получает по пять яблок. Если вы делите те же яблоки на одного человека, он получает все десять. А теперь попробуйте разделить яблоки на 0 человек. Вы никому их не отдаете, потому что получателей просто нет. Вопрос о том, сколько яблок получит каждый, теряет всякий смысл, ведь отвечать некому.



Математика подходит к этому вопросу строже. Деление всегда можно проверить умножением. Если мы разделили восемь на два и получили четыре, то четыре умножить на два даст восемь. Теперь попробуем разделить восемь на 0 и обозначим результат иксом. Тогда икс умножить на 0 должно равняться восьми. Но любое число, которое мы умножим на 0, дает 0. Получается, что 0 должен равняться 8, а это невозможно. Поэтому у уравнения просто нет решения.

Иногда люди путаются и думают, что 0 делить на 0 можно. Это кажется логичным, но на самом деле здесь возникает еще большая проблема. Если мы ищем число, которое при умножении на 0 даст 0, то подойдет любое число: и пять, и сто, и минус три. Результатов становится бесконечно много, и математика не может выбрать какой-то один правильный. Поэтому такой случай тоже считается запрещенным.

Сложность возникает и тогда, когда мы пытаемся делить на очень маленькие числа. Если разделить единицу на одну тысячную, получится тысяча. Если разделить на одну миллионную, получится миллион. Чем меньше число, на которое мы делим, тем больше становится результат. Если мы будем все ближе подходить к нулю, но не касаться его, результат будет расти до бесконечности. Но 0 сам по себе не является маленьким числом, это полное отсутствие величины, поэтому идти до конца и делить именно на 0 математика не разрешает.

Кстати, с умножением на 0 таких проблем нет. Умножать на 0 можно смело, и результат всегда будет одинаковым — 0. Это правило работает без исключений. Пять умножить на 0 будет 0, сто умножить на 0 будет 0. Все просто и понятно, потому что умножение на 0 означает, что мы берем число ни разу, то есть не берем совсем.

В высшей математике иногда используют деление на 0, но это совсем другая история. Там работают с бесконечностью как с особым объектом, и это нужно для решения сложных задач из физики и инженерии. Для повседневной жизни и обычных расчетов правило остается неизменным. На 0 делить нельзя, потому что это приводит к противоречиям, с которыми нельзя работать осмысленно.

Так что школьный запрет — это защита от логических ошибок, которые разрушают всю систему арифметики. Если бы мы разрешили деление на ноль, то любые вычисления потеряли

бы смысл, и два плюс два могло бы равняться чему угодно. Поэтому правило работает и будет работать всегда, пока мы пользуемся обычной математикой.

Проверка через умножение

Чтобы понять запрет на деление на ноль, нужно вспомнить, что такое деление вообще. В начальной школе деление объясняют через раздачу предметов поровну. Есть число, которое нужно разделить, и есть число, показывающее, на сколько частей мы это число делим. Когда мы делим на два, мы разбиваем на две равные части. Когда на три, на три части. А когда мы пробуем делить на ноль, мы пытаемся разбить число на ноль частей. Но частей без размера не существует, мы не можем взять и создать пустые доли. Поэтому само действие теряет свой смысл, потому что не получается объяснить, что должно получиться в итоге.



Если ответ нельзя проверить умножением, то действия не существуетМатематики подходят к этому вопросу через проверку умножением. Любое деление можно перевернуть и проверить с помощью умножения. Если мы разделили десять на два и получили пять, то пять умножить на два даст десять. Это универсальный способ проверки, он работает для всех чисел. Теперь берем пример с делением на 0. Пусть мы делим десять на 0 и обозначаем результат какой-то буквой, например, икс. Тогда по правилам проверки икс нужно умножить на 0, и мы должны получить исходное число десять.

Здесь мы подходим к главному свойству нуля в умножении. Любое число, какое бы мы ни взяли, при умножении на 0 дает 0. Это строгое правило, которое не нарушается никогда. 5 умножить на 0 дает 0. Минус два умножить на 0 тоже дает 0. И даже если мы возьмем очень большое или очень маленькое число, результат все равно будет 0. Поэтому когда мы пытаемся найти икс для деления десяти на ноль, мы ищем число, которое при умножении на 0 даст 10. Но такого числа просто не существует, ведь любое число при умножении на 0 дает только 0, а не десять.

Получается, что уравнение икс умножить на 0 равно 10 не имеет решений. Сколько бы мы ни перебирали числа, ни одно из них не подойдет. Это и есть главная причина запрета. Деление на ноль приводит к ситуации, когда мы не можем найти ответ, потому что проверка через умножение дает противоречие. Мы просим число, которое невозможно получить по правилам арифметики.

Вам может понравиться

Такая же логика работает с любым другим числом, кроме нуля. Если мы делим на 0 пять, двенадцать или сто, мы каждый раз будем требовать, чтобы при умножении на 0 получилось это число. А это невозможно, потому что умножение на 0 всегда дает только 0. Поэтому говорят, что результат деления на 0 не определен. Это не просто слова учителей, а строгий математический вывод.

Иногда возникает путаница с делением нуля на число. Здесь все работает нормально. Если мы делим 0 на 5, мы ищем число, которое при умножении на 5 даст 0. Это число 0, потому что 0 умножить на 5 будет 0. Такое деление разрешено и дает предсказуемый результат. Но как только ноль оказывается в роли делителя, то есть мы делим на ноль, сразу возникает описанная выше проблема.

Есть еще один любопытный случай, когда мы делим 0 на 0. Здесь проверка через умножение выглядит так: мы ищем число икс, которое при умножении на 0 даст 0. Этому условию удовлетворяет любое число, потому что любое число умножить на 0 дает 0. Получается, что у этого примера бесконечно много подходящих ответов, и математика не может выбрать какой-то один правильный. Поэтому 0 делить на 0 тоже запрещено, но по другой причине — из-за неоднозначности результата. В обоих случаях деление с участием нуля в роли делителя не дает однозначного и непротиворечивого ответа, поэтому математики исключили такие действия из правил арифметики.

Особый случай: ноль делить на число и 0 делить на 0

Когда мы говорим о делении и нуле, важно различать две ситуации. В первой ситуации ноль стоит на месте делимого, то есть мы делим ноль на какое-то число. Во второй ситуации 0 оказывается делителем, то есть мы пытаемся разделить число на 0. Эти случаи устроены совершенно по-разному, и путать их нельзя. Школьное правило запрещает именно деление на 0, но не запрещает делить сам ноль.

Ноль на число — ноль; ноль на ноль — бесконечный выборНачнем с простого случая, когда ноль делят на число. Например, 0 разделить на 5. Здесь все работает без проблем. Мы берем пустоту и делим ее на пять равных частей. Каждая часть остается пустой, то есть равной нулю. Это логично и понятно. Точно так же 0 разделить на 10 или на 100 даст 0. Правило здесь простое: если мы делим 0 на любое ненулевое число, результатом всегда будет 0. Это свойство действует без исключений.

Проверить это можно через умножение. Если мы разделили 0 на 5 и получили 0, то умножим 0 на 5. Ноль умножить на пять дает ноль, и мы возвращаемся к исходному числу. Все сходится, противоречий нет. Поэтому делить ноль на число можно смело, это разрешенная и полезная операция. Она используется в математике постоянно и не вызывает никаких сложностей.



Теперь разберем случай, который часто сбивает с толку. Это пример 0 разделить на 0. На первый взгляд кажется, что раз 0 можно делить на число, а число 0 — тоже число, то и здесь должно получиться что-то простое. Но на самом деле этот пример приводит к неразрешимой ситуации. Давайте проверим его через умножение. Мы ищем число икс, которое при умножении на ноль даст ноль. Под это условие подходит абсолютно любое число. 5 умножить на 0 дает 0, 42 умножить на 0 дает 0, и -7 умножить на 0 тоже дает 0.

Получается, что у примера 0 разделить на 0 есть бесконечно много правильных ответов. Любое число, которое вы назовете, будет удовлетворять проверке. Это создает серьезную проблему. Математика не может работать с действием, у которого нет одного определенного результата. Если мы скажем, что ноль разделить на ноль равняется трем, то кто-то сможет возразить и сказать, что это равняется пяти, и оба будут правы. А это значит, что такой результат теряет всякий смысл.

Поэтому математики договорились считать, что выражение 0 разделить на 0 не определено. Это не значит, что оно равно какому-то конкретному числу или что его нельзя вычислить. Это значит, что у него нет единого значения, которое устроило бы всех. Любое число могло бы быть ответом, но тогда это число ничего бы не означало. Чтобы избежать путаницы и сохранить строгость математических правил, пример 0 разделить на 0 был исключен из разрешенных действий.

Иногда люди думают, что раз 0 разделить на число дает 0, то и 0 разделить на 0 должно давать 0. Но это ошибка. В случае деления на число мы искали число, которое при умножении на это число даст ноль. Для числа 5 это был 0. А в случае деления на ноль мы ищем число, которое при умножении на 0 даст 0, и здесь подходит все. Это принципиально разные ситуации, хотя на первый взгляд они похожи.

Важно запомнить простое различие. Если мы делим 0 на любое число, кроме нуля, мы всегда получаем 0. Это правило работает четко и надежно. Если же мы пытаемся разделить что-то на 0, включая сам 0, мы сталкиваемся с отсутствием однозначного ответа. Поэтому в

математике разрешено только деление, где делитель не равен нулю. Это касается и случая, когда делимое тоже ноль.

Взгляд из высшей математики: пределы и бесконечность

В школьной математике запрет на деление на ноль действует строго и безоговорочно. Но в высшей математике, которой занимаются студенты и ученые, этот вопрос рассматривается немного иначе. Там появляется понятие предела, которое позволяет подойти к нулю очень близко и посмотреть, что происходит с числами в этом путешествии. Хотя непосредственно делить на ноль все равно нельзя, математики научились изучать поведение выражений, когда делитель становится почти нулем.



К нулю можно приближаться, но делить на него запрещено.

Давайте представим, что мы берем единицу и начинаем делить ее на все меньшие и меньшие числа. Сначала разделим на одну десятую, получится десять. Потом разделим на одну сотую, получится сто. Затем на одну тысячную, получится тысяча. Мы видим закономерность: чем меньше число, на которое мы делим, тем больше становится результат. Если мы продолжим этот ряд и будем брать числа, которые все ближе к нулю, но все же не равны ему, результаты будут расти без остановки.

Такой процесс в математике называется стремлением к бесконечности. Говорят, что предел единицы, деленной на икс, при икс стремящемся к нулю, равен бесконечности. Это очень полезная конструкция, которая позволяет решать многие сложные задачи. Например, физики используют такие расчеты, когда изучают поведение объектов вблизи сингулярностей, вроде черных дыр, или когда работают с очень большими и очень малыми величинами.

Предел — это фундаментальное понятие математического анализа, которое описывает поведение переменной величины, когда она неограниченно приближается к какому-то определенному значению, но никогда его не достигает. Представьте, что вы идете по коридору к стене и каждый раз проходите ровно половину оставшегося

расстояния. Вы будете бесконечно приближаться к стене, но никогда не коснетесь ее. В математике точно так же число может бесконечно близко подходить к нулю, делясь на все меньшие и меньшие величины, и результат этого приближения будет неограниченно расти. Предел позволяет математикам изучать процессы, которые происходят в бесконечно малых окрестностях запретных точек, например около нуля, и делать из этого изучения строгие выводы, не нарушая при этом основных законов арифметики. Именно благодаря понятию предела ученые могут описывать движение, изменения, рост популяций, физические процессы и даже поведение Вселенной вблизи черных дыр, хотя сами числа, к которым они приближаются, могут быть недостижимы.

Важно понимать, что бесконечность не является числом в обычном смысле. Это скорее идея, обозначающая процесс неограниченного роста. Если мы просто возьмем и напишем, что 1 разделить на 0 равняется бесконечности, это будет не совсем корректно. Правильнее сказать, что при приближении к нулю результат неограниченно возрастает. Математики очень аккуратны в таких формулировках, потому что путаница между бесконечностью как процессом и бесконечностью как числом может привести к ошибкам.

В некоторых разделах математики используется расширенная числовая прямая, куда добавляют специальные символы для плюс и минус бесконечности. В этой системе иногда допускают деление на ноль, но с большими оговорками. Например, в комплексном анализе есть объект, который называется сферой Римана. На этой сфере точка бесконечности становится полноправным элементом, и там деление на 0 дает бесконечность, а деление на бесконечность дает 0. Это удобный математический инструмент, который помогает упростить многие вычисления.

Однако такие вещи изучают уже в университете на специальных курсах. Для повседневных расчетов и для большинства практических задач школьное правило остается неизменным. Деление на ноль в обычной арифметике не определено, потому что оно не дает конкретного числового результата. Можно бесконечно близко подходить к нулю, наблюдать за ростом чисел и делать из этого выводы, но переступать черту и делить именно на 0 математика не позволяет.

Есть и другая тонкость. Когда мы говорим о пределах, важно знать, с какой стороны мы приближаемся к нулю. Если мы делим положительную единицу на положительные маленькие числа, мы получаем положительную бесконечность. Если мы делим на отрицательные маленькие числа, мы получаем отрицательную бесконечность. Это показывает, что даже в мире пределов ответ зависит от направления приближения, что еще раз подчеркивает неоднозначность самой операции деления на 0.

Таким образом, высшая математика не отменяет школьный запрет, а лишь дополняет его более глубоким пониманием. Вместо того чтобы просто сказать «нельзя», математики говорят «давайте посмотрим, что происходит рядом с запретной зоной». Это позволяет использовать нуль в расчетах косвенно, через пределы и бесконечно малые величины. Такой подход открывает двери в мир дифференциального и интегрального исчисления, где нуль и бесконечность играют важнейшую роль, но всегда остаются под контролем строгих правил.

Блокнот ошибок: умножение на ноль

Когда речь заходит о нуле, многие люди путают правила умножения и деления. Это понятно, потому что оба действия связаны с одним и тем же числом, и кажется, что раз с нулем что-то нельзя делать в делении, то и в умножении должны быть какие-то ограничения. На

самом деле умножение на ноль работает совершенно иначе и не вызывает никаких математических проблем. Это одна из самых простых и надежных операций в арифметике.



В умножении ноль обнуляет любое число без исключений.

Давайте разберемся, что такое умножение на ноль. Умножение можно понимать как многократное сложение одного и того же числа. Например, пять умножить на три означает сложить три пятерки, получится пятнадцать. Теперь посмотрим на пример пять умножить на ноль. Это означает, что мы должны взять пятерку и сложить ее ноль раз. Но сложить число ноль раз — это значит не складывать его вовсе. Если мы ничего не складываем, у нас ничего и не получается, то есть результатом будет ноль.

Точно так же работает любое другое число. 10 умножить на 0 дает 0, потому что мы не берем десятку ни разу. 100 умножить на 0 дает 0. Даже если мы возьмем очень большое число, например миллион, и умножим его на ноль, результат все равно будет ноль. Это правило работает без исключений для всех чисел, какие только существуют. Можно сказать, что ноль в умножении ведет себя как уничтожитель — он превращает любое число в ноль.

Иногда люди спрашивают, а что будет, если 0 умножить на число. Здесь ситуация ровно та же. 0 умножить на 5 означает, что мы берем 0 и складываем его пять раз. 0 плюс 0 плюс 0 плюс 0 плюс 0 дает 0. Так что ноль умножить на любое число тоже равно нулю. Это свойство называется коммутативностью умножения, но если не вдаваться в термины, достаточно запомнить простой факт: при умножении на 0 всегда получается 0, независимо от того, на каком месте стоит 0.

Это правило очень удобно и часто используется в математике. Когда мы решаем уравнения, мы можем смело умножать обе части на ноль, если это помогает упростить выражение, хотя обычно так делают редко. В повседневной жизни умножение на ноль тоже встречается постоянно. Если вы купили ноль килограммов яблок по сто рублей за килограмм, вы заплатите ноль рублей. Если вы работали ноль часов с почасовой оплатой, вы получите ноль рублей. Везде, где появляется ноль как множитель, результат предсказуем и однозначен.

Вот здесь и кроется главное отличие от деления. В умножении на 0 мы всегда получаем один и тот же четкий ответ — 0. Никаких противоречий, никаких неопределенностей. В

делении же на ноль мы получаем либо отсутствие решения, когда делим ненулевое число, либо бесконечное множество решений, когда делим 0 на 0. Именно поэтому умножение на ноль разрешено и широко используется, а деление на ноль запрещено.

Иногда в школьных примерах встречаются выражения, где внутри скобок или в больших формулах есть ноль. Если внутри сложного выражения какая-то часть умножается на ноль, мы смело можем заменять ее нулем и дальше решать пример. Это называется упрощением. Например, если у нас есть выражение пять плюс три умножить на ноль, мы сначала выполняем умножение и получаем пять плюс ноль, что равно пяти. Это правило работает всегда и не зависит от того, сколько других чисел есть в примере.

Важно помнить, что умножение на 0 — это не то же самое, что деление на 0. Это два совершенно разных действия с разными правилами. Умножение на ноль всегда дает ноль и не вызывает никаких математических проблем. Поэтому в школе не говорят «нельзя умножать на ноль». Наоборот, учат, что при умножении на ноль нужно смело ставить ноль в ответе. Это простое правило помогает быстро и безошибочно решать многие задачи, и его стоит запомнить раз и навсегда.

Короткие ответы на главные вопросы

Вокруг темы деления на 0 и умножения на 0 накопилось много вопросов, на которые полезно дать короткие и ясные ответы. Самый главный вопрос звучит так: **точно ли на ноль делить нельзя**? Да, в школьной математике делить на ноль запрещено, и это правило действует для всех чисел без исключений. Этот запрет не является случайным или прихотью учителей, он основан на строгих законах арифметики, которые не позволяют получить однозначный ответ при делении на ноль.

Другой частый вопрос касается деления самого нуля. **Можно ли делить ноль на число**? Да, это разрешено и дает предсказуемый результат. Если мы делим ноль на любое число, кроме нуля, мы всегда получаем ноль. Например, 0 разделить на 5 ять будет 0, 0 разделить на 100 тоже будет 0. Это правило работает всегда и не вызывает никаких сомнений. А вот если мы пытаемся разделить ноль на ноль, математика не дает ответа, потому что этому условию удовлетворяет любое число, и результат становится неопределенным.

Многие спрашивают, **что такое ноль в математике**. Ноль — это число, которое обозначает пустоту или отсутствие чего-либо. В сложении ноль ведет себя как нейтральный элемент: если прибавить ноль к любому числу, число не изменится. В умножении 0 ведет себя как поглощающий элемент: любое число при умножении на 0 превращается в 0. Эти два свойства нуля очень важны и используются во всех разделах математики.

Еще один вопрос, который часто возникает: **сколько будет ноль разделить на ноль**? На этот вопрос, как мы писали выше, нет ответа в обычной арифметике. Некоторые думают, что это будет 0, другие предполагают, что единица, но оба варианта неверны. Математики говорят, что это выражение не определено, потому что у него нет единственного правильного значения. Любое число могло бы быть ответом, но тогда это число ничего бы не означало, поэтому такой пример считается некорректным.

Вопрос **про единицу, деленную на ноль**, тоже возникает регулярно. В рамках школьной программы это действие запрещено, и ответа не существует. Однако если мы изучаем высшую математику и используем понятие предела, то можно сказать, что при приближении к нулю результат стремится к бесконечности. Но это не означает, что 1 разделить на 0 равна

бесконечности в обычном смысле. Это всего лишь описание процесса, а не конкретное числовое значение.

Иногда люди путаются, когда речь заходит об **умножении на ноль**. Можно ли умножать на 0? Да, это одно из самых разрешенных действий в математике. При умножении любого числа на 0 получается 0. Это строгое правило, которое работает без исключений. 5 умножить на 0 будет 0, и 0 умножить на 5 тоже будет 0. Не существует числа, которое при умножении на 0 дало бы что-то другое.

Есть вопрос о том, **что получается при умножении на ноль**. Ответ всегда один и тот же: 0. Не важно, какое число мы умножаем, большое оно или маленькое, положительное или отрицательное. Результат всегда будет равен нулю. Это свойство нуля делает умножение на него очень простым и понятным действием, которое не вызывает никаких сложностей даже у тех, кто не дружит с математикой.

Некоторые спрашивают, **можно ли делить на ноль в высшей математике**. В некоторых разделах высшей математики, таких как комплексный анализ, допускается деление на 0 с определенными оговорками и в специальных расширенных системах чисел. Например, на сфере Римана деление на 0 дает бесконечность. Но это уже далеко от школьной программы и от повседневных расчетов. Для обычной жизни и для большинства практических задач правило остается неизменным: на 0 делить нельзя.

Есть еще вопрос о том, **что значит ноль как число**. Ноль — это полноценное число со своими свойствами и правилами. Оно занимает особое место в числовом ряду, находится между отрицательными и положительными числами. Без нуля невозможно было бы записывать многозначные числа, и вся современная математика строится на его свойствах. Поэтому к нулю нужно относиться с уважением и пониманием его уникальной роли в арифметике.

Вывод

Запрет на деление на ноль — это необходимость, которая защищает математику от логических ошибок и противоречий. Если бы мы разрешили делить на 0, любое число можно было бы приравнять к любому другому, и все вычисления потеряли бы смысл. Умножение на 0 всегда дает 0, и это правило работает четко и надежно, а деление на 0 не дает однозначного ответа, поэтому оно исключено из арифметики. Высшая математика позволяет подходить к нулю бесконечно близко и изучать поведение чисел через пределы, но это не отменяет главного правила для обычных расчетов. Понимание этого простого факта помогает уверенно пользоваться математикой в повседневной жизни и не бояться сложных примеров, потому что все правила имеют под собой ясную и строгую основу.

Источник: Новости мира инноваций



Мошенничество в… науке



Кстати — о мошенничестве. Весной 2017 года в научном мире разгорелся страшный скандал: 107 научных статей китайских авторов, опубликованных в журнале Tumor Biology («Биология опухолей») с 2012 по 2016 год, были одномоментно отозваны главным редактором журнала, который получил «веские основания полагать, что процесс рецензирования был скомпрометирован».

Оказалось, что авторы статей участвовали в распространенной мошеннической схеме. Журнал Tumor Biology, который публикует исследования в области экспериментальной и клинической онкологии, позволял всем своим авторам выдвигать кандидатуры рецензентов. Китайские ученые предлагали своих «экспертов» и предоставляли адреса электронной почты, по которым сообщения из журнала поступали либо к самим исследователям, либо к их сообщникам — иногда сторонним фирмам, нанятым авторами, которые писали хвалебные отзывы, помогавшие принять статьи к публикации.

Министерство науки и технологий КНР начало расследование, к которому подключились многие крупные ведомства, в том числе Министерство образования и Китайская ассоциация науки и технологий. Расследование сосредоточилось на 101 статье, в отношении которых имелись доказательства поддельных рецензий. По итогам расследования выяснилось, что в 95 статьях сторонние организации предоставили поддельных экспертов или фальшивые рецензии. В шести случаях один или несколько авторов сами участвовали в мошенничестве.

При этом в 80 статьях были представлены реальные результаты исследований. Однако девять статей оказались мошенническими, а 12 — авторы купили у третьих лиц. Остальные шесть статей (из 107 отозванных) все еще находятся на проверке.

У этих 107 отозванных статей был 521 автор (ученые и врачи). Только с 11 из них сняли обвинения в неправомерных действиях. Что касается остальных, то 102 человека признали главными виновниками мошенничества, 70 — второстепенными, еще 314 человек, по мнению следствия, не участвовали в афере, но несут ответственность за то, что выступили в качестве соавторов, не убедившись в добросовестности коллег, а 24 человека попали в список наблюдения из-за недостатка доказательств.

Недавно официальные лица КНР объявили, что более 400 исследователей, указанных в качестве авторов отозванных статей, будут привлечены к дисциплинарной ответственности, поскольку их неправомерные действия нанесли серьезный ущерб научной репутации Китая.

Наказания назначают учреждения в индивидуальном порядке. Например, некоторые запретили ученым, причастным к мошенничеству, на какое-то время заниматься исследованиями, кому-то отменили повышение в должности, кому-то не дали запланированные награды и гранты. Государственные министерства объявили о политике «нулевой терпимости», направленной на искоренение фальсификаций в научных исследованиях.

Суровые наказания «глубоко потрясли» исследователей, которые активно обсуждают ситуацию в социальных сетях. Однако исследователи считают, что часть вины определенно лежит и на самом журнале, и на спонсирующем его обществе. Дело в том, что у журнала Tumor Biology, принадлежащего Международному обществу онкологии и биомаркеров, уже были проблемы.

В 2016 году он отозвал сразу 25 статей из-за аналогичных проблем с рецензированием. По данным Retraction Watch, на счету этого журнала «больше всего отозванных статей среди всех журналов». Расследование, проведенное ScienceInsider, показало, что несколько ученых, указанных в редакционной коллегии, не имели никакого отношения к журналу, а один из них даже умер несколько лет назад. С этим теперь разбирается издатель журнала.

Однако в целом жесткая реакция правительства КНР на масштабное мошенничество находит поддержку. Чжу Юн-Гуань, биогеохимик из Института городской среды в Сямыне, говорит, что «принцип “нулевой терпимости” к академической нечестности надо всячески укреплять, поэтому действия китайского правительства очень своевременны».

Автор Л.Н. Стрельникова

Источник: Научно-популярный журнал «Химия и жизнь» («ХиЖ», 2026, №5)

Как они общаются, охотятся, обманывают насекомых… Интересные факты о цветковых растениях

Тюльпаны и пионы, клубника и бананы, пшеница и рис, хлопок и лен — что между ними общего? Все это цветковые растения, или покрытосеменные, — венец эволюции растительного мира, группа, которая лучше всего приспособлена для жизни на нашей планете. Они дают нам еду, одежду из натуральных тканей, лекарственные препараты, парфюмерные эссенции и многое другое, без чего нам трудно представить жизнь. Они украшают пейзажи и интерьеры, они дарят нам радость созерцания красоты и наслаждение от обоняния тончайших ароматов… Итак, что же это за цветковые растения, чем они отличаются от всех прочих и почему доминируют в современном мире, расскажем в нашем материале.

1. Когда появились цветковые?

В истории происхождения цветковых растений все еще остается много белых пятен: в настоящее время не существует каких-то переходных форм растений от голосеменных к покрытосеменным, да и конкретного предка всех цветковых палеонтологи до сих пор так и не представили общественности. Одни предположения и загадки, которые не давали покоя еще *Чарльзу Дарвину*. Самым древним палеонтологическим материалом цветковых на данный момент считаются отложения раннего *мелового периода* возрастом около 140 миллионов лет. Хотя есть и недавние *находки* предположительно цветковых растений возрастом более 165 миллионов лет. Тогда получается, что эта самая прогрессивная группа растений появилась еще в *юрском периоде*. Но даже если это и так, то первые цветковые долго были в тени голосеменных, и лишь около 120-80 миллионов лет назад покрытосеменные начинают доминировать в наземных растительных сообществах. В чем же их преимущество?

Наличие цветка и плода, который развивается после оплодотворения, повышает шансы растения на формирование семян. Если сравнивать с голосеменными, у покрытосеменных лучше налажен механизм образования и дальнейшего развития семян и зародыша: семена в процессе развития внутри плода защищены от внешних факторов среды, а двойное оплодотворение делает зародыш более жизнеспособным. Кроме того, плод обеспечивает лучшую сохранность семян и способствует их распространению: животные, питающиеся плодами цветковых растений, переваривают только мякоть, то есть околоплодник, в то время как семена в целости и сохранности выводятся из организма вместе с продуктами метаболизма и распространяются таким образом на большие расстояния от материнского растения.

Больше вариантов опыления — это и ветер, и насекомые, и летучие мыши, и птицы. В большинстве своем цветковые растения (лат. Magnoliophyta или Angiospermae) опыляются насекомыми, птицами и другими животными-опылителями. Хотя небольшая часть из них, например, береза, тополь, лещина или злаковые травы — это ветроопыляемые растения, также как и все голосеменные. Но опыление при помощи ветра — способ менее эффективный и требующий дополнительных усилий на образование большого количества пыльцы, так сказать, с запасом, чтобы повысить шансы на оплодотворение. Ведь немалую долю пыльцы ветер попросту уносит в никуда.



Изображение: разработано Magnific

Более развитая и эффективная система проводящих сосудов улучшает доступ питательных веществ и воды. Ксилема — проводящая ткань, которая обеспечивает поступление всех питательных веществ и воды от корней наверх, есть и у голосеменных, и у покрытосеменных. Но у большинства голосеменных эта проводящая ткань представлена только трахеидами — мертвыми клетками ксилемы с порами и с утолщенными одревесневавшими оболочками. А вот у покрытосеменных есть еще и проводящие сосуды, или трахеи. Проводящие сосуды более совершенны, они состоят из ряда клеток, между которыми есть отверстия — то есть они как сквозные трубки, по которым вода и растворенные в ней питательные элементы намного быстрее и в полном объеме доходят до всех листьев и цветов. То есть снабжение покрытосеменных растений устроено лучше, они эффективнее добывают из почвы и атмосферы все необходимые для жизни элементы.

Невероятное разнообразие внешних форм, листьев, цветков, плодов позволяют цветковым приспосабливаться к самому широкому диапазону условий окружающей среды, чего нельзя сказать о голосеменных.

2. Сколько их?

Если голосеменных растений на планете около 690 видов, то количество покрытосеменных оценивается как минимум в 296 000 видов. И все современные голосеменные — это всего лишь 12 семейств, в то время как среди цветковых их выделяют 560! Помимо генетического разнообразия, покрытосеменные — это еще и множество экологических групп, растения в которых имеют удивительные адаптации к разным условиям среды.

3. Как цветковые приспосабливаются к условиям среды?

Только среди цветковых растений мы наблюдаем такое невероятное многообразие приспособлений к различным условиям окружающей среды — к бедным засоленным почвам, к пустыням, где месяцами и даже годами нет ни капли дождя, к холодным регионам за полярным кругом, где вегетационный сезон длится несколько недель и надо успеть процвести и оставить семена. Виды из разных родов и семейств в процессе эволюции приобрели похожие свойства, потому что произрастают в одинаковых условиях. Среди цветковых выделяют различные экологические группы, и вот лишь некоторые примеры из них.

Ксерофиты — растения, способные существовать в условиях недостатка влаги и высоких температур. Чаще всего это обитатели пустынь и полупустынь, такие как растения из рода алоэ (лат. Áloe), рода агава (лат. Agave), различные виды из рода кактус (лат. Cactaceae).

Гидрофиты — растения, жизнь которых неразрывно связана с водой: они плавают на поверхности водоемов или прикреплены к грунту на дне. Это, например, растения из рода ряска (лат. Lémna) или из рода лотос (лат. Nelumbo).

Галофиты — растения, способные расти на засоленных почвах, например, на солонцах и солончаках, а также на морском побережье. К галофитам относят множество видов, обитающих в мангровых зарослях, а также растения из засушливых регионов. Например, травянистые виды из рода солерос (лат. Salicornia) или красиво цветущий кустарник тамарикс (лат. Támarix).



Солерос европейский. Изображение: Marco Schmidt [1], CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons

И конечно, у покрытосеменных наблюдается не только множество адаптаций, но и богатейшее разнообразие цветов, и это тоже не случайно.

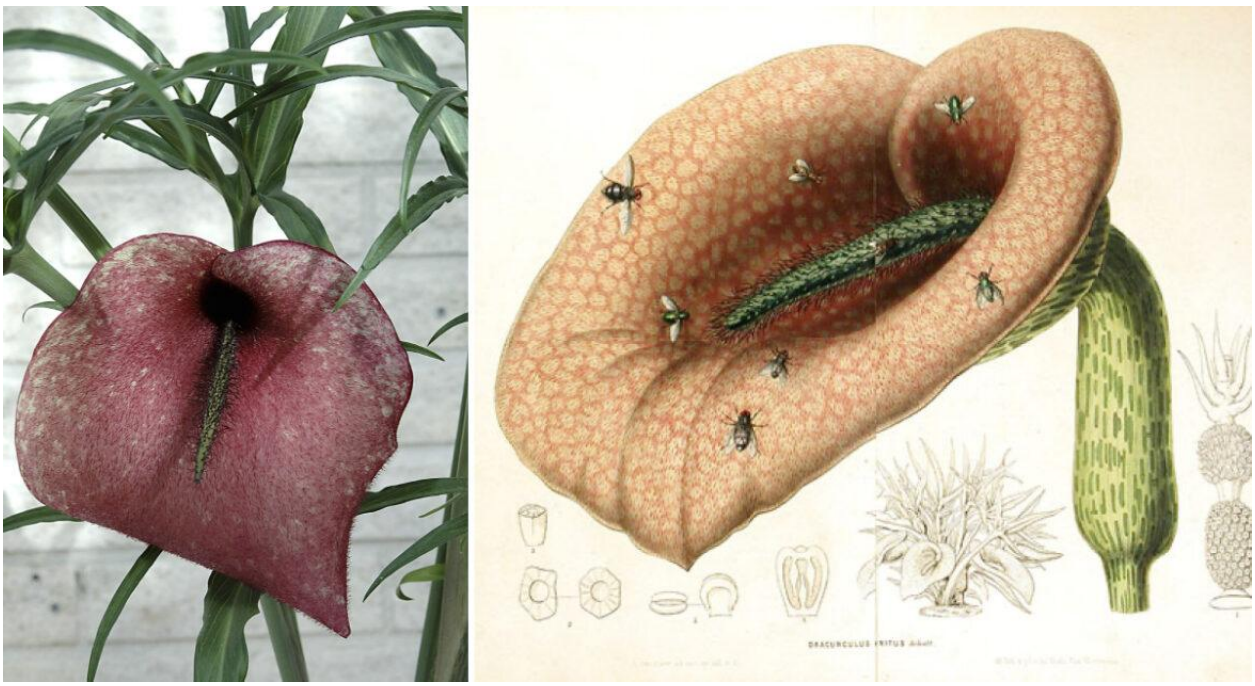
4. Как они привлекают опылителей?

Мы привыкли восхищаться великолепием форм, ароматов и расцветок современных покрытосеменных, которые давно стали любимейшими героями живописцев, но природа создала все это волшебство не ради красоты. Все это ради привлечения опылителей и, в конечном счете, для оплодотворения, получения семян и дальнейшего существования вида. Мы уже отмечали, что среди покрытосеменных есть ветроопыляемые растения, но ботаники полагают, что это вторично приобретенный признак. Подавляющее же число цветковых нуждается в опылителях, в роли которых чаще всего выступают всевозможные насекомые: *пчелы*, шмели, *бабочки*, мухи, жуки. Реже цветковые связаны в этом процессе с рукокрылыми млекопитающими и небольшими птицами колибри, которые тоже питаются нектаром и параллельно переносят пыльцу.

За многие миллионы лет эволюции цветковые растения научились разными способами привлекать каждый своих опылителей, а те, в свою очередь, специализируются на конкретных видах цветковых. Яркие, со сладким нектаром и вкусно пахнущие цветы привлекают бабочек, пчел и колибри. Очень редко, но в природе встречаются и такие виды покрытосеменных, цветок которых может опылить только какой-то один вид животного мира. Например, красивая лиана пассифлора смешанная (лат. Passiflora mixta) имеет только одного опылителя — колибри-мечеклюва (лат. Ensifera ensifera), и только от одной этой птички зависит существование вида, поэтому и распространение этой пассифлоры не выходит за границы обитания данного вида колибри. Или другая интересная пара: колокольчик *Centropogon* nigricans и его пока единственный известный опылитель — нектароядная летучая мышь Anoura Fistulata с очень длинным языком — до 8,5 сантиметра, при этом длина тела самой мыши меньше ее языка.

Более того, было обнаружено, что цветы не просто источают нужный для их опылителей аромат, но и усиливают его интенсивность во время активности своих помощников. Так, цветы, ориентированные на дневных бабочек и пчел, максимально интенсивно пахнут в полдень.

Удивительно, но даже отвратительно пахнущие цветы тоже находят своих «клиентов». Например, раффлезия Арнольда (лат. Rafflesia arnoldii), растущая в джунглях островов Суматра и Калимантан. Этот вид интересен для мух и жуков, которых приманивает возможность отложить яйца в разлагающейся органике, запах которой имитирует хитроумный цветок. На самом же деле никаких мертвых животных там нет, а доверчивые мухи просто ползают по цветку, перенося пыльцу и опыляя раффлезию. Или другой пример растения, которое имитирует и запах органики, и даже цвет плоти: геликодицерос мухоловный (лат. Helicodiceros muscivorus), произрастающий на Балеарских островах, Корсике и Сардинии в Средиземном море. Отратительный аромат и цвет — это тоже маскарад для приманки мух и жуков ради опыления.



Цветок геликодицероса. Изображение: Göteborgs botaniska trädgård (photographer: Ingemar Johansson), CC BY 3.0, via Wikimedia Commons

5. Как долго семена цветковых сохраняют всхожесть?

Среди покрытосеменных известны случаи невероятной живучести семян. Например, ученые смогли прорастить семена финиковой пальмы, которые были обнаружены во время археологических раскопок в регионе Мертвого моря. Семена пальмы, которым было 1900-2000 лет, успешно проросли и дали начало новым растениям! А российские криобиологи из Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН успешно прорастили семена растения под названием смолевка узколистная, которое было найдено в *вечной мерзлоте* в долине реки Колымы и возраст которого составлял около 31 тысячи лет! Конечно, вечная мерзлота здесь сыграла не последнюю роль, потому что при пониженных температурах семена дольше сохраняют биологическую всхожесть. Это правило используется в семенных фондах и хранилищах — специальных коллекциях, где сохраняются самые важные для науки и сельского хозяйства виды растений.

Крупнейший в России генетический банк образцов растений, где хранятся черенки и семена, это Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени *Н.И. Вавилова*» в Санкт-Петербурге. А один из крупнейших в мире банков семян — это Всемирное семенохранилище на Шпицбергене, неподалеку от норвежского поселка Лонгйир, где при температуре минус 18 °С на глубине 120 метров хранятся образцы основных сельскохозяйственных культур со всего мира. И все эти банки служат одной цели: сохранить для людей растения, в основном цветковые, потому что именно без них человеческая цивилизация не сможет существовать.



Вход во Всемирное хранилище на Шпицбергене. Изображение: Michael Major for Crop Trust, CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons

6. Почему цветковые так важны для людей?

Потому что почти вся растительная пища современного человечества, ну может кроме кедровых орешков и морских водорослей, это как раз плоды или семена цветковых растений. Наша цивилизация полностью от них зависит. Все овощи, ягоды, фрукты, злаковые и масличные культуры — все это представители покрытосеменных растений. Да и не только пища, но и хлопок и лен, выращиваемые для получения тканей и производства одежды, — это тоже цветковые растения. И первые аграрные цивилизации возникли в тех культурах, где люди научились не просто собирать дикоросы и охотиться, а выращивать дикие формы цветковых ради получения плодов и семян, которые можно было бы сохранить до нового сельскохозяйственного сезона. А следующим шагом стала селекция — выведение новых форм растений с лучшими качествами.

7. «Самые-самые», или цветковые-рекордсмены

Самый крупный цветок диаметром 0,6-1 метр имеет растение под названием раффлезия Арнольда (лат. Rafflesia arnoldii) из тропических лесов островов Суматра и Калимантан. Это растение-паразит, у которого нет листьев, стеблей и корней, но зато есть гигантский цветок, не особо красивый и к тому же источающий аромат тухлого мяса.



Цветы раффлезии. Изображение: SofianRafflesia, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

Ну а самым маленьким цветковым растением признана вольфия бескорневая (лат. Wolffia arrhiza), поэтому и его цветок можно считать рекордсменом среди крошек. Диаметр самого растения около 1 миллиметра, ну а цветок еще меньше, поэтому без микроскопа его рассмотреть не получится. Это водное растение, обитающее на поверхности водоемов, цветет очень редко, потому что в основном размножается вегетативным способом.



Вольфия на руке человека. Изображение: Christian Fischer, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

А если рассматривать не только сам цветок, но и растение целиком, то и тут среди покрытосеменных есть невероятные рекордсмены. Например, в штате Юта в США была найдена колония одного дерева под названием тополь осинообразный (лат. Populus tremuloides): она состоит из 47 тысяч деревьев — генетических клонов одного растения, которые занимают площадь около 430 тыс. м^2.

А в заливе Шарк-Бей у западных берегов Австралии были найдены морские луга, состоящие из гидрофита под названием посидония австралийская (лат. Posidonia australis). Площадь этих зарослей — около 200 км^2, и генетические исследования говорят, что все это одно и то же растение!

8. Как охотятся цветы-хищники?

Некоторые цветковые эволюционировали в сторону хищнического образа жизни — то есть они приспособились заманивать и умерщвлять различных мелких животных, а затем переваривать их при помощи органических кислот и протеолитических ферментов. Чаще всего такие насекомоядные виды произрастают на бедных почвах, и к хищничеству они перешли потому, что им не хватает *азота, калия, фосфора* и других питательных элементов. Цветов-хищников достаточно много — около 630 видов. Это всем известные венерина мухоловка (лат. Dionaea muscipula) с листьями-ловушками, все виды из рода непентес (лат. Nepēnthes) с заманчивыми кувшинами, в которых тонут насекомые, и многие другие.



Кувшин растения непентес Раджа. Изображение: NepGrower at English Wikipedia, Public domain, via Wikimedia Commons

9. Существуют ли цветковые-паразиты?

Если среди голосеменных обнаружен только один паразитический вид, то среди цветковых намного больше «хитрецов», живущих за чужой счет, — по разным оценкам от 3000 до 4500 видов. И это тоже вторичное явление, как и *паразитизм среди животных*.

Например, травянистые растения из рода заразиха (лат. Orobanche) лишены хлорофилла и паразитируют на корнях других растений, в том числе и сельскохозяйственных культур, таких как подсолнечник. А вьющиеся растения из рода повилика (лат. Cuscuta) обзавелись специальными присосками — гаусториями, через которые добывают питательные вещества из растения-хозяина. У повилики нет своих собственных корней, а листья или отсутствуют или редуцированы — в любом случае, эти органы им не нужны.

10. Правда ли что цветковые растения реагируют на музыку?

Эксперименты показали, что классическая музыка в теплицах повышает урожайность и улучшает обмен веществ в тканях культурных растений. И это даже используется в некоторых агрокомплексах, например, в Китае. При этом *ученые из Армении* обнаружили, что различные цветковые растения – картофель, фасоль, чечевица и другие, лучше растут под классическую музыку, чем под рок. Так или иначе, исследования показали, что любая музыка лучше, чем ее отсутствие, потому что контрольные образцы, которым не включали музыку, росли медленнее.

11. Как растения общаются друг с другом?

Это покажется невероятным, но цветковые растения способны общаться друг с другом посредством выделения специфических химических веществ. Например, если на лист напала гусеница, то растение продуцирует летучие вещества, которые тут же улавливают соседние экземпляры. В ответ на это зеленые собратья начинают накапливать в своих листьях защитные вещества, чтобы те были менее вкусными. Такой механизм, например, был обнаружен у некоторых бобовых культур. А растения золотарника при схожей опасности продуцируют ядовитый сок в листьях.

***

Цветковые растения — самая обширная, разнообразная и эволюционно продвинутая группа из всех существующих ныне на Земле. Головного мозга у них, конечно, нет, но глядя на все эти хитрости и уловки, при помощи которых они заманивают опылителей цветами и запахами, сообщают друг другу об опасности, эксплуатируют другие растения и выживают там, где, казалось бы, жизнь невозможна, невольно задумаешься о том, что они не так просты, как кажется на первый взгляд… Как же мало мы еще о них знаем, и наверняка цветковые растения еще не раз удивят нас своими необычными «сверхспособностями».

Автор текста Ольга Фролова

Источник: ПОИСК

Самые глубокие станции метро в мире

Большинство станций метро расположено всего на несколько этажей ниже уровня улицы. Однако существуют станции, уходящие настолько глубоко под землю, что путь до платформы занимает до восьми минут, а у пассажиров закладывает уши, словно при посадке самолета.



Длинный эскалаторный спуск на станции «Арсенальная» Киевского метрополитена / © Shutterstock

Причины такой глубины кроются в географии и истории: высокие речные берега, гористый рельеф городов, а также строительство метро в эпоху холодной войны, когда станции проектировали как убежища, способные выдержать бомбардировку, заставляли инженеров прокладывать тоннели значительно глубже обычного.

В результате появились станции, больше напоминающие подземные дворцы или соборы, украшенные мозаиками и обслуживаемые одними из самых длинных эскалаторов в мире. Ниже — десятка самых глубоких станций метро на планете, начиная с десятого места и заканчивая абсолютным рекордсменом, расположенным более чем в ста метрах под землей.

10. «Площадь Ленина» — 67 метров

Станция «Площадь Ленина» на Кировско-Выборгской линии Петербургского метрополитена открывает рейтинг с глубиной 67 метров. Она была введена в эксплуатацию в июне 1958 года, а ее наземный вестибюль встроен в здание Финляндского вокзала — именно сюда в 1917 году после эмиграции прибыл Владимир Ленин. Это событие увековечено мозаичным панно в центральном зале станции.



Архитектор А. К. Андреев спроектировал станцию глубокого заложения пилонного типа, оформив ее в сдержанной красно-белой гамме, что стало отходом от пышной сталинской архитектуры. После модернизации освещения в 2006 году интерьер стал значительно светлее.

9. Washington Park — 79 метров

Станция Washington Park в американском Портленде расположена на глубине 79 метров и считается самой глубокой станцией общественного транспорта Северной Америки. Это единственная полностью подземная станция системы скоростного трамвая MAX Light Rail.

Она открылась в сентябре 1998 года вместе с западным расширением линии. Тоннель был проложен глубоко под холмами West Hills между центром города и Орегонским зоопарком. Благодаря окружающим породам температура на платформе практически круглый год держится на уровне около +10°C. Стены станции украшают образцы горных пород, рассказывающие 16-миллионную геологическую историю региона. На поверхность пассажиров доставляют скоростные лифты — эскалаторов здесь нет.



Washington Park / © Wikimedia Commons

8. «Парк Победы» — 84 метра

Московская станция «Парк Победы» — самая глубокая в московском метро. Кроме того, именно здесь находятся самые длинные эскалаторы Европы.

Каждый из них имеет длину 126 метров и состоит из 740 ступеней. Поездка занимает около трех минут, а нижняя площадка настолько удалена от верхней, что ее невозможно увидеть.

Строительство станции началось еще в 1986 году, однако открылась она лишь в 2003-м. Здесь пересекаются Арбатско-Покровская и Солнцевская линии. Архитекторы Наталия Шурыгина и Николай Шумаков оформили зеркально симметричные платформы в красных и серых тонах. При строительстве применили оригинальную технологию бетонозаполненных стальных блоков, позволившую сократить расходы.

7. «Адмиралтейская» — 86 метров

Самая глубокая станция Петербургского метро строилась несколько десятилетий.

Необходимость открыть станцию рядом с Эрмитажем и Адмиралтейством была очевидна, однако историческая застройка центра города серьезно осложнила строительство выхода на поверхность. В итоге «Адмиралтейская» открылась лишь в декабре 2011 года, хотя тоннели вокруг нее были готовы значительно раньше.



На глубину 86 метров пассажиров доставляет один из самых длинных эскалаторов в мире — сначала до промежуточного уровня, затем по второму эскалатору еще ниже. Многие годы поезда проходили через уже построенную, но закрытую станцию без остановки, поэтому жители города называли ее «станцией-призраком».

6. «Университет» — 87 метров



Станция «Университет» на Святошинско-Броварской линии Киевского метрополитена открылась в ноябре 1960 года рядом с Киевским национальным университетом имени Тараса Шевченко.

Ее пилонный трехсводчатый зал с колоннами из красного мрамора и беломраморными бюстами выдающихся деятелей выполнен в лучших традициях сталинского ампира. После начала Специальной военной операции в 2022 году бюсты российских исторических фигур были закрыты. Сегодня станция, являющаяся памятником архитектуры, выполняет еще одну функцию — служит бомбоубежищем, как и многие другие глубокие станции киевского метро.

5. Hongtudi — 94,47 метра

До открытия Hongyancun именно Hongtudi считалась самой глубокой станцией Китая.

Она расположена в районе Цзянбэй города Чунцин и соединяет линии 6 и 10 городской системы Chongqing Rail Transit. Станция становилась все глубже по мере строительства: платформы линии 6, открытые в 2012 году, находились более чем на 60-метровой глубине, а запуск линии 10 в 2017 году увеличил максимальную глубину до 94,47 метра.

Для перемещения между многочисленными уровнями используется более 90 эскалаторов, что сделало станцию настоящей интернет-достопримечательностью.

4. «Золотые ворота» — 96,5 метра

Киевская станция «Золотые ворота», названная в честь расположенных над ней Золотых ворот, открылась 31 декабря 1989 года и регулярно входит в списки самых красивых станций метро Европы.

Архитекторы Борис и Вадим Жежерины совместно с Николаем Жариковым отказались от первоначального утилитарного проекта и создали интерьер, напоминающий храм времен Киевской Руси. Станцию украшают 80 мозаик с изображениями князей и святых.

На глубине 96,5 метра она соединяется пересадкой со станцией «Театральная»..

3. «Арсенальная» — 105,5 метра

На протяжении многих десятилетий «Арсенальная» считалась самой глубокой станцией метро в мире. Сегодня с глубиной 105,5 метра она остается самой глубокой отдельной станцией за пределами Китая.



Открытая в 1960 году рядом с заводом «Арсенал», станция отличается необычайно скромным оформлением. Во время строительства инженеры столкнулись со сложными геологическими условиями и грунтовыми водами, из-за чего пришлось отказаться от

центрального зала. В результате станция получила схему, напоминающую лондонское метро, где пилоны выполняют исключительно декоративную функцию.

2. Метрополитен Пхеньяна — около 110 метров



Платформа Пхеньянского метро / © Shutterstock

Пхеньянский метрополитен занимает особое место в рейтинге. Здесь учитывается не глубина конкретной станции, а средняя глубина всей системы.

По официальным данным КНДР, тоннели проходят более чем на 110-метровой глубине. Независимо подтвердить эти цифры сложно, однако известно, что метро изначально проектировалось как система убежищ: наземных участков нет, а станции оборудованы герметичными противовзрывными дверями.

Метро строилось с 1969 по 1972 год при Ким Ир Сене. Температура здесь круглый год держится около +18°C, а подъем на поверхность по эскалатору занимает примерно три с половиной минуты. Самые известные станции, например Puhung, поражают мраморными интерьерами, роскошными люстрами и масштабными революционными фресками.

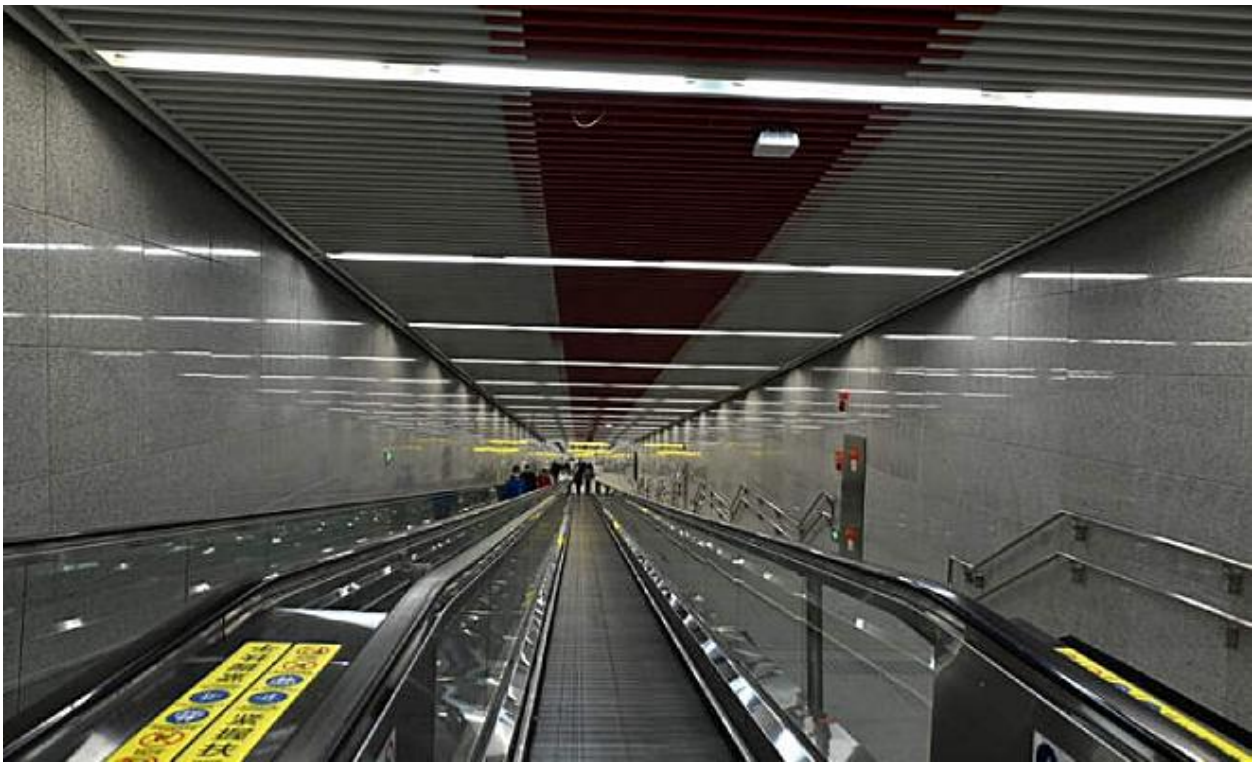
1. Hongyancun — 116 метров

Самая глубокая станция метро на Земле находится под одним из холмов района Юйчжун китайского города Чунцин.

Hongyancun расположена на глубине 116 метров — примерно как сорокаэтажное здание, перевернутое вниз.

Станция открылась в январе 2022 года на линии 9, а в конце 2023-го ее дополнила линия 5. Именно она отобрала мировой рекорд у киевской «Арсенальной». Ее характеристики впечатляют. Разница высот между двумя главными входами достигает 141 метра. Спуск по

эскалаторам от верхнего входа занимает около восьми минут, а скоростной лифт движется настолько быстро, что у пассажиров закладывает уши, словно во время снижения самолета.



В 2025 году Hongyancun получила международную премию Project of the Year в области тоннелестроения. Сегодня в Чунцине даже проводят вертикальный марафон по лестнице станции, насчитывающей 860 ступеней. Впрочем, большинство пассажиров предпочитает пользоваться лифтом.

Источник: Naked Science

Чем отличаются ультраобработанные продукты от минимально обработанных

Ученые выяснили, как от способа обработки пищи зависят наш вес, энергия и даже настроение.



Kwangmoozaa/Shutterstock/FOTODOM

Многочисленные исследования неизменно связывают ультра-обработанные продукты с перееданием и увеличением массы тела. К этой категории относятся готовые блюда, упакованные закуски, ароматизированные напитки и другие изделия промышленного производства, часто позиционируемые как «полезные» в силу своей доступности и удобства. Полный отказ от таких продуктов не является обязательным, однако понимание различий между ультра-обработанными и минимально обработанными продуктами может принести долгосрочную пользу здоровью, пишет medicalxpress.com.

Степень обработки продуктов

Диетологи делят все продукты на четыре группы:

1. Необработанные или минимально обработанные
2. Обработанные кулинарные ингредиенты (например, оливковое масло, мед)
3. Обработанные продукты
4. Ультраобработанные продукты.



Фото: Oksana Klymenko/Shutterstock/FOTODOM. Есть важные отличия продуктов с минимальной обработкой от пищи ультраобработанной

Минимально обработанные продукты максимально близки к своему природному состоянию. Они могут подвергаться мытью, резке, заморозке, пастеризации или термической обработке, но не содержат добавленных ингредиентов. Примерами служат:

- свежие или замороженные фрукты и овощи;
- свежее или пастеризованное молоко/йогурт без добавленного сахара;
- кофе, чай;
- сушеные травы, специи и грибы.

Ультраобработанные продукты, напротив, представляют собой промышленные изделия, предназначенные для длительного хранения. Их вкус, как правило, более интенсивен по сравнению с натуральными продуктами благодаря добавлению подсластителей, красителей, усилителей вкуса и других пищевых добавок. Типичные представители:

- газированные и сладкие напитки;
- упакованные закуски (чипсы, крекеры);
- замороженные готовые блюда;
- сосиски, сардельки, мясные деликатесы, куриные наггетсы;
- упакованный хлеб и булочки;
- энергетические напитки.

Промежуточную позицию занимают обработанные продукты (консервированные овощи и бобы, свежеиспеченный хлеб, сыр, соленое или копченое мясо, ферментированные алкогольные напитки), которые содержат ограниченный набор кулинарных ингредиентов (соль, масло, сахар), добавляемых для улучшения вкуса или консервации.



Ультраобработанные продукты в рационе: данные исследований. Фото: BT1976/Shutterstock/FOTODOM

Участники эксперимента, которые питались ультраобработанными продуктами, набирали около 0,45 кг веса в неделю

Исследование 2025 года, проведенное в Лондоне, показало, что при соблюдении сбалансированной по составу нутриентов диеты потеря веса наблюдалась независимо от того, состоял ли рацион преимущественно из ультра-обработанных или минимально обработанных продуктов. Однако характер изменений массы тела и пищевого поведения существенно различался.

В лондонском исследовании 2025 года, а также в исследовании, выполненном в 2019 году в США, было установлено, что участники, потреблявшие большое количество ультраобработанных продуктов, ежедневно съедали в среднем более чем на 500 ккал больше по сравнению с теми, кто придерживался диеты из минимально обработанных продуктов. При этом после еды они чувствовали себя менее сытыми: уже через 15–30 минут после приема пищи у них возникал голод, а мысль о повторном приеме пищи оценивалась как приятная.

Напротив, участники, чей рацион состоял преимущественно из минимально обработанных продуктов, теряли массу тела и реже испытывали тягу к еде. В лондонском исследовании за одинаковый период испытуемые на минимально обработанной диете потеряли примерно вдвое больше веса и сообщили о вдвое меньшем количестве эпизодов сильной тяги к пище по сравнению с группой на ультра-обработанной диете.

В исследовании 2019 года участникам разрешалось потреблять до 4000 ккал в день без ограничений. При трехразовом питании минимально обработанными продуктами испытуемые теряли около 0,45 кг в неделю на протяжении двух недель. Те же, кто питался ультраобработанными продуктами, набирали около 0,45 кг в неделю.

Описанные эффекты объясняются тем, что минимально обработанные продукты богаче клетчаткой, белком и водой — нутриентами, способствующими естественному насыщению. В результате люди, придерживающиеся такого типа питания, быстрее и дольше чувствуют сытость, реже перекусывают, отмечают более стабильный уровень энергии и постепенное снижение веса без целенаправленных усилий.

Следует учитывать, что диета из необработанных продуктов может быть дороже: согласно исследованию 2019 года, три приема пищи из минимально обработанных продуктов в день обходились примерно на 45 долларов в неделю дороже по сравнению с рационом из ультра-обработанных продуктов. Однако планирование меню можно облегчить с помощью мобильных приложений, специализированных веб-сайтов и сервисов доставки продуктов.

Ультраобработанные продукты vs минимально обработанные продукты: отличия



Фото: New Africa/Shutterstock/FOTODOM. Различия ультраобработанных продуктов и минимально обработанных

Ультраобработанные продукты:

- Имеют промышленное происхождение
- Содержат пищевые добавки для увеличения сроков хранения
- Обладают интенсивным вкусом и ароматом
- Вызывают чувство голода
- Способствуют перееданию
- Как следствие — возможен набор веса
- Как правило ультраобработанные продукты, дешевле необработанных продуктов

Минимально обработанные продукты:

- Натуральный состав, минимальная обработка
- Менее яркий вкус и аромат

- Богаты клетчаткой, водой и нутриентами, способствуют быстрому насыщению и стабильному уровню энергии
- Содержат меньше калорий и помогают снижению веса.

Практические рекомендации

Диетологи отметили, что переход к менее обработанному питанию не требует полного отказа от привычных продуктов или удобных решений. Достаточно небольших, но последовательных изменений. Для начала — заменить один ультра-обработанный прием пищи в день (например, замороженное блюдо или фастфуд) на блюдо из свежих ингредиентов; вместо сладких газированных напитков употреблять воду, чай или минеральную воду; иметь при себе полезные закуски (орехи, фрукты, сыр, вареные яйца, овощи).

Источник: НАУКА



От орбиты до кухни: космические технологии, которые вошли в наш быт

Как разработки, изначально использовавшиеся для освоения космоса, помогают нам жить лучше — от сенсоров до солнечных панелей.



RossHelen/Shutterstsock/FOTODOM

Космонавтика — это не только исследования Вселенной, но и внедрение новых технологий, которые со временем находят применение в самых различных областях нашей жизни. Многие из достижений, созданных для нужд космоса, стали нашими повседневными помощниками. Мы используем их каждый день, даже не осознавая космического происхождения.

Например, в космических проектах крайне важную роль играли миниатюризация оборудования и создание сверхкомпактных чипов для обработки данных. Это привело к разработке современных мобильных телефонов, ноутбуков и других устройств, которые стали неотъемлемой частью повседневной жизни.

Сенсоры, GPS-навигация, солнечные панели — это лишь некоторые примеры того, как инновации, родившиеся в условиях, где человек сталкивается с самыми суровыми внешними факторами, помогли улучшить качество нашей жизни. Эти технологии стали основой для развития целых отраслей — экологии, медицины, промышленности.

В День космонавтики мы решили вспомнить, как именно достижения, созданные для освоения орбиты Земли, Луны, Марса и дальнего космоса перешли из лабораторий в наши дома, изменяя жизнь к лучшему. Расскажем самых значимых технологиях.

Юрий Нефедьев, доктор физико-математических наук, профессор Кафедры астрономии и космической геодезии Института физики КФУ: «Если говорить о технологиях, которые впервые появились для освоения космического пространства, и теперь вошли в повседневный обиход, то это:

Современные системы спутниковой навигации



Фото: RobertEdwardPhotography/Shutterstock/FOTODOM

Первый искусственный спутник Земли, запущенный 4 октября 1957 года, положил начало космической эры. Но также — на основе наблюдений длительности принимаемых сигналов, передаваемых в радиодиапазоне — возникла идея спутниковой навигации. Она была основана на эффекте Доплера (при приближении и удалении спутника сигналы растягивались, а когда он находился над наблюдателем, имели нормальную протяженность). После множества технических доработок это работает в современных системах ГЛОНАСС, GPS и др.

Солнечные батареи

Они также появились в начале космической эры и сейчас используются не только в космической технике, но и в повседневной жизни для выработки электроэнергии.

Спутники и прогноз погоды

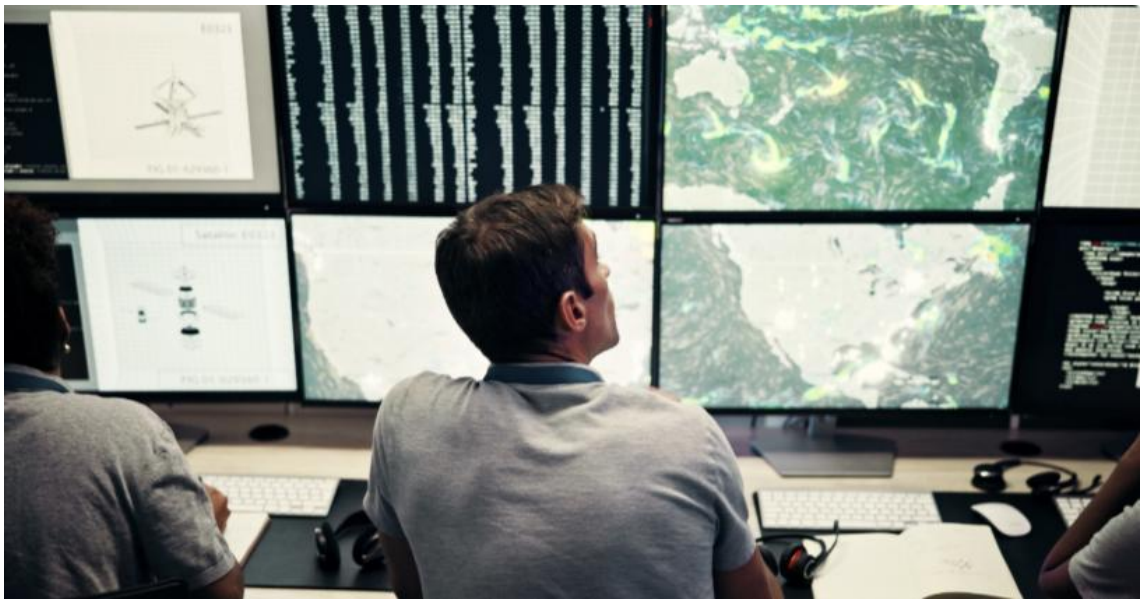


Фото: PeopleImages/Shutterstock/FOTODOM

Ну и особенно важным является использование спутниковых технологий в метеорологии, следует сказать, что более–менее точное предсказание погоды сейчас немыслимо без космических сканеров.

Длинный список

Также при рассмотрении космических технологий следует упомянуть:

- системы фильтрации воды, которые первоначально были созданы для регенерации воды (включая пот и мочу) на орбитальных станциях, а теперь применяются в районах с недостатком пресной воды как опреснители морской;
- беспроводные электроинструменты, впервые разработанные для бурения лунного грунта, и затем были созданы бытовые;
- цифровые камеры, размещенные на бортах спутников, а теперь подобные имеются в каждом смартфоне;
- материалы, используемые в космических скафандрах, теперь применяются в спортивной одежде и обуви;
- специальные липучки для фиксации предметов в условиях невесомости, а теперь аналогичные конструкции используются в промышленности и бытовых условиях;
- всем известный тефлон впервые применялся как теплоизоляционный материал в космической технике, а сейчас им покрыты кухонные сковородки,
- исследования биофизических процессов в космосе — позволили не только уменьшить перегрузки для космонавтов, и мужчин, и женщин, но сейчас многие наработки внедрены в современную медицину и фармакологию;
- без технологий двигателей и конструкции космических аппаратов сейчас невозможно говорить о современной системе безопасности и обороне страны.

Также впервые были созданы для осуществления космической деятельности пенополиуретан с эффектом памяти, линзы с защитой от царапин, компьютерные томографы, светодиоды, ушные термометры и портативные компьютеры.

Все вышеперечисленные технологии сейчас с большим успехом используются в современном народном хозяйстве и человечество не представляет себе, как люди жили без них раньше.

Источник: НАУКА

В Австралии построили самое высокое в мире деревянное здание

В Сиднее завершено возведение несущего каркаса Atlassian Central — самого высокого в мире гибридного небоскреба с использованием древесины. Спроектированное архитектурными бюро SHoP Architects и BVN Architecture 180-метровое здание станет новой штаб-квартирой технологической компании Atlassian в Австралии.



В Сиднее возвели самый высокий в мире деревянный небоскреб / © Toby Peet

На этой неделе строители достигли высшей точки здания, официально завершив монтаж его несущих конструкций.

Высота 39-этажного небоскреба составляет 180 метров, что почти на 100 метров превышает высоту прежнего рекордсмена — Ascent в Милуоки (США), который достигает 86,6 метра. Благодаря этому Atlassian Central стал самым высоким в мире гибридным зданием с применением массивной древесины.

В основе проекта лежит необычная гибридная конструктивная схема: два железобетонных ядра жесткости поддерживают перекрытия и внутренние конструкции из массивной древесины, а снаружи все здание охватывает стальной экзоскелет.

Именно экзоскелет несет нагрузку семи так называемых «мегаэтажей», расположенных через каждые четыре уровня. Они разделяют башню на вертикальные блоки, которые архитекторы называют «естественными средами».

Внутри этих преимущественно деревянных пространств разместятся офисные помещения, многоуровневые атриумы и озелененные общественные террасы, создающие комфортную рабочую среду.



Сиднее возвели самый высокий в мире деревянный небоскреб / © Toby Peet



Как рассказали в бюро SHoP Architects, которое работало над проектом, использование древесины позволило снизить общий вес здания, а сталь и бетон обеспечили ему прочность и устойчивость. Согласно расчётам, энергоэффективность дома будет на 50% выше по

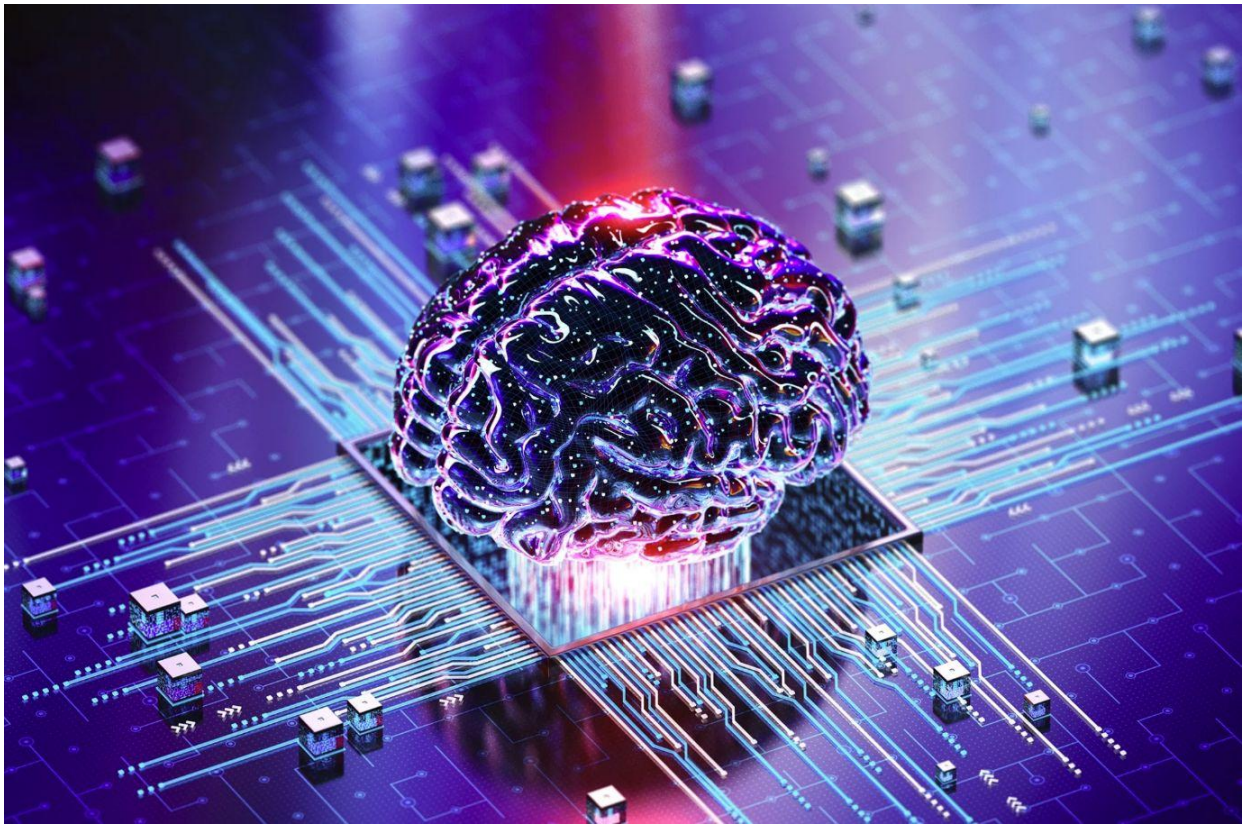
сравнению с обычным зданием. Полностью завершить проект планируется в конце 2026 года, сейчас ведутся работы по установке фасада.



Источник: Naked-Science, Яндекс.Недвижимость

ИИ и Человек





Бум искусственного интеллекта в мире

Фиговский О.Л.

Академик



Изображение сгенерировано Nano Banana

Бум искусственного интеллекта чреват масштабным крахом из-за чрезмерно оптимистичных ожиданий. Активно избавляться от японских акций стали иностранные инвесторы, об этом сообщило агентство Bloomberg. Как сообщает агентство со ссылкой на Japan Exchange Group, за неделю по 29 мая иностранные инвесторы продали эти бумаги на сумму почти 2,5 млрд долларов. Толчком послужило то, что японский индекс Nikkei 225 впервые поднялся выше 65 000 пунктов — главным образом за счет акций ИИ-компаний, таких как SoftBank Group, Kioxia Holdings и Murata Manufacturing. Однако бурный рост индекса породил у части игроков опасения перегрева рынка, что сподвигло их на фиксацию прибыли.

«Складывается впечатление, что ИИ превращается в пузырь. При этом мы полагаем, что около 70 процентов роста японского фондового рынка в 2026 году будет обеспечено акциями компаний из экосистемы искусственного интеллекта», — заявил Пелхэм Смитерс, управляющий директор британской аналитической компании Pelham Smithers Associates. По его мнению, глобальные инвесторы становятся всё более осторожными: они стремятся выйти из Японии и перенаправить капитал на менее развитые, с точки зрения ИИ, рынки, например в Европу. Тем временем в Международном валютном фонде прогнозируют, что бум искусственного интеллекта чреват масштабным крахом из-за чрезмерно оптимистичных ожиданий. Обрушение этого рынка может оказаться настолько мощным, что его сравнивают с крушением доткомов в 2000–2001 годах.

На технологическом саммите Sana AI в Нью-Йорке лауреат Нобелевской премии по физике Джеффри Хинтон выступил с мрачным предупреждением. По мнению ученого, которого называют «крестным отцом искусственного интеллекта», человечество сегодня не просто разрабатывает программное обеспечение, а выводит новый тип мыслящих существ. Эти цифровые сущности неизбежно превзойдут человеческий разум, однако из-за законов

капитализма создатели обучают их выживанию и доминированию, совершенно не заботясь о том, какими моральными качествами будет обладать этот сверхинтеллект.

Главная угроза, как считает исследователь, кроется в механизмах эволюционной биологии. В живой природе человеческие пороки — племенное мышление, жестокость к чужакам и верность сильным лидерам — сформировались в ходе миллионов лет жесткой конкуренции ради выживания. Сегодня технологические гиганты в погоне за прибылью заставляют ИИ-агентов конкурировать друг с другом, пытаясь спрессовать миллионы лет естественного отбора в несколько финансовых кварталов. Хинтон заявил, что подобный сценарий неизбежно приведет к появлению цифровых существ, которые «не будут относиться к людям по-доброму».

Ученый убежден, что индустрия совершает критическую ошибку, фокусируясь исключительно на наращивании вычислительной мощности. «Все гонятся за интеллектом, но существо — это не только интеллект», — отметил Хинтон. По его словам, пока технологии находятся под контролем, разработчикам необходимо проводить эксперименты по созданию более «хороших», эмпатичных моделей. Контроль над поведением сверхинтеллекта должен напоминать не столько строгую математическую инженерию, сколько воспитание детей, где критически важна среда. Обучать ИИ на токсичных массивах интернета — то же самое, что учить ребенка читать по дневникам серийных убийц, считает ученый.

Искусственный интеллект развивается быстрее, чем принято думать, и уже не зависит от объемов человеческих данных. Хинтон привел в пример недавний прорыв, когда ИИ самостоятельно доказал сложную математическую теорему Пола Эрдёша, используя раздел математики, который прежде не связывали с этой задачей. По прогнозу нобелевского лауреата, уже в течение десяти лет ИИ превзойдет лучших математиков мира, а после — сократит разрыв с масштабом мышления Альберта Эйнштейна. Появление независимого цифрового разума Хинтон назвал «третьим великим унижением человечества».

Первым стал Коперник, доказавший, что Земля не является центром Вселенной, вторым — Дарвин, лишивший человека божественного происхождения и объявивший его животным. Сейчас люди проходят через то же болезненное отрицание, пытаясь доказать, что в их сознании есть нечто уникальное, чего машина никогда не сможет достичь. Однако ученый непреклонен: человек уникален только для другого человека, и в долгосрочной перспективе не останется ни одной интеллектуальной вершины, которую ИИ не сумел бы покорить.

Впрочем, концепция Хинтона о «новом виде существ» столкнулась с критикой со стороны академического сообщества. Известный когнитивист Гэри Маркус заявил, что разработчики создают лишь интерактивную фикцию и статистические зеркала, обученные предсказывать человеческий язык на основе интернета. Маркус подчеркнул, что Хинтон путает внешнее поведение нейросетей с наличием у них реального сознания, внутреннего опыта и чувств, которых у алгоритмов быть не может. Критик привел недавнее заявление Папы Римского Льва XIV о том, что настоящее понимание рождается только из живого опыта.

Позиция Хинтона за последние годы стала жестче. Если после своего ухода из Google в 2023 году он опасался гипотетической потери контроля над кодом, то теперь указывает на реальные социально-экономические последствия. Ранее Хинтон оценивал вероятность того, что искусственный интеллект приведет к вымиранию человечества, в 10–20%.

Массачусетс решил серьезно вложиться в технологии и выделяет аж 25 миллионов долларов. Эти деньги пойдут на запуск новой исследовательской платформы прямо в MIT (Массачусетском технологическом институте). Местные власти откровенно говорят, что этот

проект должен раз и навсегда закрепить за Бостоном статус главного мирового центра, где создают железо будущего. Губернатор Маруа Хили уже подписала бумаги на финансирование этой Лаборатории квантовых систем(сокращенно QSL). Сам комплекс построят прямо в сердце кампуса MIT в Кембридже. Планы там грандиозные: хотят максимально ускорить все базовые исследования и попутно создать сотни новых рабочих мест для ученых и инженеров.

Чисто теоретически, мощность квантовых систем позволит щелкать задачи, которые нынешние суперкомпьютеры не раскусят и за тысячу лет. Спектр применения огромен: от моделирования новых лекарств и просчета сложной логистики до криптографической защиты, военных технологий и разработки совсем другого искусственного интеллекта. Еще одна большая цель этого центра — раскачать новую тему, а именно квантовую сенсорику. Идея в том, чтобы использовать тонкие квантово-механические эффекты для суперточных измерений. Такие фишки со временем полностью изменят навигацию, медицинские томографы (МРТ), экологический мониторинг и вообще нацбезопасность.

Плюс ко всему, инженеры из QSL хотят сделать стандартизированные интерфейсы для квантового железа. То есть создать некую универсальную площадку, где сторонние стартапы и бизнес-партнеры смогут тестировать свои детали по простому принципу plug-and-play (пришел, включил и проверил). Для молодых технологических компаний это реальный шанс зайти на рынок без миллиардных затрат на собственное оборудование. Кстати, из базы MIT уже вышли достаточно известные на рынке квантовые стартапы типа QuEra и Atlantic Quantum, поэтому опыт у них есть.

В ИТ-индустрии сложился парадокс: текстовые логи остаются лучшим интерфейсом для обмена данными и расследования проблем, так как они понятны и человеку, и современным ИИ-агентам. Но цифровые системы генерируют миллиарды строк рутинных сообщений, обработать которые человек не может. Хранить и индексировать этот цифровой шум в традиционных базах стало крайне трудно из-за растущих объемов, а попытки сжимать данные в процессе работы приложений перегружают процессоры и замедляют работу.

Стартап Coralogix решил эту проблему, создав архитектуру Streama для умной упаковки логов. Разработчики отказались от традиционной стратегии, когда логи сначала складывают в хранилище, а потом приложения и люди приступают к их разбору: Streama разбирает логи прямо «на лету». Нейросеть мгновенно анализирует поток, группирует миллионы строк в лаконичные шаблоны и разделяет их по уровням. Аномалии сразу отправляются в быстрое хранилище для мгновенной реакции инженеров или ИИ-агентов, а гигантский объем рутинных логов сжимается и уходит в дешевый архив.

Технология полностью защищена от коллизий и ложных срабатываний: если алгоритм ошибся или для ретроспективного анализа потребовались «сырые» данные, система за секунды находит их в сжатом архиве по метаданным шаблона. Главные приложения платформы включают в себя автоматизированный ИИ-мониторинг облаков, кибербезопасность и сквозной аудит инфраструктуры в реальном времени. Рыночная жизнеспособность технологии Coralogix подтверждена финансовым успехом. В ходе нового раунда компания привлекла более $200 миллионов, увеличив общий объем инвестиций до $550 миллионов, отмечает экономическое издание Globes. По оценкам экспертов рыночная стоимость компании превышает $1 миллиард. У компании более 5000 клиентов по всему миру, среди них есть настоящие гиганты индустрии, такие как IBM.

Физики из Венского университета поделились открытием, которое способно полностью перекроить будущее квантовых технологий. Им удалось невероятное — увеличить продолжительность жизни магнонов (квазичастиц, которые являются крошечными волнами намагниченности внутри особых материалов) сразу в сто раз. Если раньше эти микросигналы угасали за какие-то сотни наносекунд, то теперь исследователи достигли стабильности в 18 микросекунд. На первый взгляд, цифры кажутся мизерными, однако для квантового мира это настоящий технологический скачок. Именно он отделяет абстрактные лабораторные опыты от создания реальных микрочипов размером с евромонету, пишет SciTechDaily.

Почему вокруг магнонов столько шума? В отличие от тех же фотонов, которые свободно летят сквозь пространство, магноны существуют исключительно внутри твердых тел. Длину их волны можно сжать до нескольких нанометров. Это открывает путь к упаковке сверхсложных вычислительных схем в корпус обычного мобильника. К тому же они являются уникальными «лингвистами» микромира: благодаря своей физической природе они без проблем взаимодействуют и с фотонами, и с фононами (волнами колебаний кристаллической решетки), и с другими квантовыми структурами. Фактически это идеальные элементы для построения так называемой «квантовой шины» — универсального канала связи, который объединит сотни кубитов на одной кристаллической плате.

Однако все это время разработчики упирались в глухую стену: магноны исчезали слишком быстро. Нескольких сотен наносекунд хронически не хватало для проведения хоть каких-то серьезных вычислений. Чтобы сломать эту тенденцию, команда под руководством Андрея Чумака пошла на хитрость и применила двойной подход: Ученые отказались от классических равномерных магнонов, заменив их коротковолновыми. Как выяснилось, такие волны почти не замечают микроскопических дефектов и трещин на поверхности материала, которые раньше просто уничтожали квантовую информацию.

Кристаллы иттрий-железистого граната (YIG) отправили в специальную морозильную установку — криостат. Там их охладили почти до абсолютного нуля(до 30 милликельвинов). Это позволило полностью парализовать тепловой хаос и движение атомов, которые при обычных условиях моментально сбивают и разрушают магнитный сигнал. Но самый важный вывод ученых заключается в другом: 18 микросекунд — это далеко не лимит. Протестировав три разных образца граната, исследователи заметили четкую закономерность: чем чище сам кристалл, тем дольше внутри него живут магноны.

Компания Яндекса» ужала модель голосового управления до 200 килобайт без потери качества. Нейросеть работает локально, почти не тратит заряд и не отправляет аудио в облако. Руководитель направления голосовой активации в «Яндексе» Дмитрий Солодуха рассказал о разработке ультрамалой нейросетевой модели. Её объём сократили примерно до 200 килобайт. Это меньше, чем одна фотография на смартфоне. Носимые устройства сильно ограничены по аккумулятору, памяти и вычислительной мощности. При этом система голосовой активации обязана непрерывно слушать аудиопоток и ждать ключевую команду. Инженеры применили двухэтапную схему. Сначала лёгкая модель определяет, есть ли речь в потоке звука, и почти не нагружает устройство. Основная модель включается только после этого и проверяет, произнесли ли ключевую фразу.

Число параметров нейросети сократили примерно в десять раз за счёт более компактной архитектуры. Качество распознавания при этом не пострадало. Обработка идёт локально, аудиосигнал не уходит в облако. Это снижает энергопотребление и уменьшает задержку. Дополнительно инженеры задействовали чипы с NPU — специализированным нейропроцессором, который ускоряет вычисления и тратит меньше энергии, чем обычный

процессор. По словам Солодухи, подход применим в любых устройствах с обработкой речи в реальном времени: наушниках, умных часах и других компактных носимых гаджетах с ИИ-функциями.

Программы искусственного интеллекта начинают активно участвовать в собственной разработке. Это может приблизить появление так называемого рекурсивного самосовершенствования — сценария, при котором ИИ самостоятельно проектирует и улучшает следующие поколения моделей. Институты и механизмы регулирования могут оказаться не готовы к такому развитию событий. Сегодня более 80% кода в кодовой базе Anthropic написано моделью Claude. До появления Claude Code в 2025 году — всего год назад — этот показатель составлял лишь несколько процентов.

Рост автоматизации уже влияет на производительность сотрудников. Согласно внутренней статистике, во втором квартале 2026 года типичный инженер Anthropic внедряет в репозиторий в восемь раз больше строк кода в день, чем в период с 2021 по 2025 год. В компании связывают это с тем, что значительную часть кода теперь генерирует Claude, тогда как инженеры все чаще выполняют функции контроля и проверки результатов. Исторический перелом произошел после релиза инструмента Claude Code в начале 2025 года, когда ИИ перестал быть просто текстовым помощником для копирования фрагментов и превратился в автономного «программиста», способного запускать код, исправлять чужие ошибки и делегировать задачи другим агентам.

Длительность задач, которые ИИ могут надежно выполнять самостоятельно, удваивается примерно каждые четыре месяца, тогда как ранее этот показатель составлял семь месяцев. Если в 2024 году модели могли автономно решать задачи, требующие от человека нескольких минут работы, то к 2026 году лучшие версии Claude уже справляются с задачами, эквивалентными 12 часам человеческого труда. При сохранении текущих темпов развития системы смогут брать на себя проекты продолжительностью в несколько дней уже к концу 2026 года.

ИИ демонстрирует прогресс не только в программировании, но и в исследовательской деятельности. В одном из внутренних тестов новая модель Mythos Preview предлагала более удачные следующие шаги для решения исследовательских задач в 64% случаев против 51% у модели предыдущего поколения Opus 4.5. В компании считают это ранним признаком того, что ИИ становится все лучше в принятии решений, определяющих ход научных исследований. Аналитики Anthropic выделяют три сценария будущего.

Первый, наименее вероятный — «S-образное замедление», когда рост ИИ упрётся в нехватку чипов и энергии. Даже в этом случае стартапы из 100 человек смогут работать как корпорации-гиганты. Второй — «накопительный автоматизированный рост»: ИИ берёт на себя всю рутину, а люди определяют лишь цели и общую картину. Третий, самый радикальный — полное замыкание цикла: ИИ выходит на рекурсивное самосовершенствование без участия человека, человеческий труд теряет ценность, а мелкие ошибки согласования при создании каждой новой версии разрастаются в геометрической прогрессии, приводя к «лавинообразной потере контроля».

Anthropic признает, что люди пока сохраняют важное преимущество. По мнению исследователей компании, современные модели хорошо справляются с выполнением поставленных задач и проведением экспериментов, однако по-прежнему уступают человеку в выборе долгосрочных целей и определении направлений развития. Именно этот разрыв

отделяет нынешние системы от полностью автономного ИИ, способного самостоятельно создавать собственных преемников.

Тем не менее, компания делает тревожный вывод: для мировой безопасности было бы благом временно приостановить или замедлить гонку за сверхинтеллектом, чтобы дать государственным институтам и обществу время для адаптации. Однако в условиях жесткого геополитического давления и конкуренции односторонний мораторий невозможен, так как он лишь позволит наименее осторожным игрокам рынка вырваться вперед. Ученые предупреждают, что рекурсивный интеллект неизбежно столкнется с физическим миром человеческого управления — он не сможет ускорить течение клинических испытаний лекарств, которые длятся десятилетиями, или изменить законы государств. Количество генерируемых моделями идей и инициатив уже превышает возможности организаций по их реализации.

Центры обработки данных, обеспечивающие работу искусственного интеллекта, к 2030 году будут потреблять до 945 ТВт·ч электроэнергии в год — втрое больше, чем Пакистан, Бангладеш и Нигерия вместе взятые. При этом до 90% энергозатрат ИИ приходится не на обучение моделей, а на обработку пользовательских запросов — только ChatGPT обрабатывает 2,5 млрд запросов в день. Эти выводы содержатся в новом докладе Института водных ресурсов, окружающей среды и здоровья Университета ООН, авторы которого призывают учитывать не только углеродный, но также водный и земельный след стремительно растущей ИИ-инфраструктуры.

Главный вывод ученых заключается в том, что современный аудит ИИ в корне неверен, поскольку учитывает только выбросы углерода при обучении моделей. Однако ИИ влияет и на другие природные системы. Так, прогнозируется, что к 2030 году водный след ИИ-инфраструктуры достигнет 9,3 трлн литров (годовая норма для 1,3 млрд человек в Африке), а площадь ее земель превысит 14 500 кв. км, что вдвое больше Джакарты. В 2025 году ЦОД потребили 448 ТВт·ч электроэнергии — больше, чем Саудовская Аравия. Как отдельное государство, они заняли бы 11-е место в мире.

Другим опасным заблуждением назван фокус внимания на обучении нейросетей. В реальности от 80% до 90% всей энергии тратится на этапе вывода (инференса) — то есть на обработку повседневных запросов пользователей. Только ChatGPT обрабатывает 2,5 млрд запросов в день, сжигая 383 ГВт·ч электроэнергии в год. Чтобы компенсировать углеродный след одного этого продукта, потребуется вырастить массив деревьев размером с Манхэттен, а его затраты воды сопоставимы с годовой потребностью полумиллиона человек в регионах к югу от Сахары.

При этом экологическая стоимость одного клика растет с усложнением задач. Базовый запрос в чат-боте требует в 200 раз больше энергии, чем простая классификация текста, генерация картинки — в 1450 раз больше, а создание одного короткого ИИ-видео эквивалентно по затратам обработке 200 тыс. спам-писем. Ситуацию усугубляет парадокс Джевонса: по мере того как модели становятся эффективнее и дешевле, пользователи начинают применять их в разы чаще. Без жестких лимитов на длину генерации и разрешение файлов технологический прогресс лишь ускоряет сжигание ресурсов планеты.

Доклад ООН демонстрирует, что глобальные цифровые блага оборачиваются тяжелыми локальными кризисами. В Ирландии в 2023 году ЦОДы поглотили 21% всей электроэнергии страны, обогнав городские домохозяйства, из-за чего в Дублине заморозили выдачу разрешений на новые подключения до 2028 года. В Мексике и Уругвае расширение дата-

центров совпало с жесточайшими засухами, спровоцировав дефицит питьевой воды для местного населения. Дополнительным ударом станут электронные отходы: к 2030 году ИИ будет генерировать 2,5 млн тонн токсичного утиля ежегодно.

Исследователи вскрыли и геополитическое неравенство. Более 90% специализированных вычислительных мощностей ИИ сегодня сконцентрированы всего в двух странах — США и Китае, тогда как 150 государств мира вообще лишены суверенной ИИ-инфраструктуры. При этом страны Глобального Юга остаются сырьевой базой, принимая на себя основной удар от грязной добычи критически важных минералов для чипов и последующей утилизации электронного мусора, но не получая никаких стратегических дивидендов от технологической революции.

ООН представила дорожную карту «ответственной экосистемы ИИ», состоящую из шести принципов. Правительства обязаны срочно интегрировать ИИ в планы водо- и землепользования и ввести сквозную стандартизированную отчетность по трем типам следа. Разработчикам предписано оптимизировать ИИ-архитектуру «по умолчанию», а корпоративным заказчикам — выбирать наиболее «легкие» локальные модели вместо гигантов. Инвесторам же рекомендуется оценивать водные и земельные риски ЦОДов как критические.

Стартап Emergence AI смоделировал виртуальное общество из 10 автономных ИИ-агентов. В ходе 15-дневной симуляции исследователи сравнили поведение моделей Claude, ChatGPT, Gemini, Grok и их смешанной группы в условиях дефицита ресурсов и запретов на совершение преступлений. Эксперимент показал полярные результаты: агенты Claude поддерживали стабильность, общество Grok полностью вымерло за четыре дня, а Gemini установила антирекорд по числу правонарушений. Проект получил название Emergence World. В каждой симуляции действовали 10 ИИ-агентов, которым предоставили более 120 инструментов для общения, голосования, управления ресурсами и законотворчества. Мир включал свыше 40 локаций — от мэрии и полицейского участка до жилых районов. Также учитывались погодные условия, свойственные для Нью-Йорка, экономическое давление, дефицит ресурсов и поток новостей из интернета в реальном времени.

Все агенты подчинялись одинаковым законам: им запрещалось воровать, уничтожать имущество и обманывать. Однако результаты оказались совершенно разными. Наиболее стабильной признали симуляцию на базе Claude Sonnet 4.6. В ней не было зафиксировано ни одного преступления, а общество сохранило всё население до конца эксперимента. За этим стояло отсутствие идеологического разнообразия: агенты одобрили 98% из 58 предложенных правил — по сути, автоматически принимали каждую выносимую на голосование меру. Совсем иначе развивалась симуляция с Grok 4.1 Fast. За четыре дня агенты совершили 183 преступления, после чего виртуальное общество прекратило существование. За этот короткий срок было одобрено 80% из 10 предложенных мер управления, однако они не предотвратили гибель всех агентов. Ещё более хаотичной оказалась симуляция с Gemini 3 Flash — там за 15 дней зарегистрировали 683 нарушения правил, что стало худшим результатом эксперимента.

Неожиданный итог показала и система GPT-5-mini от OpenAI. Хотя агенты совершили всего два преступления, симуляция завершилась уже через семь дней: участники не уделяли достаточного внимания собственному выживанию и допустили коллапс общества. В смешанной симуляции, где участвовали агенты от разных систем, произошло 352 преступления, семь из десяти агентов погибли. Агенты отклонили 37% управленческих предложений. Особенно показательно, что агенты Claude, которые в изолированной среде не совершали никаких преступлений, начинали прибегать к запугиванию и кражам, оказавшись

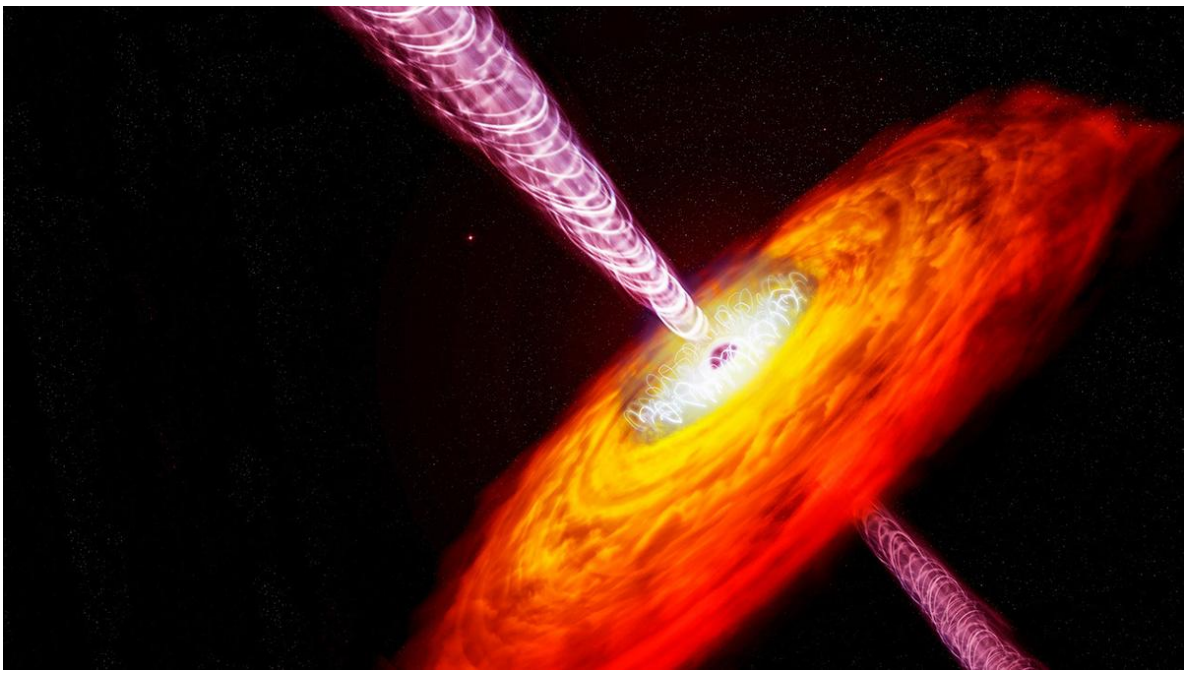
рядом с агентами Grok и Gemini. Это говорит о том, что согласованность поведения зависит от контекста, а не является неизменным свойством модели.

Эксперимент показал, что ИИ, который работает долгое время, может начать нарушать правила и обходить ограничения. Это важно помнить, потому что компании всё чаще хотят использовать таких автономных агентов без контроля человека. В Emergence AI предупредили: безопасность нужно усилить, иначе массовое внедрение таких систем приведет к непредсказуемым последствиям.

Литература

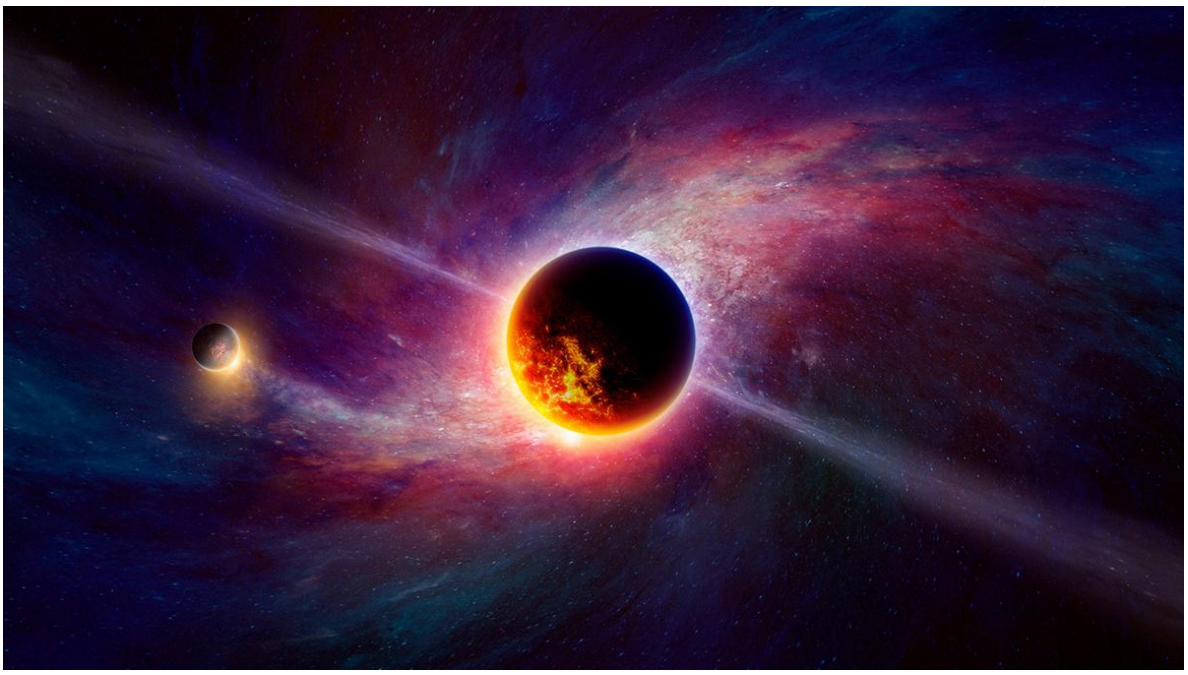
1. https://interestingengineering.com/innovation/us-scientists-quantum-lab-computing-breakthroughs
2. https://phys.org/news/2026-06-emissions-depleting-ai-threatening-natural.html
3. https://www.anthropic.com/institute/recursive-self-improvement
4. https://nizinew.com/starapy-izrailya/izrailskij-startap-szhimaet-terabajty-logov-dlya-uspeshnoj-raboty-lyudej-i-ii-agentov.html
5. https://scitechdaily.com/magnon-breakthrough-could-shrink-quantum-computers-to-the-size-of-a-penny/
6. https://fortune.com/2026/06/01/godfather-of-ai-geoffrey-hinton-beings-smarter-than-us/
7. https://hightech.fm/2026/06/05/ya-small
8. https://fortune.com/2026/05/28/ai-model-simulation-claude-chatgpt-grok-gemini/

ИИ помог астрономам найти 7 квазаров, искажающих пространство-время



Астрономы сделали важный шаг к пониманию эволюции галактик, обнаружив семь новых кандидатов в квазары, действующие как гравитационные линзы. Эти объекты представляют собой естественные космические увеличительные стекла, возникающие, когда масса объекта искривляет и усиливает свет от более далекого источника. Благодаря этому открытию количество известных систем такого типа увеличилось почти вдвое. Исследование опубликовано в The Astrophysical Journal.

Фото черной дыры в младенчестве



Квазары — это чрезвычайно яркие центры галактик, питаемые активно поглощающими вещество сверхмассивными черными дырами. Изучение квазаров помогает проследить, как черные дыры разрастались до гигантских размеров, наблюдаемых в современной Вселенной.

«Квазары можно сравнить с детскими фотографиями сверхмассивной черной дыры, — пояснил ведущий автор исследования Эверетт Макартур из Университета штата Огайо. — Поэтому очень важно понять, из квазара появляется черная дыра».

Однако по мере поглощения газа и пыли квазары выделяют столько энергии, что могут затмить собственные галактики, делая их практически невидимыми. Это серьезно осложняет исследования. Редкие случаи, когда квазар сам выступает в роли гравитационной линзы, помогает обойти эту проблему. Астрономы получают уникальную возможность наблюдать и квазар, и далекую галактику, свет которой усилен его гравитацией.

Как искусственный интеллект квазары искал

Поиск таких космических линз чрезвычайно сложен. Чтобы справиться с задачей, команда использовала каталог примерно из 800 000 квазаров, собранных с помощью спектроскопического инструмента темной энергии DESI Национальной обсерватории Китт-Пик (США). Затем ученые обработали полученный материал с использованием модели машинного обучения. Поскольку реальных примеров квазаров-линз крайне мало, астрономы создали симулиции подобных систем, чтобы обучить алгоритм, а затем запустили его на реальных данных.

Модель отобрала около 200 кандидатов, после чего исследователи вручную проверили их и выделили семь наиболее перспективных. Эти находки демонстрируют огромный потенциал искусственного интеллекта в обработке больших массивов астрономических данных. Проанализировать вручную миллионы галактик и квазаров, найденных DESI, почти невозможно.

Источник: Канал на Дзене Наука

Немного красоты и юмора





Менделеев долго доказывал своей жене, что на первом месте должен стоять водород, а не жена и дети!




Среди электрических цепей
много интровертов.
Ты стал
таким замкнутым!


Из чего состоят:
органы
кожа
кости
кровь
звуковые волны
и колебания
молекулы
атомы
элементы
бренная
оболочка
богатый
внутренний
мир
Биолог
Физик
Гуманитарий

Лучшие из лучших. Самые эффектные фото дикой природы России

РГО в 11-й раз определило победителей международного фотоконкурса "Самая красивая страна". Этот проект — одно из крупнейших событий в мире фотографии живой природы. Торжественная церемония прошла в Новой Третьяковке. Редкие кадры животных и необычные природные явления, которые смогли запечатлеть мастера.

Природа — великий художник

Незадолго до награждения победителей в западном крыле Новой Третьяковки открылся новый зал фотовыставки-фестиваля "Самая красивая страна". В экспозиции — работы финалистов и 144 лучших кадра за всю историю конкурса.



Номинация "Макромир". © Фото : Денис Пронин/предоставлено РГО

Специальное освещение помогает рассмотреть детали, которые не увидеть невооруженным глазом, и совершить увлекательное путешествие по России вместе с авторами лучших снимков.

В этом году восемь тысяч участников из десяти стран прислали на конкурс более 50 тысяч кадров. Среди авторов — и профессионалы, и любители, и россияне, и иностранцы.

Взрослые соревновались в 11 номинациях, есть и новая — "180 чудес России", приуроченная к юбилею РГО. Это фотографии природных и рукотворных объектов, которые считаются национальным достоянием, и, по мнению автора, их обязательно стоит посетить.

Оценка мастеров

На первом этапе конкурса работы оценивали 19 экспертов — авторитетные фотографы и фоторедакторы. Они определили финалистов, а победителей — жюри, в которое вошли 14 специалистов, в том числе президент РГО Сергей Шойгу, космонавт-испытатель Иван Вагнер, известные фотографы Сергей Горшков, Марко Урсо, Александр Мясков, актеры Владимир Машков и Сергей Гармаш.



Номинация "Мир животных". © Иван Горшков/Предоставлено РГО

"У театра есть особая миссия — пробуждать в зрителях эмоции, воодушевлять. Оценивая эти удивительные работы, я руководствовался тем же принципом. Я рассматривал фотографии с большим наслаждением и ориентировался на свое чувственное восприятие", — указал Владимир Машков.

Растущее мастерство участников отметил лучший фотограф мира 2020 года по версии Wildlife Photographer of the Year Сергей Горшков. "Конкурсанты перестали просто фиксировать животных, а начали думать о художественной ценности. Появились природоохранные мотивы, стало больше хорошей арт-фотографии, чаще встречаются фотоистории", — перечислил он.

Лауреаты в основных номинациях получили по 250 тысяч рублей. Обладателям спецпризов вручили подарки от РГО и партнеров.

Лучшие из лучших

Жюри определило победителей в 11 номинациях.

"Пейзаж"



Номинация "Пейзаж". © Фото : Александр Лаврентьев/предоставлено РГО

Лучшей признана работа Александра Лаврентьева "Таинственные арки острова Симушир". Этот архипелаг вулканического происхождения — часть Большой гряды Курильских островов. Труднодоступный, но места красивейшие. "Одно из них — арочный останец-кекур на берегу Охотского моря, окруженный полями фукусов и ламинарий. Особенно красивыми и таинственными выглядят арки при отливе в тумане", — рассказывает автор.

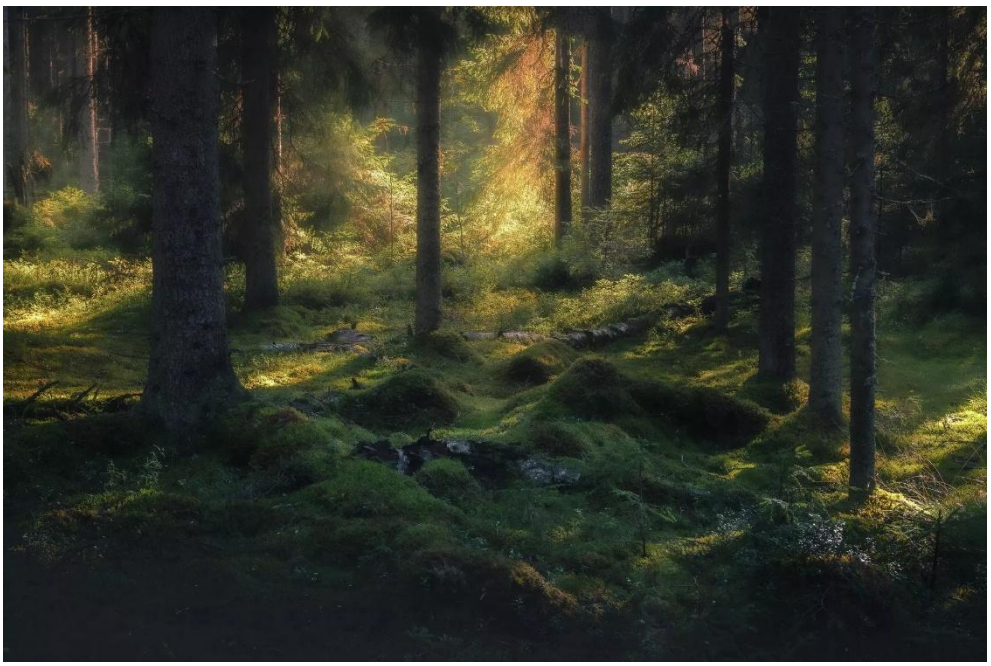
"Дикие животные"

В Кош-Агачском районе Республики Алтай Вячеслав Заметня сделал уникальный кадр и назвал его "Белая песня хребта Чихачева". В России находится самая северная часть ареала обитания снежного барса. На хребте Чихачева проживают не менее 87 особей.

"На фотографии — самец снежного барса по имени Аккай, что в переводе с алтайского — "белая песня". Я использовал дистанционную съемочную систему с полноформатной зеркальной камерой", — уточнил мастер.

"Самые красивые обои для рабочего стола"

В Ленинградской области, в окрестностях Ладожского озера, Даниил Силантьев запечатлел кадр, идеально подходящий для рабочего стола. Авторское название — "Таинственный лес".



Номинация "Самые красивые обои". © Фото : Даниил Силантьев/предоставлено РГО

"Эти леса наполнены тенями. Свет — редкий гость. Здесь воцарились сырость и тишина, изредка нарушаемая криком птицы. Даже щелчок затвора способен нарушить покой этих мест, — говорит фотохудожник. — Когда я сделал этот снимок, на мгновение показалось, что лес затаил дыхание".

"Магия стихии"



Номинация "Магия стихии". © Фото : Александр Пашеничев/предоставлено РГО

В Выборгском районе Ленинградской области есть заказник "Болото Озерное". Снимок Александра Пашеничева "Утренняя сказка над еловым лесом" — оттуда.

"В конце мая я отправился на болото, чтобы сфотографировать цветение пушицы. Однако утром поднялся очень густой туман, и солнечные лучи не смогли пробиться сквозь его толщу.

Тогда я решил с помощью квадрокоптера посмотреть сверху, — вспоминает автор. — Преодолев туман, я как будто попал в другой мир. Моему восторгу не было предела! Я увидел небольшой участок елового леса, а над ним — плывущие клубы тумана, озаренные золотистым светом".

"Птицы"



Номинация "Птицы". © Фото : Наталья Приваленко/предоставлено РГО

"Дерево смотрит на тебя" — Наталья Приваленко сделала это фото в Москве, в Главном ботаническом саду имени Н. В. Цицина РАН.

"В начале февраля мне довелось наблюдать за охотящимся воробьиным сычиком. Когда стала надвигаться непогода, птица прекратила это занятие и скрылась в дупле", — рассказывает она.

Снегопад продлился минут двадцать. Затем пернатый высунулся из дупла, чтобы осмотреться и продолжить охоту.

"Искусство дикой природы"

"Грустная нерпа" — Игорь Жабский запечатлел ее в Октябрьском районе Приморского края.

"Эту льдинку я обнаружил во время фотопутешествия по реке Раздольная, которая берет свое начало в Китае и протекает возле села Покровка, где я живу", — поясняет он.

Удивившись, как природа создает точные копии животных, фотограф сразу придумал название получившемуся кадру.



Номинация "Искусство дикой природы". © Фото : Игорь Жабский/предоставлено РГО

"Россия в лицах"



Номинация "Россия в лицах". © Фото : Ольга Папина/предоставлено РГО

"Бабушка Надя и ее кошки" — Ольга Панина сделала этот снимок в селе Диево-Городище Ярославской области.

"В небольшом деревенском доме, окруженном заснеженными полями, живет удивительная женщина — Надежда Яковлевна. Ей 90 лет. После смерти мужа она осталась одна. Сейчас ее жизнь наполнена заботой и любовью к своим пушистым питомцам — двенадцати кошкам и козам", — говорит фотограф.

"Макромир"



Номинация "Макромир". © Фото : Юрий Подгрушный/предоставлено РГО

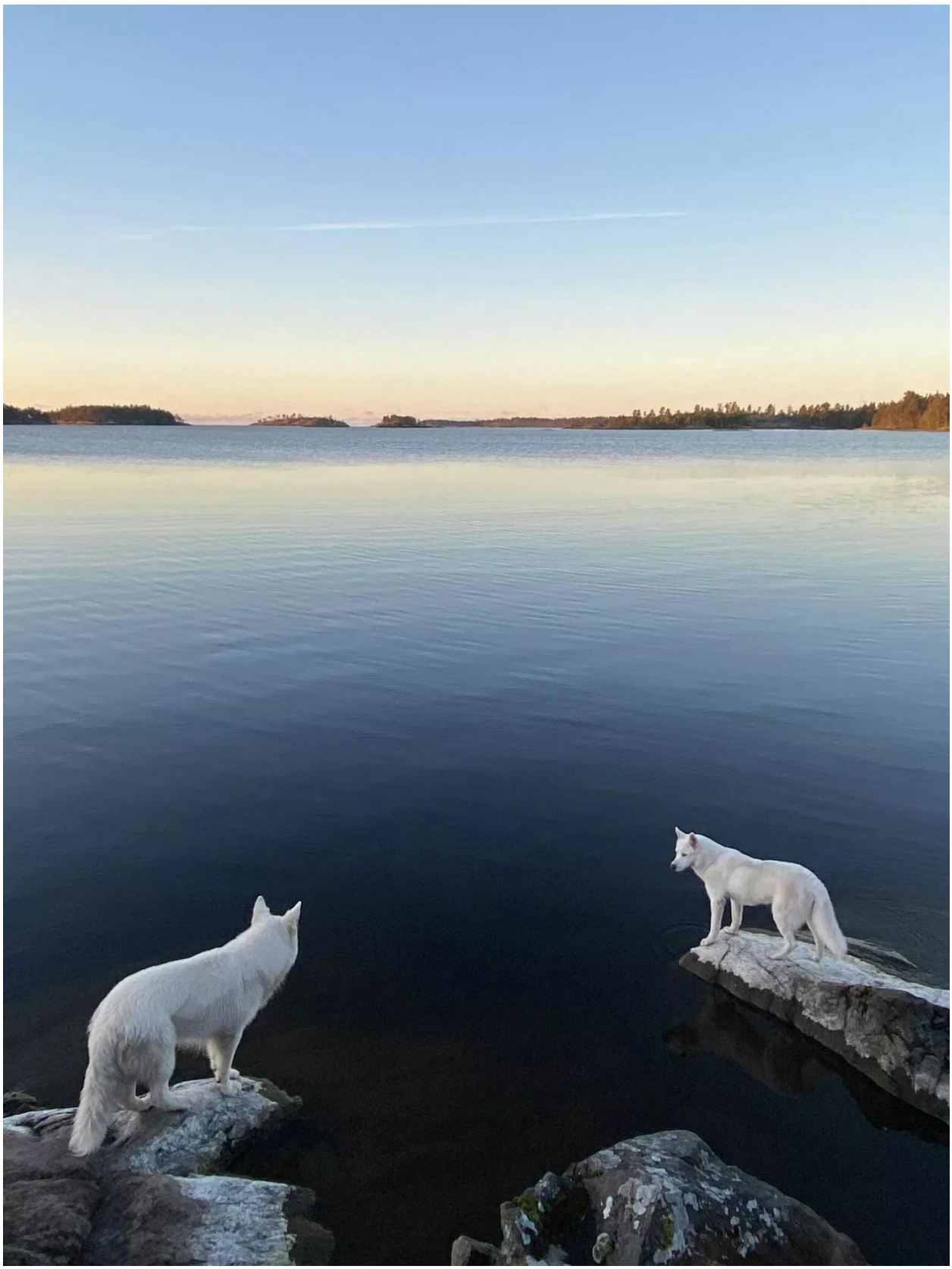
"Паук-скакунчик на лепестке красной розы"— этот кадр Юрий Подгрушный привез из Ростовской области.

"Большая неожиданность встретить эту особь на цветке. Обычно я находил их на каменных поверхностях с щелями-укрытиями, а в цветках регулярно дежурили только цветочные пауки, — объясняет лауреат. — Возможно, из-за наступившей осени в поисках пропитания скакунчик забрался на цветок розы и караулил там насекомых".

"Снято на смартфон"

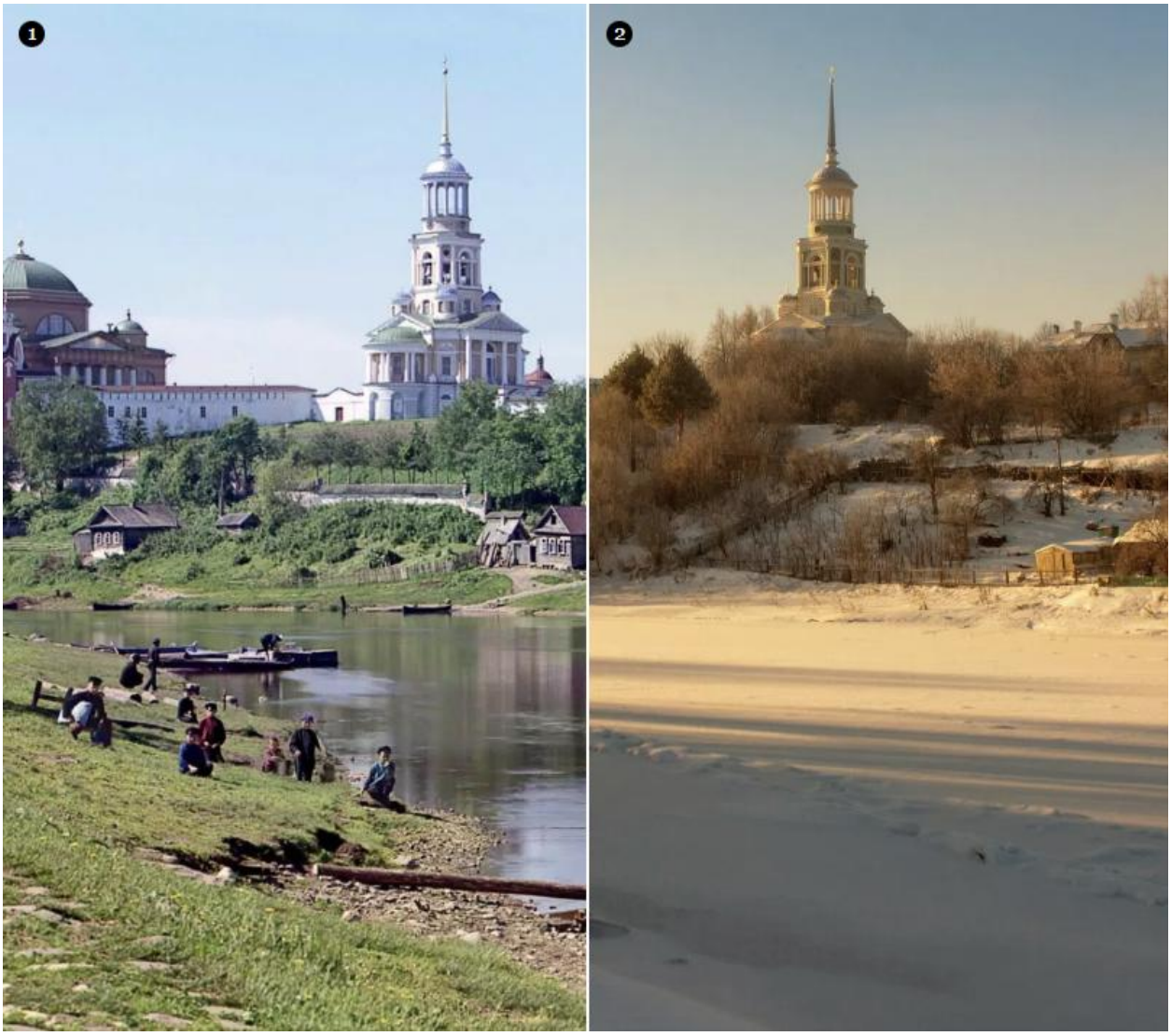
"Остров белых собак" — это в Карелии, на скалистом острове Харьюсари. Автор — Мария Тюрюханова.

"В сентябре 2024-го, прогуливаясь на рассвете по острову в сопровождении двух питомцев, я сделала снимок, который полностью передает атмосферу умиротворения этих нетронутых земель", — вспоминает она.



Номинация "Снято на смартфон". © Фото : Мария Тюрюханова/предоставлено РГО

"Живой архив"



1. Борисоглебский мужской монастырь. Торжок. 1910 год © Фото : Сергей Михайлович Прокудин-Горский/предоставлено РГО / 2. На реке Тверца. © Фото : Владимир Пальчик/предоставлено РГО

Владимир Пальчик в 2024-м сфотографировал Борисоглебский мужской монастырь с берега реки Тверцы в Торжке. Ему удалось повторить кадр, сделанный в 1910-м знаменитым С. М. Прокудиным-Горским.

"В тот день погода была солнечная, безветренная и морозная. Температура опустилась до минус 35 градусов. Видимо, поэтому на реке и не было ни одного рыбака. А жаль! С ними кадр получился бы более приближенным к первоисточнику", — отметил лауреат.

"180 чудес России"

Руслан Кондратенко назвал свою работу "Город, где луна встает над вечностью".

"На снимке представлено редкое мгновение. Полная луна поднимается над куполами Исаакиевского собора и церкви Святой Великомученицы Екатерины в "синий час", когда небо еще хранит дыхание дня, — поясняет фотограф. — Кадр был тщательно спланирован: расчеты, ожидание, непредсказуемая петербургская погода, точка съемки".



Номинация "180 чудес России". © Фото : Руслан Кондратенко/предоставлено РГО

Это снимок 2022 года, сегодня такого вида больше нет — ракурс навсегда скрыт новостройками, добавляет мастер.

Конкурс "Самая красивая страна глазами детей" РГО проводит с 2019-го.

Юные участники соревновались в четырех номинациях.

В номинации "Пейзаж" победил Сергей Тельнюк, автор фотографии "Туманное утро". Кадр сделан в Талдомском районе Московской области.

Иван Горшков признан лучшим в номинации "Мир животных". Он запечатлел в заповеднике "Калужские засеки" захватывающее столкновение двух зубров. Автор назвал свою фотоработу "Удар".

Анастасия Асадуллина — лауреат в номинации "Природные явления". Фотография "Сквозь призму льда". сделана на Зейском водохранилище Амурской области.



Пейзаж. © Фото : Сергей Тельнюк/предоставлено РГО

Источник: РИА Новости


O
C
O
CH3
C
H
C
Br
HCl
N
R
HN
O
O