

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№4 | май | 2026

Главная тема

Технологические тренды

*Тенденции мировых рынков,
перспективы развития и точки роста*

В номере

Международное сотрудничество **44**

Ликвидация ядерного наследия **46**

Профорентация **54**



Уважаемые читатели!

Глобальные технологические тренды формируют новую реальность и диктуют новые правила игры на рынках. Чтобы оставаться конкурентоспособным, бизнесу необходимо не только следовать актуальным тенденциям, но и заглядывать в будущее, так как развитие одного технологического направления может открывать новые возможности в смежных сферах.

Понимание будущих технологических изменений — это практический инструмент, который помогает компаниям определять приоритеты, риски и точки роста. В этом отношении важен не сам перечень тенденций, а возможность взглянуть на них через призму дальнейшего развития промышленности и территорий, управления рынками и повышения конкурентоспособности. В главной теме номера мы рассказываем о нескольких заметных технологических трендах, в том числе тех, в русле которых находится деятельность «Росатома» — многопрофильного холдинга, который не только является одной из крупнейших генерирующих компаний России и занимает лидирующее положение на мировых рынках ядерных технологий, но и активно развивает новые направления бизнеса, в числе которых ветроэнергетика, медицина, накопители энергии и др.

Также мы знакомим вас с экспертным мнением о значимости сооружения АЭС для экономики Египта, рассказываем о том, как в Мурманской области ведется работа по ликвидации ядерного наследия советской эпохи, и разбираемся, как просветительские проекты влияют на выбор профессии сегодняшними школьниками.

**ВЕСТНИК
АТОМПРОМА**

№ 4, май 2026 года

Информационно-
аналитическое
издание



Фото на обложке
Курская АЭС

Главный редактор
Долгова Ю. В.
dolgova@strana-rosatom.ru

Выпускающий редактор
Еременко О. В.

Дизайн и верстка
Балдин В. В.

Корректор
Бомбенкова А. Н.

*Учредитель, издатель
и редакция*
Общество с ограниченной ответ-
ственностью «НВМ-пресс»

Адрес редакции
129110 Москва,
ул. Гиляровского, д. 57, с. 4

*Отдел распространения
и рекламы*
Сазонова Т. С.
sazonova@strana-rosatom.ru
+7 (495) 626-24-74

Журнал зарегистрирован в Федеральной
службе по надзору в сфере связи, инфор-
мационных технологий и массовых
коммуникаций

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ №ФС77-59582
от 10 октября 2014 года

Тираж 1980 экземпляров.
Цена свободная.
Дата выхода в свет: 31.05.2026

При перепечатке ссылка
на «Вестник Атомпрома» обяза-
тельна. Рукописи не рецензиру-
ются и не возвращаются

Суждения и выводы авторов
материалов, публикуемых
в «Вестнике Атомпрома», могут
не совпадать с точкой зрения
редакции

Журнал отпечатан:
ООО «АртФормат»
115477, г. Москва, ул. Зюзинская,
д. 6, стр. 2.
Тел.: +7 (968) 724-35-91
№ заказа: Аф-004/26.

		Содержание	
<p>Главная тема</p> <p>АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА</p> <p>ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА</p> <p>АРКТИКА</p> <p>ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕ</p> <p>ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА</p> <p>ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ</p>	<p>Кто приближает атомный ренессанс 4</p> <p><i>Планы, движущие силы и барьеры на пути к трехкратному увеличению мировых мощностей АЭС к 2050 году</i></p>	<p>Международное сотрудничество</p> <p>Первая в Египте 44</p> <p><i>Атомный фундамент энергетической стабильности</i></p>	
	<p>Рациональные ВИЭ 12</p> <p><i>Возобновляемые источники энергии: от декарбонизации к энергосуверенитету</i></p>	<p>Экологические решения</p> <p>Полвека ликвидации проблем ядерного наследия на базах ВМФ 46</p> <p><i>НИКИЭТ обеспечил документационную базу для вывоза последних топливных сборок из губы Андреева</i></p>	
	<p>Арктика будущего 19</p> <p><i>Новые разработки, которые помогут в освоении Арктического макрорегиона</i></p>	<p>Просто фантастика!</p> <p>Будущее, увиденное фантастами 50</p> <p><i>Какие мечты человечества стали реальностью</i></p>	
	<p>Электромобили без розовых очков 24</p> <p><i>Мировой рынок EV после перелома 2025 года: большие цифры, китайское давление, гибридный реванш и новая прагматика автопрома</i></p>	<p>ИЦАЭ</p> <p>Космос как предчувствие 54</p> <p><i>Теория плюс практика, помноженные на состоятельность: формула успеха проектов ИЦАЭ глазами будущих ученых и инженеров</i></p>	
	<p>Цепная реакция здоровья 32</p> <p><i>Анализ текущего состояния мирового рынка ядерной медицины и прогнозы до 2034 года</i></p>	<p>Особое мнение</p> <p>Кто пишет историю 57</p> <p><i>Дата-центры как материальное выражение информационной власти</i></p>	
	<p>ИИкономика грозит рынку 36</p> <p><i>Разочаруются ли инвесторы в ИИ-проектах, дрогнет ли реальная экономика под натиском цифры и появятся ли из-за автоматизации миллионы безработных?</i></p>		

Текст: Роман Жолудь

Фото: Курская АЭС, Инжиниринговый дивизион «Росатома», Евгений Ворошилов / «Росатом», «Аккую Нуклеар», агентство «Узатом»

Кто приближает атомный ренессанс

Планы, движущие силы и барьеры на пути к трехкратному увеличению мировых мощностей АЭС к 2050 году



На фото

В апреле 2026 года самый мощный в России инновационный энергоблок №1 Курской АЭС-2 с РУ ВВЭР-ТОИ мощностью 1252 МВт введен в эксплуатацию и официально переведен в статус действующего

Амбиции правительств в сфере атомной энергетики превышают план по трехкратному увеличению мощностей АЭС к 2050 году, который был намечен в 2023 году на климатической конференции COP28 в Дубае. Так утверждает Всемирная ядерная ассоциация (WNA) в своем докладе «Перспективы развития мировой ядерной энергетики». Эксперты говорят, что суммарная мощность АЭС к этому сроку может достичь 1446 ГВт, а не 1200 ГВт, как это планируется в декларации о трехкратном увеличении мощностей. Правда, произойдет это только в том случае, если страны смогут реализовать свои планы и стратегии.

Сейчас около 50 стран мира заявляют о том, что хотят развивать атомную энергетику и видят ее основой стабильной, безопасной и низкоуглеродной энергосистемы. Структура нового ядерного сообщества неоднородна. Это и пятерка лидеров — Россия, США, Китай, Индия и Франция, на которых придется почти 1000 ГВт прогнозируемой мощности к 2050 году. Здесь же и государства, такие как Бельгия и Нидерланды, которые ранее планировали отказаться от атомной энергетики, но затем отменили свои решения, и те, кто только начинает развивать этот сектор или строить планы на этот счет.

Эксперты WNA считают, что рост атомной энергетики до 2030 года будет обеспечиваться в основном за счет строительства новых реакторов. Более четверти мощности к целевому 2050 году смогут обеспечить старые энергоблоки, чья работа будет продлена до 60 или

даже 80 лет. Они утверждают, что продление срока службы реакторов остается одним из самых экономически эффективных способов получения низкоуглеродной энергии.

Но должны ускориться и темпы строительства. Нужно увеличить скорость ввода мощностей АЭС с 14 ГВт в год до 65 ГВт в год к 2050 году. Эксперты обращают внимание, что некоторые амбициозные цели национальных правительств не подкреплены реальными проработанными планами, поэтому стоит ожидать, что не все реакторы дойдут до стадии строительства. Однако тенденции роста спроса на электроэнергию увеличивают шансы на реализацию проектов. Население Земли, по прогнозам, достигнет к 2050 году 9,8 млрд человек, при этом многие страны ищут возможности отказа от ископаемого топлива.

В WNA считают: правительства должны признать, что атомная энергетика является центральным элементом достижения целей по декарбонизации, особенно с учетом роста спроса на электроэнергию и энергоносители. Атомную энергетiku необходимо включить в долгосрочные климатические стратегии наряду с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ). При этом она должна находиться в равных конкурентных условиях на рынке. Потребуются и устойчивые государственные программы для поддержки инвестиций в отрасль и стабильного развития промышленности, рынка специалистов и цепочек поставок. Наконец, национальным властям необходимо ускорить получение лицензий и разрешений на строительство АЭС.

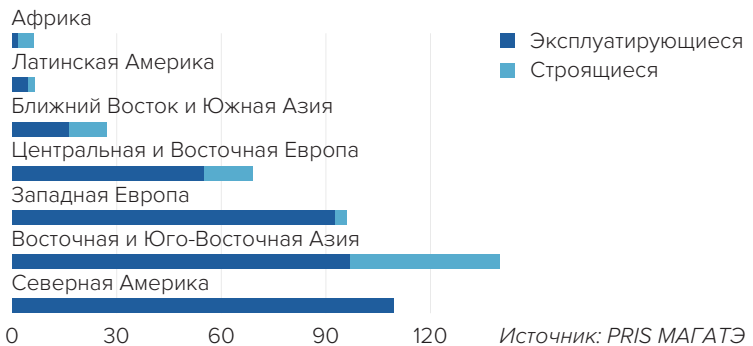
От финансовых учреждений атомная отрасль ждет поддержки проектов в развивающихся странах за счет гарантий, кредитов и партнерств. Сама же атомная промышленность должна значительно расширить производственные мощности и цепочки поставок, включая увеличение инфраструктуры ядерного топливного цикла. Снижению затрат и сокращению сроков строительства будет способствовать серийное производство, а разработка и внедрение новых технологий, таких как малые модульные реакторы (ММР), дадут возможность расширить сферу применения атомной энергии.

В мире в настоящее время строятся, по данным WNA, энергоблоки общей мощностью около 78 ГВт, половину из этих проектов реализуют в Китае. Большинство работающих или строящихся сейчас реакторов — это водяные реакторы PWR, средняя мощность которых составляет 1 ГВт. Они же, видимо, и далее будут лидировать в глобальной атомной энергетике. В основном нынешние АЭС используют для выработки электроэнергии, но примерно 15% реакторов работают для обеспечения теплоснабжения и опреснения воды.

Падения и взлеты

Атомная генерация впервые начала применяться для получения электроэнергии в середине 1950-х годов: первой в мире атомной станцией, подключенной к электросети, стала Обнинская АЭС. В то время

Распределение мощностей атомной энергетике по регионам, ГВт (эл.)



атомная генерация не вносила заметного вклада в глобальный энергетический рынок, но в 1970–1980-х годах начался бурный рост атомной энергетики. В 1990-е он заметно замедлился, причинами этого стали в том числе стабилизация спроса на электроэнергию и прекращение роста цен на природное топливо, свою роль сыграла и авария на Чернобыльской АЭС. В середине первого десятилетия нового века в мире начались дискуссии об атомном ренессансе, с 2006 года производство ядерной энергии было примерно на одном уровне в течение пяти лет. Но в 2011–2012 годах, после аварии на японской АЭС «Фукусима-1», вновь произошел спад. Германия приняла политическое решение ускорить остановку своих атомных станций, АЭС Японии были временно закрыты для улучшения параметров безопасности.

Однако с 2013 года мировая атомная энергетика снова демонстрирует тенденцию к росту, особенно в Азии, где производство атомной энергии увеличилось вдвое, в основном за счет Китая и Индии. Росли показатели и в Восточной Европе из-за строительства новых энергоблоков в России и Беларуси. А вот в Северной Америке выработка немного снизилась. Так, в США было запущено 3 реактора, а закрыто 13. В Канаде остановили 3 энергоблока. Также снизилась выработка атомной энергии в Западной Европе: там вдобавок к закрытым 17 немецким реакторам 12 реакторов были остановлены в Швеции, Бельгии, Швейцарии и Великобритании. Запущено за этот период было всего 3 — в Словакии, Финляндии и Франции. Правда, в последние два года европейский спад был остановлен, так как Франция возобновила работу нескольких реакторов, которые находились на ремонте.

В 2024 году атомная энергетика обеспечила 9% выработки всей электроэнергии в мире. В настоящее время в мире работают 438 реакторов общей мощностью почти 400 ГВт.

Движущие силы

Одной из основных движущих сил развития атомной энергетике на сегодня считается стремление

к достижению климатических целей. Атомная энергия — это хорошая альтернатива ископаемому топливу, которая дает низкие выбросы CO₂ на протяжении всего цикла. По сравнению с СЭС и ВЭС сопоставимой мощности атомные станции занимают относительно небольшую площадь. Кроме того, АЭС вырабатывают энергию непрерывно и не требуют расходов на усиление сетей и хранилища энергии.

Атомная энергетика привлекательна для электро-транспорта, выработки тепла и промышленных процессов. К примеру, для отопления и охлаждения зданий все чаще используются тепловые насосы, которые также работают на электрической энергии. Котлы и печи тоже заменяются электрическими. В производстве стали на смену доменным печам приходят электродуговые. Кроме этого, атомные станции могут стать прямым источником тепла для промышленности.

Отдельное перспективное направление для развития атомной энергетики — генерация электроэнергии для дата-центров, которые обеспечивают нужды цифровых технологий, особенно тех, что связаны с бурным развитием систем искусственного интеллекта. Рост населения, его благосостояния и процессы урбанизации тоже внесут свой вклад в энергопотребление. Согласно прогнозам, к 2050 году потребление электроэнергии вырастет (по разным сценариям)

до 58–80 тыс. ТВт·ч. Из этих объемов атомная энергетика сможет обеспечивать 4–7 ТВт·ч.

Необходимо отметить, что рынок атомной энергетики более устойчив к геополитическим кризисам, чем рынок ископаемого топлива. За последние десятилетия неоднократно наблюдались резкие повышения цен на ископаемое топливо из-за военных действий и других конфликтов, введения санкций и т.д. В этом контексте урановое топливо АЭС не создает критических ситуаций для потребителя: замена топливных сборок не требует срочных поставок (например, топливная кампания реакторов ВВЭР российского дизайна — 12–18 месяцев), они хранятся, не занимая больших пространств, в отличие от углеводородов, особенно газа. Уран добывается в разных странах, и на сегодняшний день на этом рынке нет доминирующего игрока, подобного ОПЕК.

В декабре 2023 года на Конференции по изменению климата ООН (COP28) в Дубае 25 правительств подписали декларацию о трехкратном увеличении мощностей атомной энергетики. Еще восемь государств присоединились к ним в следующие два года. Декларацию также поддержали 130 компаний, работающих в атомной промышленности. В 2024 году к ним присоединились 14 ведущих мировых финансовых организаций. В 2025 году о поддержке декларации заявили 14 крупных корпоративных потребителей электроэнергии, включая Microsoft, Amazon и Google. Например, технологические гиганты уже заключили договоры с компаниями — разработчиками ММР для электроснабжения своих дата-центров.

В июне 2025 года Всемирный банк объявил, что будет поддерживать ядерные проекты, включая продление эксплуатации, строительство новых ММР в развивающихся странах. Интересно, что в последний раз Всемирный банк финансировал ядерный проект в 1959 году.

Рассмотрим планы и реализуемые проекты некоторых стран с разным уровнем развития атомной энергетики. Информация о количестве эксплуатирующихся и строящихся энергоблоков дана в соответствии с информационной системой по энергетическим реакторам МАГАТЭ по состоянию на апрель текущего года.

Страны-лидеры

В США самое большое в мире количество действующих атомных энергетических реакторов (хотя по доле атомной энергетики в общем объеме производства электроэнергии эта страна далеко не на первом месте). В стране 94 действующих атомных реактора общей мощностью около 97 ГВт. Большинство из них были построены в период с 1967 по 1990 год. Почти всем работающим энергоблокам в стране были продлены лицензии на эксплуатацию до 60 лет. Сейчас правительство рассматривает возможность продлевать эксплуатацию реакторов до 80 лет. По состоянию на март 2025 года около 50 энергоблоков либо уже

Цифры

Мировая атомная энергетика

438

реакторов находятся в эксплуатации,
их общая мощность около 400 ГВт

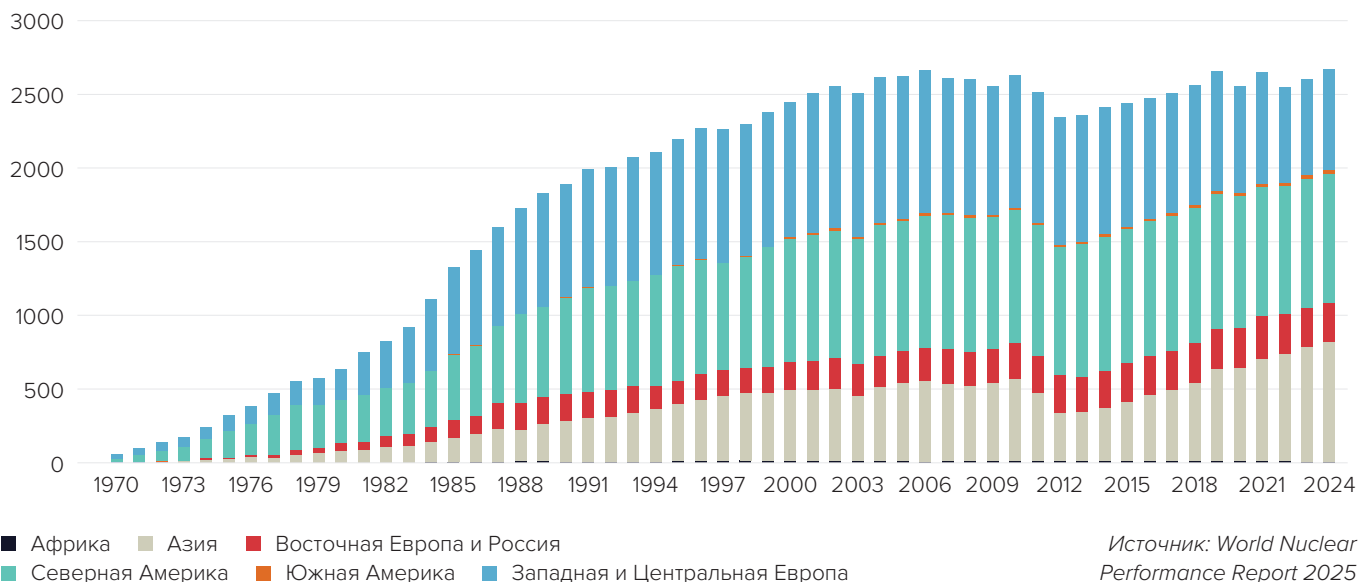
72

реактора строятся в настоящее время

20 656

реакторо-лет — суммарный опыт
эксплуатации атомных реакторов в мире

Выработка электроэнергии на АЭС по регионам, ТВт·ч



получили одобрение на это, либо ожидали его, либо находились в стадии оформления заявки. Несколько реакторов, которые были остановлены, готовятся к перезапуску.

В 2025 году президент США Дональд Трамп подписал ряд документов, которые должны обеспечить строительство 10 реакторов большой мощности к 2030 году и увеличение мощности АЭС до 400 ГВт к 2050 году. Американский план «Возрождение ядерной промышленной базы» предусматривает укрепление инфраструктуры ядерного топливного цикла страны, развитие транспортных технологий, связанных с ядерным топливом, расширение мощностей по конверсии и обогащению урана и улучшение подготовки кадров для атомной энергетики. Министерство энергетики объявило об отборе 11 проектов передовых реакторов, которые претендуют на господдержку. Чиновники собираются ускорить процесс лицензирования строительства новых энергоблоков.

В США сертифицированы не только собственные, но и южнокорейские модели реакторов большой мощности. Также у американских компаний есть планы по запуску 300-мегаваттных ММР как собственными силами, так и совместно с партнерами из Южной Кореи. В числе проектов малых реакторов есть быстрый натриевый на 345 МВт в сочетании с системой хранения энергии на основе расплавленной соли. Еще один натриевый реактор на 50 МВт собираются ввести в эксплуатацию в 2029 году. В штате Техас собираются построить четыре малых газоохлаждаемых реактора по 80 МВт, которые будут использоваться для генерации тепла для местного химического предприятия. Большую роль в развитии проектов ММР играют технологические гиганты,

такие как Microsoft, Google, Oracle, которые заключают долгосрочные контракты с энергетическими компаниями на поставку электроэнергии для своих дата-центров.

В Китае действуют 60 реакторов общей мощностью 58,7 ГВт и строятся еще 35 — на 37,7 ГВт. Китайская ассоциация атомной энергетики прогнозирует, что к 2030 году мощность АЭС страны достигнет 100 ГВт, а к 2035 году — 150 ГВт. Другое исследование, проведенное Китайским центром развития атомной энергетики, говорит о достижении к 2050 году мощности в 335 ГВт.

На фото

В апреле 2026 года «Росатом» обеспечил готовность систем управления энергоблока №7 китайской АЭС «Тяньвань» к пусковым процедурам



Деятельность «Росатома»

В общей сложности на 11 АЭС России в работе находятся 33 энергоблока суммарной установленной мощностью около 29,8 ГВт, включая плавучий энергоблок ПАТЭС в составе двух реакторных установок (Билибинская АЭС с декабря 2025 года продолжает работу в режиме эксплуатации без генерации).

Доля выработки электроэнергии атомными станциями в России составляет около 19% от всего производимого электричества.

30 декабря 2024 года правительство России утвердило Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2042 года. Это документ, обеспечивающий в течение 18 лет реализацию задач энергетической стратегии РФ в части достижения целей развития электроэнергетики с учетом принятых сценарных условий, наилучших доступных технологий в области производства и передачи электроэнергии и их технико-экономических показателей.

Среди целей Генсхемы — формирование рациональной структуры генерирующих мощностей и объектов электросетевого хозяйства, обеспечивающей перспективный баланс производства и потребления электроэнергии и мощности в Единой энергосистеме России, предотвращение прогнозируемых дефицитов электроэнергии, обеспечение надежности работы энергосистемы.

План развития атомной генерации, отраженный в Генсхеме, в полной мере соответствует задаче, поставленной президентом страны, — увеличить к 2045 году долю атомной энергетики в энергобалансе до 25%. Среди важных изменений — новая география размещения объектов атомной энергетики и новые типы энергоблоков, в том числе с реакторами на быстрых нейтронах, необходимыми для замыкания ядерного топливного цикла.

Предлагаемое Генсхемой-2042 развитие генерирующих мощностей включает ввод 38 атомных блоков большой, средней и малой мощности.



Финансирование проектов в сфере атомной энергетики в КНР обеспечивают четыре государственные компании, которые и занимаются их реализацией. Считается, что их основным финансовым инструментом являются инвестиции в собственный капитал. Другие китайские энергетические компании тоже участвуют в этих проектах в роли миноритариев.

В период с 2019 по 2024 год правительство КНР одобрило строительство 46 новых реакторов большой мощности, в 2025 году — еще 10.

Китай разрабатывает различные технологии ММР, включая плавучие электростанции и высокотемпературный газоохлаждаемый реактор. Так, в 2023 году введен в коммерческую эксплуатацию демонстрационный ВТГР на 210 МВт в Шидаоване. С 2021 года в провинции Хайнань идет работа над малым реактором мощностью 125 МВт, который может использоваться для производства электричества, тепла, пара и для опреснения воды. Энергоблок должен заработать в 2026 году.

В Евросоюзе отношение к атомной энергетике сильно изменилось за последние несколько лет. Если раньше часть стран заявляла о постепенном закрытии действующих АЭС и введении запрета на строительство новых, то в настоящее время в числе «атомных диссидентов» остались, пожалуй, только Австрия, Германия и Латвия. Хотя нужно отметить, что в январе этого года канцлер Германии Фридрих Мерц заявил, что решение властей ФРГ отказаться от атомной энергии было серьезной ошибкой. По его словам, энергетический переход Германии стал самым дорогим среди всех стран мира. Остальные участники Евросоюза либо продолжают развитие своей атомной отрасли (Франция), либо меняют свое отношение к ней (Бельгия, Нидерланды), либо готовятся вступить в клуб стран с атомной энергетикой (Польша, Эстония). К тому же на этом настаивает руководство ЕС: например, в марте текущего года на конференции по атомной энергетике в Париже председатель Еврокомиссии Урсула фон дер Ляйен, в свою очередь, назвала отказ Европы от атомной энергетики стратегической ошибкой. Причины таких перемен очевидны. Это забота о собственной энергетической безопасности, рост потребления электроэнергии, в том числе в промышленности, выполнение климатических обязательств и дефицит углеводородного топлива и резкий рост цен на него из-за геополитических конфликтов в последние годы.

По данным WNA на февраль 2026 года, в 13 странах Евросоюза работают 98 атомных реакторов, обеспечивая около четверти всей выработки электроэнергии. Но распределены они неравномерно. Половина всей получаемой в ЕС атомной энергии приходится на **Францию**, которая сейчас имеет 57 энергоблоков суммарной мощностью 63 ГВт. Страна активно занимается продлением срока работы существующих реакторов. Президент Франции Эммануэль Макрон заявил, что будет изучена возможность продления

срока службы ядерных реакторов сверх 60 лет. В 2022 году Эммануэль Макрон объявил о строительстве шести новых энергоблоков к 2050 году в рамках стратегии по сокращению выбросов углерода. Первый из них планируют запустить к 2035 году. В том же году правительство приняло нормативные документы, которые должны уменьшить бюрократические барьеры для строительства новых реакторов вблизи или внутри существующих ядерных объектов. Французские компании ведут разработки малых реакторов, которые могут использоваться для выработки электроэнергии, тепла и для опреснения воды.

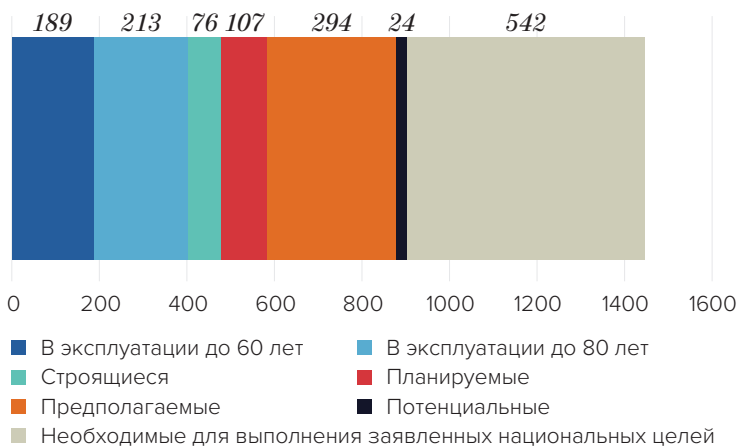
В Индии действует 21 реактор общей мощностью 7,4 ГВт. Еще восемь на 6 ГВт находятся в стадии строительства. Один из них — реактор на быстрых нейтронах. Индия взяла обязательства достигнуть нулевых углеродных выбросов к 2070 году, в начале 2025 года была объявлена Миссия по ядерной энергетике (Nuclear Energy Mission), целью которой стало достижение атомной энергетикой показателя 100 ГВт к столетию независимости страны в 2047 году. Для этого правительство планирует изменить законодательство об атомной энергетике для привлечения в отрасль частного сектора. Власти также работают над укреплением общественного мнения и повышением осведомленности о преимуществах атомной энергетике. Предполагается репрофилировать вышедшие из эксплуатации тепловые электростанции, расширить площади атомных объектов, упростить получение разрешений на реализацию проектов, ввести налоговые льготы, субсидии для поддержки низких тарифов на атомную энергию и классификацию зеленой энергетике. Индия в технологическом плане, с одной стороны, планирует развивать открытую конкуренцию, с другой — ставит на отечественные технологии в рамках национального проекта «Сделано в Индии». В плане импорта правительство собирается диверсифицировать поставки топлива и специализированного оборудования. Для подготовки кадров в отрасли предусмотрены поддержка образовательных центров и укрепление их инфраструктуры.

В 2025 году государственная энергетическая компания NTPC объявила о планах возведения атомных станций мощностью 30 ГВт, что потребует инвестиций в \$62 млрд в течение двух десятилетий. Частные компании сообщают о планах строительства новых мощностей на 18 ГВт.

В ближайшей перспективе Индия собирается утроить свои мощности до 22,5 ГВт к 2032 году. Индийское правительство активно сотрудничает с поставщиками из Франции, США и России. Также власти объявили о государственной поддержке проектов ММР на основе собственной технологии. Планируется запустить не менее пяти реакторов мощностью 220 МВт к 2033 году. Также в стране разрабатывается малый газоохлаждаемый реактор мощностью 5 МВт для производства водорода.

Южная Корея располагает 26 действующими реакторами суммарной мощностью 25,6 ГВт. Сейчас страна

Мощности атомной энергетике в 2050 году, ГВт (эл.)



Источник: Международное энергетическое агентство

начала продлевать эксплуатацию 10 энергоблоков, срок службы которых истекает к 2030 году, после 30–40 лет работы. Кроме того, два реактора находятся в стадии строительства, еще один запланирован. В опубликованном в 2025 году документе правительство говорит также о строительстве еще двух больших реакторов и ММР на 700 МВт к 2038 году. Государство объявило о выделении \$310 млн на развитие малых реакторов. Южная Корея экспортирует свои атомные технологии, активно сотрудничая с европейскими странами и США.

Страны-новички

«Росатом», являясь одним из ведущих мировых экспортеров технологий в области атомной энергетике, продолжает активно развивать международное сотрудничество по строительству АЭС как со странами, уже эксплуатирующими атомные станции (Китай, Индия и др.), так и со странами-новичками.

В конце апреля «Росатом» произвел пуск первой атомной электростанции в Бангладеш: начал работу первый экспортный энергоблок ВВЭР-1200 в Южной Азии. На энергоблоке № 1 двухблочной АЭС «Руппур» началась загрузка свежего ядерного топлива. Этот этап стал первым в рамках ключевого пускового этапа блока. «Бангладеш вступил в клуб государств, использующих мирный атом как надежный источник устойчивого развития. Несомненно, АЭС «Руппур» станет важнейшим элементом энергетической системы страны. Для «Росатома» этот проект — очередной важный шаг в развитии мировой атомной энергетике, в укреплении дружественных отношений с нашими зарубежными партнерами. Мы рады, что вместе с нашими бенгальскими друзьями участвуем в создании современной и надежной атомной станции и видим дальнейшие перспективы нашего сотрудничества», — отметил генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев.

Турция собирается стать углеродно нейтральной к 2053 году, а к 2050 году — иметь 20 ГВт атомной мощности. Сейчас на юге страны строится АЭС «Аккую» — первая атомная станция в Турецкой Республике. Проект АЭС «Аккую» состоит из четырех энергоблоков с реакторами российского дизайна ВВЭР поколения III+. Мощность каждого энергоблока составит 1200 МВт. Сооружение АЭС «Аккую» — первый проект в мировой атомной отрасли, реализуемый на основе организационно-экономической модели Build-Own-Operate («строй — владей — эксплуатируй»). АЭС «Аккую» обеспечит электроэнергией более 10 регионов Турции и более 12 млн потребителей, включая объекты гражданской и промышленной инфраструктуры. Власти страны планируют строительство еще двух четырехблочных АЭС на севере и северо-западе государства и ведут переговоры с разными странами по этому вопросу. Также Турция заявила о своем интересе к ММР, которые могут дать дополнительные 5 ГВт к 2050 году.

На фото

В марте в реакторном отделении второго энергоблока АЭС «Аккую», которую «Росатом» сооружает в Турции, на штатное место установлен основной элемент полярного крана — мост массой 282 тонны

Египет, самая активная в развитии атомной энергетики африканская страна, стремится диверсифицировать свою энергосистему. Сейчас там строится четырехблочная АЭС «Эль-Дабаа» с реакторами российского дизайна ВВЭР-1200 поколения III+. В соответствии с контрактными обязательствами российская сторона не только построит АЭС, но и будет поставлять ядерное топливо на протяжении всего срока эксплуатации станции, а также оказывать помощь египетским партнерам в обучении персонала станции на этапе эксплуатации и технического обслуживания в течение первых 10 лет работы АЭС. Ввод в эксплуатацию четырех энергоблоков АЭС «Эль-Дабаа» повысит

энергетическую безопасность страны и обеспечит до 10% потребления электроэнергии в Египте.

Казахстан, ведущий мировой производитель урана, сейчас не использует ядерную энергию, хотя исторический опыт использования атомной энергетики в Казахстане есть, он связан с работой реактора БН-350, который функционировал с 1972 по 1999 год. Помимо выработки электроэнергии, на его базе действовал один из крупнейших в мире комплексов по опреснению морской воды. В 2024 году правительство заявило о планах довести в 2035 году долю атомной энергии в энергобалансе до 5%. На референдуме в том же году 71% населения поддержал строительство АЭС в стране. Лидером международного консорциума по ее возведению был выбран «Росатом». Сейчас Казахстан планирует построить два энергоблока с российскими ВВЭР-1200. Также Казахстан рассматривает возможность развертывания малых реакторов.

В Узбекистане планируется сооружение уникального комплекса: в соответствии с подписанными соглашениями, в состав проекта АЭС российского дизайна войдут два энергоблока большой мощности на базе ВВЭР-1000 поколения III+ и два энергоблока с реакторами РИТМ-200Н мощностью 55 МВт каждый. Стороны также подписали основные условия контрактов на поставку топлива для АЭС малой и большой мощности. Достигнутые решения формируют основу для комплексной реализации проекта интегрированной атомной станции на одной площадке.

В марте текущего года подписано межправительственное соглашение о сотрудничестве в сооружении



На фото

В марте на площадке строительства АЭС в Узбекистане начались бетонные работы в рамках сооружения энергоблока атомной станции малой мощности с реактором РИТМ-200Н

атомной электростанции «Ниньтхуан-1» во **Вьетнаме**. Соглашение регламентирует условия и основные направления взаимодействия российской и вьетнамской сторон в рамках реализации проекта сооружения станции, предусматривающего строительство двух энергоблоков российского дизайна с реакторами ВВЭР-1200. Документ создает необходимую правовую базу для строительства станции и будет определять вектор российско-вьетнамского сотрудничества в атомной сфере на десятилетия вперед.

Страны с ядерной энергетической перспективой

В **Индонезии** правительство решило осуществить энергетический переход для достижения нулевых выбросов. В частности, оно рассчитывает достичь 8 ГВт мощности атомных электростанций к 2035 году и не менее 45 ГВт — к 2060 году. При этом доля атомной энергетики к 2060 году должна составить до 12%. В Индонезии есть проект реактора на расплавленной соли, который продвигает компания PT Thorcon Power Indonesia.

В **Сербии** в 2024 году парламент отменил запрет на строительство АЭС, который действовал в стране 35 лет. Сейчас Сербия заявила о поиске технологий и финансирования строительства ММП мощностью 1,2 ГВт.

Кения наметила ввод первой атомной станции в эксплуатацию в 2035 году. Страна собирается запустить международный тендер на строительство энергоблока на 1 ГВт в 2026–2027 годах.



Австралия также рассматривает использование атомной энергетики, в основном в виде малых реакторов. Их предлагают устанавливать на месте закрытых угольных шахт. Однако в стране активны антиядерные партии, которые называют дискуссии об атомной энергетике отвлекающими и призывают сосредоточиться на ВИЭ. К тому же в стране действуют законы, запрещающие добычу урана и эксплуатацию ядерных реакторов, принятые еще в прошлом веке.

Что мешает развитию атомной энергетики в мире

- Высокая капиталоемкость и достаточно большие сроки строительства
- Высокий входной порог (десятки миллиардов долларов для строительства АЭС большой мощности)
- Достаточно долгий срок окупаемости затрат (10–15 лет)
- Многолетние задержки в реализации (преимущественно в США и Европе), которые ведут к удорожанию первоначальной сметы
- Разрушение цепочек поставок и потеря компетенций из-за многолетнего перерыва в строительстве АЭС (в странах Запада)
- Непривлекательность для частных инвесторов (из-за высоких рисков и задержек)
- Технологические и политические проблемы с размещением радиоактивных отходов
- Рост расходов на безопасность (после аварии на АЭС «Фукусима-1»)
- Отсутствие во многих странах последовательной государственной политики в области атомной энергетики и единых стандартов

Возможные решения

- Многосторонняя государственная поддержка ядерных энергетических программ
- Предоставление государственных гарантий частным инвесторам
- Переход на более дешевые и быстровозводимые ММП (однако они еще не прошли стадию коммерциализации)
- Продление срока службы действующих АЭС
- Развитие технологий замкнутого цикла (например, российский проект «Прорыв»)



Ростислав Костюк,
заместитель директора
по консалтингу в элект-
роэнергетической
отрасли Аналитического
центра ТЭК



Владислав Венделев,
руководитель проекта
департамента консал-
тинга в электроэнергети-
ческой отрасли Аналити-
ческого центра ТЭК

Рациональные ВИЭ

Возобновляемые источники энергии: от декарбонизации к энергосуверенитету

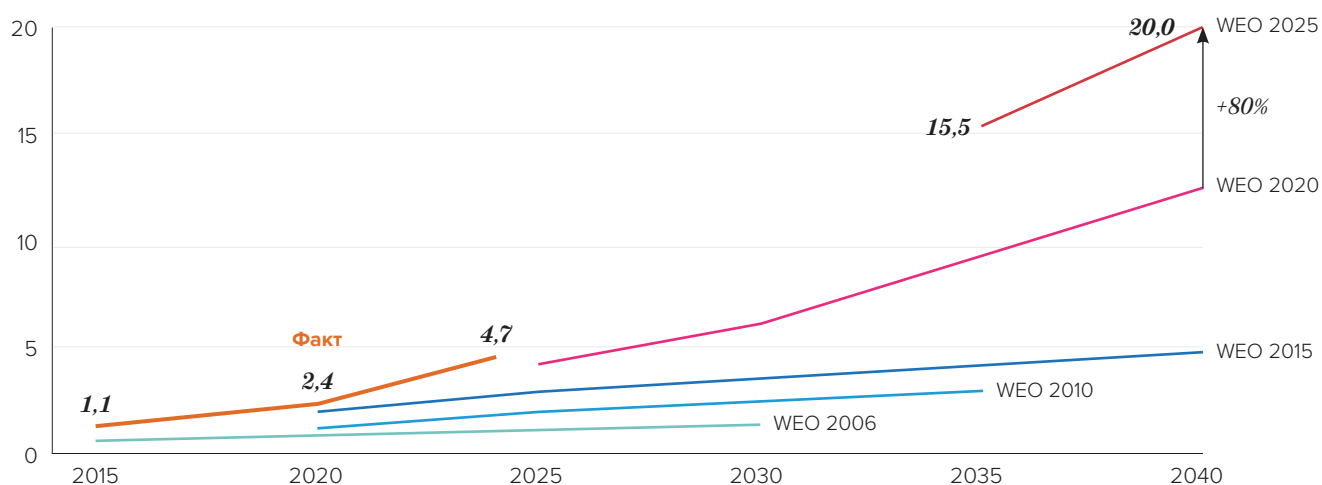
Интерес к возобновляемой энергетике в мире растет. Но в условиях геополитических и экономических кризисов эта технология перестает быть исключительно инструментом декарбонизации. ВИЭ постепенно превращаются в механизм минимизации стоимости киловатт-часа и достижения энергосуверенитета, адаптируясь при этом под задачи обеспечения системной надежности.

Роль ВИЭ в мировой энергетике неуклонно растет, что подтверждается объемами вводов энерго мощностей и выработки электрической энергии на ветровых и солнечных электростанциях. Так, за последние 25 лет установленная мощность ВЭС и СЭС выросла

в 165 раз — с 18 до практически 3000 ГВт, а доля в структуре мировой мощности увеличилась с 0,6 до 32%. Аналогичный тренд наблюдается и в объемах производства электроэнергии, где рост составил более чем в 140 раз — с 32 млрд до 4652 млрд кВт·ч, а доля в мировом электробалансе в 2024 году — 15%.

Что касается мировых прогнозов развития ВИЭ, то они всегда отставали от фактических темпов, свидетельствуя о всеобщем сдержанном отношении к возобновляемой энергетике в пользу других видов традиционной генерации (тепловых, атомных и гидроэлектростанций). Так, прогнозы Международного энергетического агентства (МЭА, International Energy Agency — IEA) с 2006 по 2020 год по выработке электрической энергии на СЭС и ВЭС были кратно ниже фактических объемов. Последний опубликованный прогноз МЭА (ноябрь 2025 года)

Фактическая и прогнозная выработка электроэнергии ВИЭ (ВЭС и СЭС)*, млрд кВт·ч



* На графике отражены прогнозы по увеличению выработки ВИЭ в мире по данным Международного энергетического агентства (World Energy Outlook с 2006 по 2025 г. — сценарий Stated Policies) до 2040 года, а также фактическая динамика роста выработки ВИЭ

Источники:
АЦ ТЭК, IEA

Фото: «Росатом Возобновляемая энергия»

также свидетельствует об определенном скептицизме к дальнейшему ускоренному росту ВИЭ.

Китай в лидерах, РФ отстает

Первый пик развития ВИЭ пришелся на начало 2010-х годов, когда крупнейшие экономики мира, прежде всего Китай, США и ЕС, во многом благодаря государственным мерам поддержки (льготным тарифам и конкурсным отборам) активно строили возобновляемую генерацию и интегрировали ее в свой электроэнергетический ландшафт. В авангарде этого процесса была и по-прежнему остается КНР, где установленная мощность ВИЭ выросла с 33 до 1454 ГВт в 2010–2024 годах, что составляет почти половину от всего объема мировых возобновляемых энерго мощностей в данный момент.

Отправной точкой для развития ВИЭ в России можно считать 2009 год, когда в стране вышел ключевой отраслевой документ, регламентирующий планы по развитию этого сектора энергетики (распоряжение правительства № 1-р). В 2013 году был дан старт механизму возврата инвестиций через оптовый рынок электроэнергии и мощности (ДПМ ВИЭ), во многом благодаря которому в отечественной энергосистеме сегодня функционируют 104 ВЭС и СЭС общей установленной мощностью 5,1 ГВт (на 1 января 2026 года), а доля ВИЭ составляет около 2%.

Несмотря на достигнутые результаты, Россия отстает от целевых показателей развития ВИЭ, определенных стратегическими документами. Так, к 2024 году доля производимой возобновляемой электроэнергии в нашей стране должна была составлять 4,5%, но зафиксировалась только на уровне 1,2%. Вместе с тем к 2035 году данный показатель по планам государства должен составить не менее 6%.

Для сокращения этого отставания и рационального использования ВИЭ в энергосистеме можно рассмотреть ряд дополнительных инструментов. Прежде всего это проведение технологически нейтральных отборов с применением возобновляемой генерации и накопителей энергии, в частности, для покрытия прогнозируемых энергодефицитов в ЕЭС России. Для этого у нас сформирована достаточная производственная база СЭС и ВЭС, которую можно эффективно использовать для дальнейшего наращивания объемов ВИЭ и загрузки машиностроителей. Кроме того, развитие возобновляемой энергетики целесообразно интенсифицировать на розничных рынках электроэнергии, в том числе на технологически изолированных территориях.

Выход на самокупаемость

В ряде стран на фоне увеличения объемов ВИЭ и снижения стоимости производства электроэнергии на них вследствие эффекта масштаба происходит постепенный отказ от государственных мер поддержки. Так, Германия, одной из первых запустившая в 1990-х годах так называемый льготный зеленый тариф (Feed-in Tariff, FiT), постепенно сокращает объемы прямой поддержки



АО «Росатом Возобновляемая энергия» — дивизион «Росатома», основная задача которого — консолидировать усилия госкорпорации в передовых сегментах и технологических платформах электроэнергетики. Компания была основана в сентябре 2017 года и на начальном этапе объединила все ветроэнергетические активы «Росатома». Дивизион отвечает за реализацию стратегии по направлению «Ветроэнергетика». Для решения такой амбициозной задачи в России были сформированы абсолютно новые компетенции по созданию и управлению ветроэлектростанциями, организации серийного производства ветроустановок, организации послепродажных сервисов, компетенции по маркетингу, разработке и продажам новых продуктов.

Сегодня ветроэнергетический дивизион «Росатома» выступает интегратором проектов в ветроэнергетике, эффективно решая весь спектр задач, от проектирования ветроэнергетических станций (ВЭС) до их сервисного обслуживания. В Волгодонске на базе завода «Атоммаш» организовано производство ступиц, гондол, генераторов и систем охлаждения для ВЭУ мощностью 2,5 МВт. Композитный дивизион «Росатома» поставил весь необходимый объем лопастей для ветроустановок первой очереди Новолакской ВЭС и начал поставки для второго этапа. Уровень локализации оборудования ветропарков «Росатома» составляет 85%. На сегодняшний день в эксплуатацию успешно введено порядка 1,2 ГВт ветроэнергетических мощностей, это 10 ветроэнергетических станций. Всего до 2028 года «Росатом» планирует ввести в строй ветроэлектростанции общей мощностью свыше 2 ГВт (с учетом уже введенных мощностей), что позволит дивизиону стать одним из лидеров российского рынка ВИЭ.

В ООО «Парус электро» (входит в дивизион «Росатома» «АСУ ТП и электротехника») создали опытный образец первого отечественного стринг-инвертора. Это устройство преобразования постоянного тока от солнечных панелей в переменный ток, который можно безопасно и эффективно передавать по электросетям потребителям. Новый инвертор с КПД в 98,3%, разработанный в двух вариантах (под 200 и 350 кВт), может работать с накопителями в сетевом и гибридном режиме и рассчитан на различные климатические условия. Это важный элемент технологического суверенитета в области солнечной энергетики.

Созданный образец стринг-инвертора отличается модульной архитектурой, высокой эффективностью и новыми инженерными решениями, которые обещают повысить надежность работы как самого инвертора, так и всей солнечной станции. Плюс модульной конструкции инвертора в том, что можно заменить силовой модуль без демонтажа всего оборудования. Это сокращает время обслуживания и ремонта с десятков часов до считанных минут и снижает потери выработки.

Инвертор работает по восьми независимым каналам (стрингам), управляя небольшими группами панелей по отдельности: если одна группа теряет эффективность из-за тени, снега или облачности, остальные продолжают работать на полной мощности. Это повышает устойчивость выработки зимой и в пасмурную погоду, увеличивает суммарное количество часов генерации в течение дня. Стринг-инвертор подходит как для промышленных наземных солнечных электростанций, так и для небольших СЭС на крышах зданий, поддерживает адаптивное управление реактивной мощностью под требования конкретного сетевого оператора и интеграцию с накопителями.

«Наша молодая команда разработки решений для возобновляемой энергетики создала новый продукт с полностью суверенным ПО, который необходим рынку. Мы традиционно уделили особое внимание разнообразию климатических зон России — температурный рабочий диапазон от -50 до $+65$ °C. Также разработана специальная схемотехника стринг-инвертора для обеспечения устойчивости к нестабильному напряжению в удаленных районах, где импортные устройства могут отключаться», — отметил генеральный директор ООО «Парус электро» Максим Жовнер.

Локализация комплектующих разработки достигает 90–95%, производство будет развернуто на собственных мощностях «Парус электро». Серийное производство планируется начать в 2026 году.

(за счет снижения цены и льготированных категорий ВИЭ), а в ряде случаев модифицирует механизм возврата инвестиций уже с использованием рыночных инструментов. Например, для морских ВЭС, по которым ценовой паритет с традиционной генерацией еще не достигнут, было принято решение использовать квазирыночный механизм контрактов на разницу цен (Contract for Difference¹, CfD), который является инструментом по защите инвестора от волатильности на рынке. По аналогичному пути идет Великобритания, которая запустила CfD в 2014 году и через пять лет отказалась от прямой поддержки (FiT). Китай также постепенно уменьшает объемы поддержки ВИЭ, стимулируя их переход на спотовые и среднесрочные рынки электроэнергии на уровне отдельных провинций.

Солнечная генерация: из космоса на Землю

Рост выработки ВИЭ стал возможен в том числе и благодаря развитию технологий. Промышленное производство солнечных модулей изначально было ориентировано на космическую отрасль. Основные технологические решения, а именно панели из моно- и поликристаллического кремния (КПД 15–25%) были разработаны в 1950–1970-х годах и уже с середины 1980-х получили коммерческое распространение в западных странах. Ускорение темпов развития СЭС началось с популяризации климатической повестки в конце 1990-х годов. В результате появилась новая гетеропереходная технология (HJT) с КПД около 27%.

Абсолютным лидером по производству оборудования для СЭС на текущий момент является Китай с объемом выпуска более 280 ГВт/год и долей около 80% в мире. Китайские производители успешно удовлетворяют спрос как на внутреннем, так и на внешних рынках и являются ключевым участником цепочки создания стоимости. Оставшаяся доля приходится на Южную Корею, Индию и США.

В России на данный момент освоен и локализован полный цикл изготовления HJT-панелей на базе компании «Хевел» с годовым объемом производства до 0,7 ГВт и перспективой увеличения мощностей до 1 ГВт/год с 2029 года. Однако даже при такой динамике доля отечественных СЭС в мировом производстве будет оставаться достаточно небольшой и составит менее 0,3%.

ВЭС растут и уходят в море

Активное внедрение ветровых электростанций в энергосистемы западных стран началось

¹ Контракт на разницу цен — это договор между инвестором (генерирующей компанией), потребителями и регулятором, в котором фиксируется цена (strike price), обеспечивающая возврат инвестиций. Если рыночная цена (reference price) выше фиксированной цены — инвестор возвращает разницу потребителям, если ниже — получает от них доплату.

в 1970–1990-х годах с появлением первых программ поддержки ВИЭ, спровоцированных мировым энергетическим кризисом и впоследствии поддержанных мировым климатическим лобби.

Рост эффективности ветроэнергетических установок в последние годы происходил за счет прежде всего увеличения единичной мощности генераторов с 0,2 до 16,2 МВт, высоты башен с 27 до 155 м и диаметра лопастей с 30 до 292 м. Развитию также способствовал переход на безредукторную технологию, позволившую снизить операционные затраты при эксплуатации ВЭС за счет экономии на смазочных материалах и обслуживании. Эта инженерная разработка также повысила надежность и увеличила диапазон эффективной работы ВЭУ на низких скоростях ветра.

Благодаря таким технологическим решениям ветровая генерация активно растет. Сегодня крупнейшей в мире является наземная ВЭС «Ганьсу» в Китае (8 ГВт), а самой большой по мощности единичной энергетической установкой — MySE 18.X-20MW компании Mingyang Smart Energy.

На текущий момент интенсивно развиваются морские (офшорные) ВЭС, позволяющие наиболее эффективно осваивать ветропотенциал на морском шельфе. Единичная мощность ВЭУ на таких станциях составляет в среднем от 8 до 20 МВт. КИУМ офшоров также заметно выше наземных ВЭС — 40–50% против 25–30% соответственно. Ключевым сдерживающим фактором остается стоимость данного технологического

решения: она значительно превышает CAPEX ветряков на суше и пока не позволяет достигать паритета с традиционными видами генерации.

Россия наращивает производство ветроустановок

Лидерами по производству оборудования ВЭУ по итогам 2025 года являются Китай — более 75% от мирового рынка (114,5 ГВт/год), Германия — 10% (15,9 ГВт/год), Дания — 7% (10,6 ГВт/год), США — 3% (5 ГВт/год) и Индия — 1% (1,2 ГВт/год).

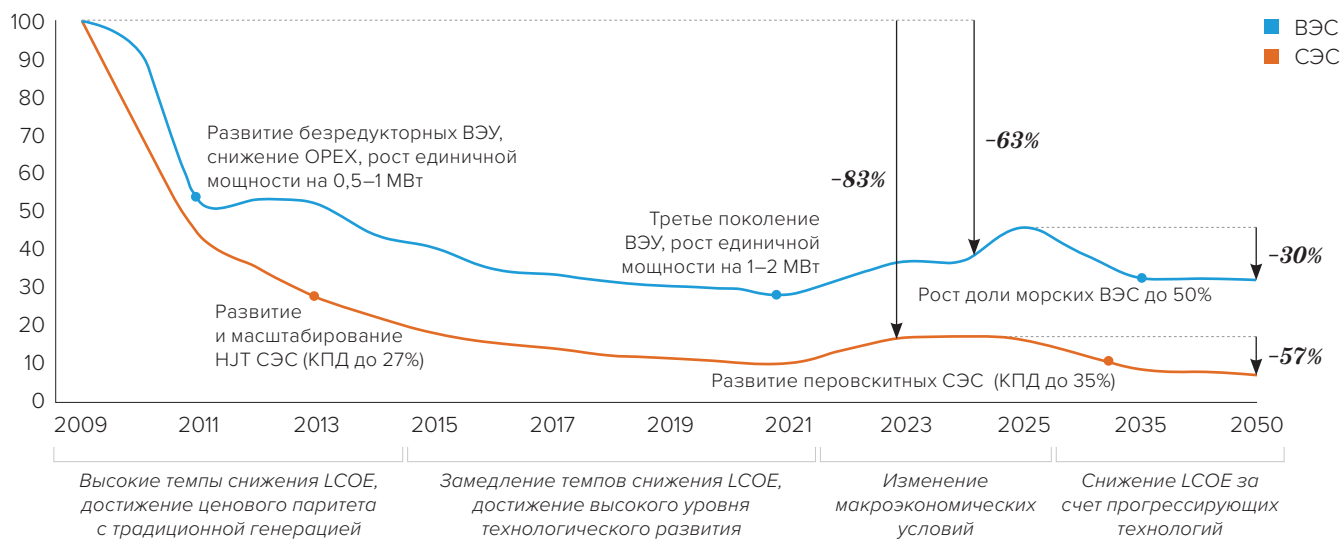
В России освоено и локализовано производство безредукторных ветроэнергетических установок на базе «Росатом Возобновляемая энергия» единичной мощностью 2,5 МВт. Годовой объем изготовления этого оборудования составляет 0,3 ГВт. Рынок также ожидает ВЭУ 6,5 МВт, производство которых планируется запустить на площадке группы компаний «Форвард Энерго» на уровне 0,5–0,7 ГВт/год. Это технологически приблизит Россию к ведущим мировым производителям в части единичной мощности ветроустановок.

При этом ожидается, что к 2029 году российские компании будут выпускать около 1–1,2 ГВт ВЭУ в год, порядка 0,8% от мирового производства. В результате на фоне умеренных темпов развития возобновляемой генерации к 2030 году в нашей стране сформируется профицит производственных мощностей ВЭС на уровне около 900 МВт/год. Он может быть использован как для интенсификации



Динамика изменения LCOE ВЭС и СЭС, влияние технологического прогресса

Источники: АЦ ТЭК, Lazard, IEA, EIA



вводов ВИЭ в рамках дополнительных отборов, так и для экспортных поставок.

Технологии — драйвер снижения LCOE

Развитие ВИЭ закономерно привело к снижению одноставочной стоимости производства электроэнергии (LCOE), что долгие годы сдерживало масштабное распространение возобновляемой энергетики.

В мировой практике стремительное снижение LCOE ВИЭ с 2009 по 2024 год было связано с опережающим развитием производственных мощностей на фоне роста спроса на этот вид генерации в крупнейших энергосистемах мира, простимулированного различными мерами государственной поддержки и последовавшим за этим прогрессом в области НИОКР. Для ВЭС снижение составило 63% (с 135 до 50 \$/МВт·ч), для СЭС — 83% (с 359 до 61 \$/МВт·ч).

Темпы снижения LCOE позволили в 2015 году достигнуть ценового паритета с традиционной генерацией: при значениях 55 и 64 \$/МВт·ч для ВЭС и СЭС ближайшим конкурентом оставались высокоэффективные с точки зрения КПД парогазовые ТЭС (65 \$/МВт·ч). Средние значения LCOE остальных типов генерации оставались значительно выше: АЭС — 117 \$/МВт·ч, угольные ТЭС — 108 \$/МВт·ч, пиковые ГТУ ТЭС — 192 \$/МВт·ч. На текущий момент уровни LCOE ВЭС и СЭС существенно ниже других видов генерации.

Сегодня полный паритет между СЭС и ВЭС, а также самый низкий показатель LCOE в мире достигнут в Китае — 30 \$/МВт·ч. Это обусловлено абсолютным лидерством КНР как в производстве оборудования (эффект масштаба), так и в объеме ввода новых мощностей внутри страны. Средние значения LCOE

в других странах — лидерах по производству возобновляемой энергии (США, Бразилия, Германия, Индия) составляют 40 \$/МВт·ч для ВЭС, 58 \$/МВт·ч для СЭС. Разрыв между ценой электроэнергии на ветровых и солнечных станциях там сохраняется: LCOE СЭС все еще превышает ВЭС на 30–70%. Это связано с тем, что солнечная технология в принципе более молодая и темпы ее масштабирования относительно ветра начали расти только в последние 10 лет.

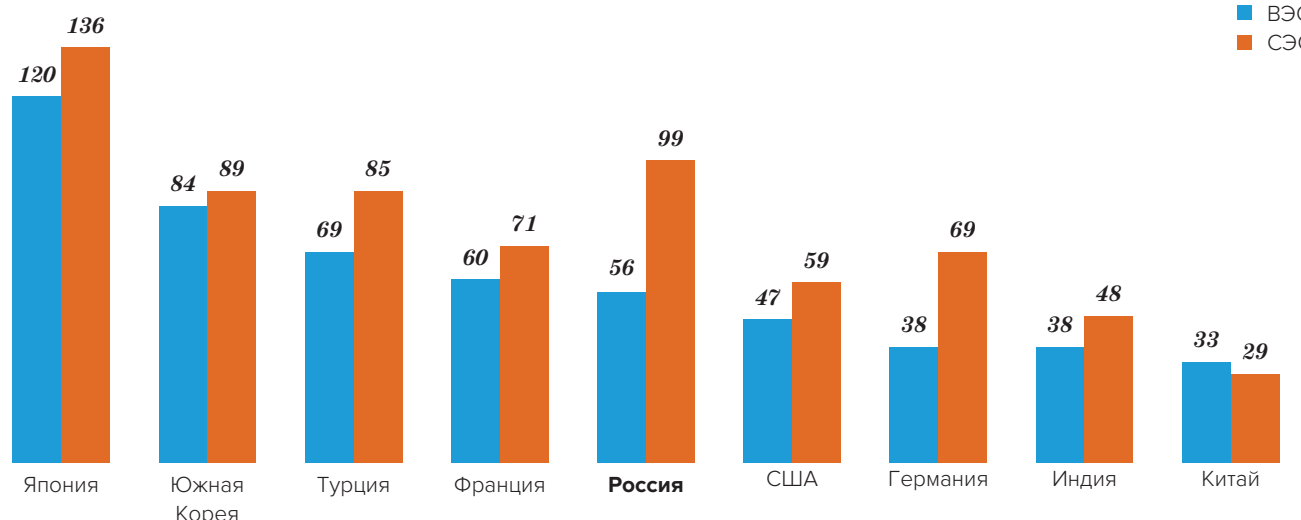
Вместе с тем есть страны, где LCOE сохраняется на относительно высоком уровне, — это Япония, Южная Корея, Турция и Франция. Доля ВИЭ в энергосистемах этих государств незначительная, а капитальные затраты остаются на высоком уровне ввиду необходимости импорта основного оборудования.

В России сегодня средневзвешенное значение LCOE ВЭС по отобранным в 2025–2031 годах проектам ДППМ ВИЭ 2.0 составляет 56 \$/МВт·ч (расчеты приведены для курса доллара 80 руб./USD), LCOE СЭС — порядка 100 \$/МВт·ч. Эти показатели кратно ниже в сравнении с другими видами генерации, но при этом выше, чем в среднем по миру. Например, стоимость электроэнергии отечественных ТЭС варьируется в среднем от 170 \$/МВт·ч (газ) до 200 \$/МВт·ч (уголь), что в 3–4 раза превышает показатели ветровых станций. Однако такие низкие цены без использования систем накопления нивелируют системный эффект от использования ВИЭ. При существенном росте доли возобновляемой генерации в энергобалансе потребуются дополнительные капитальные вложения для покрытия дефицита электрической мощности и обеспечения надежной работы энергосистемы.

МЭА до 2050 года прогнозирует дальнейшее сокращение LCOE для ВЭС и СЭС, как минимум еще на 30 и 57% соответственно (в отличие от традиционной

LCOE СЭС и ВЭС в развитых и развивающихся экономиках мира, \$/МВт·ч

Источники:
АЦ ТЭК, IRENA



генерации, где, наоборот, ожидается рост цены из-за увеличения капитальных затрат и стоимости топлива). В своих прогнозах агентство опирается на планы по дальнейшему увеличению доли ВИЭ в крупнейших энергосистемах, планомерному рациональному отказу от ископаемого топлива, а также внедрению новых технологий, в частности перовскитных СЭС (КПД до 35%, выход на рынок ожидается в 2028–2030 годах), и наращиванию доли офшорных ВЭС.

Накопители и рынок идут на помощь

Дальнейшее развитие возобновляемой энергетики сопряжено с повышением гибкости работы энергосистем, что главным образом обеспечивается за счет технологий накопления энергии, электросетевой инфраструктуры и рыночных механизмов (в том числе механизмов управления спросом). Лидером по всем этим направлениям в данный момент является Китай, который планирует активно использовать ВИЭ для достижения углеродной нейтральности к 2060 году и снижения производства электроэнергии на угольных ТЭС. Выработка ВИЭ к 2050 году в КНР, по прогнозам, увеличится примерно в 6 раз, а доля в энергобалансе составит порядка 65%.

Для успешной интеграции возобновляемой генерации в энергосистему Китай наращивает объемы систем накопления энергии (СНЭ): до 2030 года будет построено порядка 60 ГВт ГАЭС и 160 ГВт промышленных электрохимических накопителей (в основном литийионных АКБ). При этом Китай при строительстве объектов ВИЭ уже сейчас на уровне отдельных регионов нормативно закрепляет требования по установке промышленных СНЭ для резервирования новых СЭС и ВЭС. Нормативы резерва во многом зависят от доли ВИЭ в энергосистемах провинций и составляют от 5 до 30% от мощности ВЭС и СЭС.

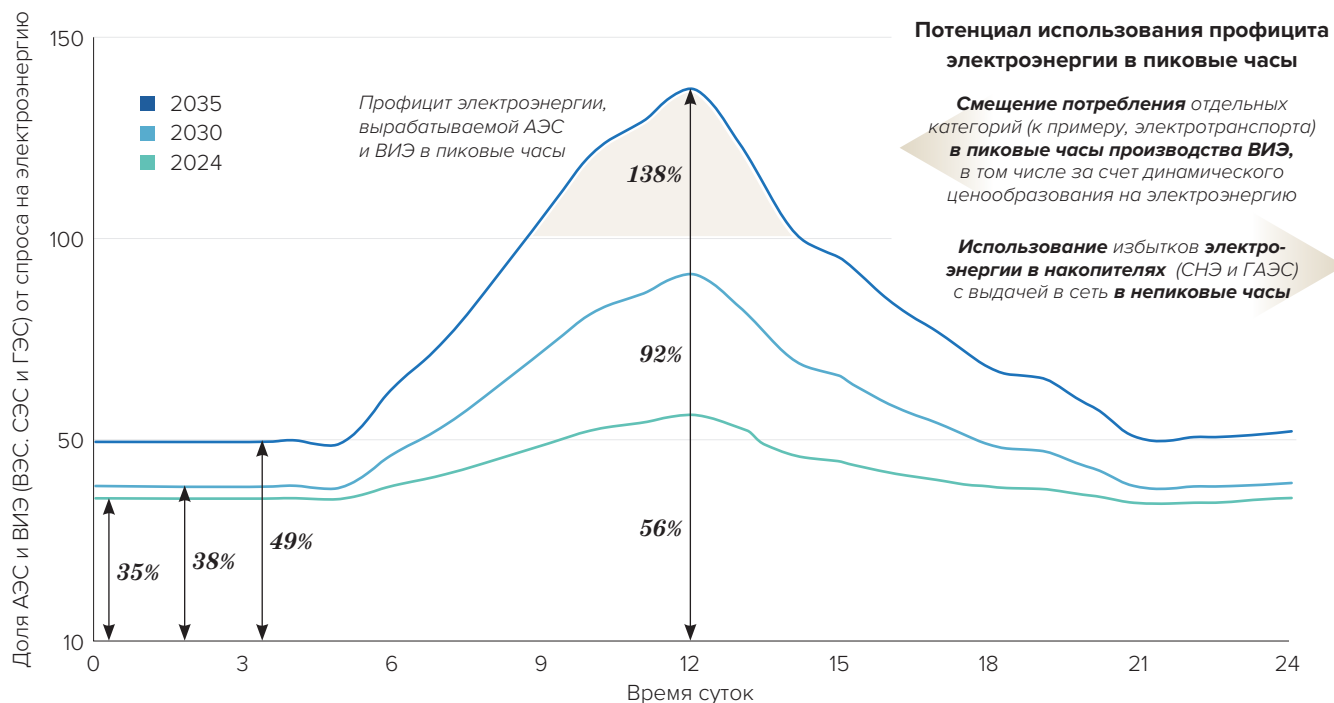
Кроме того, Китай активно строит ЛЭП постоянного тока для обеспечения маневренной и надежной связи между ВИЭ и центрами потребления. Всего в данный момент построено порядка 30 тыс. км таких ЛЭП, к 2050 году протяженность линий постоянного тока увеличится более чем в два раза.

Большую роль в китайском опыте повышения системной надежности возобновляемой энергетики играют рыночные инструменты. На фоне увеличения доли ВИЭ в энергосистеме КИУМ угольных ТЭС снизился с 57 до 49% в 2010–2024 годах, что привело к недозагрузке мощностей, убыткам генерирующих компаний и в ряде случаев даже к блэкаутам в отдельных регионах страны. Для решения этой проблемы в 2023 году был запущен и успешно работает специальный механизм гарантированной платы за угольную мощность. В будущем Китай планирует и дальше снижать выработку угольных ТЭС, используя их преимущественно для балансировки ВИЭ без вывода из эксплуатации (КИУМ снизится с текущих 49 до 29% к 2050 году). Повышение маневренности угольных станций будет достигаться за счет запланированной масштабной модернизации.

Еще одним рыночным инструментом выступает механизм управления спросом на электроэнергию. В части регионов КНР уже установлены цели по ценозависимому снижению потребления (от 3 до 5% от пикового), прежде всего для промышленности. К 2035 году пик спроса на электроэнергию в китайской энергосистеме будет полностью покрываться за счет ВИЭ, ГЭС и АЭС. Он будет сопровождаться профицитом выработки, часть которого, с одной стороны, будет аккумулироваться в СНЭ для дальнейшей выдачи в непиковые часы. А с другой стороны, китайцы уже сейчас начинают тестировать модели динамического ценообразования на электроэнергию,

Покрытие спроса на электрическую энергию в Китае за счет выработки АЭС и ВИЭ в 2024–2035 годах

Источник:
АЦ ТЭК



когда за счет снижения цены потребление отдельных категорий (к примеру, электротранспорта) смещается в максимум производства на ВИЭ.

Климатические цели vs энергонезависимость

Сегодня можно свидетельствовать об изменении общемировых трендов в области ВИЭ. Причина — череда мировых макроэкономических кризисов, начавшихся с 2020 года на фоне пандемии COVID-19 и не прекращающихся до сих пор из-за геополитических конфликтов в разных регионах мира. Трансформация цепочек создания стоимости, а также дисбалансы спроса и предложения на энергоносители приводят к резкому и зачастую неконтролируемому росту стоимости энергоресурсов.

Климатическая повестка, сформированная на базе Киотского протокола и Парижского соглашения для снижения выбросов CO₂ и достижения углеродной нейтральности, сейчас отходит на второй план. Приоритетом становится стоимость энергоресурсов, и электрической энергии особенно. Так, военный конфликт на Ближнем Востоке спровоцировал резкий рост цен на газ и нефть. В результате в ряде стран встал вопрос о запуске угольных ТЭС вместо пиковой газовой генерации во избежание существенного роста цен на электроэнергию. Например, в Германии планируют расконсервировать порядка 7,6 ГВт угольных ТЭС, в Италии — 4,7 ГВт, в Тайване и Южной Корее — по 2,1 ГВт.

В этой связи особенно остро стоит вопрос энергетической безопасности, которая должна обеспечиваться прежде всего за счет максимального использования внутренних энергетических и природных ресурсов. Одним из таких ресурсов являются возобновляемые источники энергии. Однако их развитие сегодня ограничивается погодозависимым характером выработки энергии, а также необходимостью резервирования и балансирования за счет СНЭ, электросетевой инфраструктуры и иных источников электрогенерации, в том числе на ископаемом топливе.

С другой стороны, в развивающихся странах по-прежнему актуальна задача по снижению выбросов парниковых газов. Особенно это важно для Индии и Китая, где на угле вырабатывается порядка 75 и 58% электроэнергии соответственно и встает вопрос перехода на более чистые источники энергии для повышения качества воздуха в городах. Поэтому данные страны идут по пути рационализации энергетических балансов исходя из имеющихся доступных внутренних ресурсов (главным образом угля), а также нацелены на снижение стоимости электроэнергии и антропогенного фактора.

Именно такая модель энергонезависимости, обусловленная стремлением к минимизации и повышению предсказуемости стоимости киловатт-часа, в комплексе с обоснованной климатической повесткой будет в будущем стимулировать дальнейшее развитие ВИЭ.

Текст: Роман Жолудь

Фото: Валерий Балдин / фонд «Атом», ЦКБ МТ «Рубин»

Арктика будущего

Новые разработки, которые помогут в освоении Арктического макрорегиона



Арктика — уникальная территория, которая имеет стратегическое значение с точки зрения наличия колоссальных запасов важнейших природных ресурсов и пролегающих через нее логистических маршрутов. Помимо непосредственно арктических государств, имеющих побережье на Северном Ледовитом океане, растущую заинтересованность в Арктическом регионе демонстрируют и другие страны. Для нашей страны Арктика и Северный морской путь являются фундаментальными составляющими национальных интересов. Технологические новации, которые развивают во всем мире, такие как беспилотные подводные аппараты, рои самоорганизующихся планеров, автономные буйковые системы, смарт-кабели, в ближайшие годы обещают сделать ледяную Арктику более доступной как для изучения, так и для освоения ее огромных ресурсов.

В начале этого года Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ «ВШЭ» с помощью системы анализа больших данных iFORA выделил самые перспективные технологии для освоения Арктики. Алгоритмы платформы обработали более 144 тыс. научных публикаций по арктической тематике на английском языке за 2021–2025 годы, материалы ведущих аналитических центров. Из этого списка мы отобрали несколько интересных направлений, мирное применение которых сможет облегчить работу людей в суровых арктических условиях.

Мир подо льдом

В 2025 году Китай провел самое масштабное глубокое подводное исследование Арктики с использованием пилотируемого и беспилотного подводных аппаратов в полярном регионе. Как рассказала South China Morning Post, ученые смогли получить данные о растительном и животном мире Арктики, проанализировать показатели воды и льда, изучить климатические характеристики региона.

В том же году маленький робот-поплавок «Арго» завершил свою миссию в ледниках Антарктиды. В течение двух лет он дрейфовал подо льдом и собирал информацию о показателях воды океана. Как написал журнал *Science Advances*, он фиксировал профиль от морского дна до основания ледника, погружаясь и всплывая. За это время он проделал путь примерно в 300 км. Восемь месяцев робот провел под ледниками, не появляясь на поверхности. Ученые уже решили, что аппарат безвозвратно потерян, но «Арго» всплыл, предоставив уникальные данные о таянии льда в Восточной Антарктиде. Эти сведения помогут исследователям прогнозировать повышение уровня Мирового океана из-за потепления.

В России работают над роботизированными системами для добычи полезных ископаемых на дне Северного Ледовитого океана. Как сообщили в Объединенной судостроительной корпорации, автономный комплекс «Айсберг» от Центрального конструкторского бюро морской техники «Рубин» будет работать на ледниковом шельфе: проводить геологическую разведку, бурить скважины с отбором керна при глубинах моря до 4500 м, транспортировать грузы и устанавливать рабочие конструкции.

Систему планируется дополнить еще и подводной зарядной станцией «Октавис», которая станет одновременно и накопителем энергии, и хранилищем данных, сообщил проект Arctic Russia. От нее смогут заряжаться подводные роботы, занимающиеся геологоразведкой. «Октавис» будет передавать с морского дна данные на берег, сообщать о функционировании роботов и их неисправностях, а также собирать информацию об окружающей среде.

На иллюстрации

Изображение подводного аппарата «Аргус-Д»

Кроме того, в «Рубине» разработали беспилотные подводные аппараты для доставки грузов «Аргус-Д». Если такой аппарат столкнется во время рейса с проблемами, его управление можно будет переключить в ручной режим. Двигатели аппарата работают

от литиевой батареи, он будет развивать скорость до 11 км/ч на глубине 1–3 км.

Эти истории — примеры новых технологий для исследования океанов, покрытых льдом. Они помогут изучать геологию и биоразнообразие региона, наблюдать за тектоническими изменениями, землетрясениями, разведывать и разрабатывать месторождения полезных ископаемых и получать другую информацию, которая недоступна для традиционных методов исследования. Они показывают, что беспилотные подводные системы уже сейчас ориентированы на широкое внедрение. Что еще разработчики предлагают для использования в ближайшей перспективе?

Автономные подводные аппараты

Автономные подводные аппараты (АПА) — одно из таких перспективных направлений. Для полярных условий они привлекательны тем, что в течение длительного времени могут работать без участия человека под толстым слоем льда. Большая часть морской поверхности Арктики скрыта подо льдом, и это затрудняет ее исследование обычными методами. Бурение толстого ледяного покрова бывает трудным технологически и очень дорогим с экономической точки зрения. Тем более такой метод позволяет изучить только маленькое пространство вокруг скважины. Подводные лодки для таких целей тоже не очень подошли: у них невысокая маневренность, а качество собираемой информации не устраивало ученых.

Полярные АПА гораздо удобнее: они небольшие по размерам, мобильны, не требуют управления и устойчивы к жестким арктическим природным условиям. Кроме того, они не приносят столько вреда хрупкой экосистеме океана, как другие, более грубые методы исследований. Для них разрабатывают технологии криогенной защиты, устройства для зарядки прямо под водой, запуск со льда или даже с вертолетов.

Первым задокументированным случаем применения полярного АПА исследователи называют использование аппарата UARS в 1972 году в море Бофорта специалистами из США. В последующие десятилетия полярные экспедиции разных стран испытывали свои аппараты в арктических водах. Сейчас активно ведутся разработки гибридных устройств, которые могут как работать автономно, так и управляться с помощью радиосвязи или кабеля оператором.

Сегодня разработчики пытаются решить несколько проблем, стоящих на пути серийного применения АПА в Арктике. Одна из них связана с улучшением питания аппаратов. Хотя литиевые батареи и заменили устаревшие щелочные, однако при низких температурах они тоже достаточно быстро теряют энергию и изнашиваются. Еще одна задача — высокоточная навигация под толстым слоем льда. Вода сама по себе тушит радиосигнал, а здесь появляется и препятствие в виде льда. В таких условиях аппаратам бывает сложно установить связь с навигационными спутниками. Инерциальная и геомагнитная навигация в широтах



с неустойчивым магнитным полем тоже начинает сбивать. Эти и другие причины приводят к тому, что использование АПА в полярном регионе пока считается достаточно рискованным. В 2010-х годах исследователи объявляли, что риск потери аппарата в полярных водах почти в пять раз выше, чем для миссий в открытой воде без льда. Под шельфовыми ледниками этот риск вырос в девять раз.

Решения этих проблем ожидают очень многие. Данные о водах Арктики помогают ученым понимать и прогнозировать изменение климата. Изучение состава воды дает возможность определять выбросы парниковых газов и метана. АПА также могут исследовать экосистемы подо льдом, составлять карты дна океана.

В промышленности возлагают надежды на поиск и разработку арктических месторождений газа, нефти и минеральных ископаемых. Кроме того, американские автономные аппараты LRAUV уже тестировались для обнаружения утечек нефти в водах океана. Об этом сообщал Monterey Bay Aquarium Research Institute (США). Такая технология очень важна, потому что нефтяные разливы подо льдом вряд ли возможно обнаружить с поверхности. В случае аварии АПА могут быстро доставить в нужный район вертолетом и сразу запустить в воду.

Подводные аппараты могут обследовать кабели, платформы, трубопроводы и другие коммуникации на дне океана в любое время года. Для поддержания безопасности морских путей их можно использовать для мониторинга ледовой обстановки, разведки маршрутов.

«Данная технология будет востребована для работы на арктическом шельфе для поиска, контроля и добычи углеводородов, по мере развития технологий и геологических исследований — для добычи редких и редкоземельных металлов и элементов, — комментирует Александр Воротников, координатор экспертного совета экспертного центра «Проектный офис развития Арктики». — Для России она станет доступна по мере реализации и обновления национального проекта "Промышленное обеспечение транспортной мобильности"».

Рои глайдеров

Очень перспективным выглядит применение в Арктике роевых систем — набора автономных аппаратов, которые действуют согласованно. Значимость этой технологии в том, что рой может охватывать и контролировать очень большие морские пространства, до нескольких километров вокруг себя. При этом они, как и АПА, могут работать месяцами, не требуя человеческого вмешательства. Они способны погружаться на глубину до 1 км, подниматься к поверхности и дрейфовать.

Пока рои подводных планеров (их еще называют глайдерами) — это дело будущего, скорее всего, недалекого. Но одиночные аппараты уже создаются

и проходят испытания. Существуют проекты, которые могут стать основой для роевых технологий. Например, это платформа в районе Лофотен — Вестеролен в Норвежском море.

Рой позволит заниматься распределенным мониторингом льда. Сейчас, для того чтобы роевые системы могли вести какую-то общую работу, разную для аппаратов, входящих в рой, для них разрабатывают алгоритмы распределенного интеллекта.

Еще одна сфера применения роев — поиск объектов под водой. Аппараты, входящие в рой, должны уметь определять местонахождение без GPS, обходить препятствия, планировать маршрут, осуществлять координацию. Чтобы это стало возможным, внутри роя должна быть устойчивая коммуникация. Для этого нужны алгоритмы кооперации и планирования. Кроме того, они должны избегать конфликтов с другими устройствами, уметь адаптироваться к внешним условиям (например, к течению).

Отличительная особенность глайдеров — низкое энергопотребление. Они движутся в основном за счет изменения плавучести. Это достигается сменой центра тяжести аппарата с помощью гироскопа, давления, объема или плотности за счет наполнения специальных цистерн. В научных публикациях обсуждается и создание гибридных роев — планеров, работающих совместно с АПА и воздушными дронами. Коммуникацию с летательным аппаратом в таких системах предлагается устанавливать через специальные всплывающие станции.

«Конечно, в этой области Россия заметно отстает — примерно на несколько десятилетий, — считает Александр Воротников. — В нашей стране такие технологии уже используются, например, для воздушных беспилотных авиационных систем при чрезвычайных ситуациях. Можно ожидать, что рои будут применяться и в морских глубинах».

В более отдаленном будущем предполагается использовать рои под управлением искусственного интеллекта. По сути, это будут самоорганизующиеся и самоуправяемые подводные сетевые системы.

Автономные буйковые станции

Автономные буйковые станции (АБС) уже давно играют важную роль в исследованиях Арктики. Это еще один вариант освободить человека от работы в тяжелых климатических условиях и переложить сбор данных на автоматические системы. АБС используют для круглогодичного мониторинга воздуха, ледяного покрова и воды. Их размещают как на дрейфующих льдах, так и в толще океана. Современные аппараты работают на литиевых батареях, рассчитанных на один-три года. Данные с АБС передают через спутниковые системы. Водные станции за счет изменения плавучести аппарата могут погружаться в воду и всплывать. К самой станции крепится «хвост» из датчиков, которые собирают данные.

Для России интеграция автономных буйковых станций в цифровую систему навигации важна для развития СМП. Поддержка ледоколов и торговых судов с помощью информации от буйковых систем сделает их частью логистики, а не инструментом для исследований, каким они являются на сегодняшний день.

На надводной части станции находятся датчики, которые фиксируют показания воздуха и ветра. Когда аппарат находится под водой, используется инерциальная навигация.

Буйковые станции активно использует Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. Так, в сентябре 2025 года его сотрудники подняли со дна Северного Ледовитого океана станцию, которая проработала четыре года. В Арктике также действуют АБС других стран, входящих в Арктический совет.

Ценность технологий АБС в том, что они позволяют получать непрерывные данные. Их можно использовать для изучения изменения климата, прогнозирования ледовой обстановки и погоды. Еще одно преимущество: АБС годами не требует обслуживания. Станция собирает, фильтрует и передает информацию без вмешательства человека.

«В течение максимум пяти лет они будут использоваться повсеместно, — отмечает Александр Воротников. — Уже сейчас есть примеры использования АБС, например на шельфе Сахалина. Здесь они применяются для мониторинга скорости и направления течений, параметров волнения и уровня моря, температуры и солености воды, мутности и концентрации растворенного кислорода».

Сейчас наметился тренд на переход отдельных АБС к сетям, которые будут действовать примерно как рои подводных планеров, дрейфуя в океане на расстоянии до 1 км. Еще одно перспективное направление — интеграция буйев с глайдерами, которая переведет пассивную систему в активную. В целом АБС — это относительно дешевая и масштабируемая технология мониторинга океана. С внедрением в такие системы распределенного интеллекта они станут еще более ценными для наблюдения и сбора данных.

Для России интеграция АБС в цифровую систему навигации важна для развития Северного морского пути. Поддержка ледоколов и торговых судов с помощью информации от буйковых систем сделает их

частью логистики, а не инструментом для исследований, каким они являются на сегодняшний день.

Умные кабели

Трансарктические волоконные кабели нового поколения — это подводные оптоволоконные линии, которые прокладывают по дну океана, обеспечивая интернет-соединение, например, Европы и Азии. Такой маршрут короче, чем через Суэцкий канал. Кроме того, эти каналы дают доступ к глобальной сети полярным регионам и используются научными станциями в Арктике. Но такое использование кабелей сейчас кажется несовременным: ученые считают, что каждый канал должен стать частью глобальной сенсорной системы. Smart-концепция предполагает встраивание датчиков прямо в кабель. По замыслу разработчиков, они будут измерять давление, температуру, сейсмическую активность, наклон и деформацию дна. Такие системы позволяют получать долгосрочные данные в реальном времени без организации экспедиций и запуска аппаратов. Это особо актуально для Арктики, где обычные приборы трудно обслуживать.

Отдельное направление — акустические кабели. Сейчас самой прорывной в этом направлении считается технология Distributed Acoustic Sensing (DAS). Работает она так: по оптоволокну пускают лазерные импульсы, при этом часть света отражается обратно. Любые вибрации, звук, движение воды, проходящие суда меняют характеристики сигнала. Система превращает кабель в гигантский микрофон, и отрезок в 1 км становится виртуальным аналогом тысячи датчиков. Технология DAS уже позволяет фиксировать крики китов, штормы, волны и движение судов, землетрясения, процессы подо льдом.

На базе smart-кабелей развивается система океанического зондирования. Она дает высокую пространственную детализацию. Другой метод — интерферометрия — применяется для изучения приливов и отливов.

Умные кабели могут заменить гидрофоны и традиционные буйковые системы. Они способны работать десятилетиями, не требуя обслуживания или ремонта.

«Это дело ближайшего будущего, примерно 10 лет, — полагает Александр Воротников. — Например, исследователи из Университета Вашингтона уже научились использовать подводные интернет-кабели как гигантские сейсмографы. Новая система с искусственным интеллектом улавливает даже слабые землетрясения, которые раньше терялись в океанском шуме».

В отдаленном будущем умные кабели смогут создать цифровой двойник океана. Их объединение со спутниками, буйковыми системами, АПА и глайдерами даст возможность получения максимально полной информации и позволит прогнозировать на ранней стадии опасные природные явления.

По словам Александра Воротникова, опыт создания цифровых двойников в России уже существует. «Уже есть

Деятельность «Росатома»

цифровой двойник северного завоза. Существуют цифровые двойники предприятий и муниципальных образований. Платформа «Арктик Лабс» также уже используется как цифровой двойник Северного морского пути. Можно предполагать, что в течение 10–15 лет будет создан и цифровой двойник Арктики с системой предиктивного анализа. Работу необходимо вести в рамках реализации национального проекта "Экономика данных и цифровая трансформация государства", — объясняет эксперт.

Криогенные системы хранения водорода

Водород рассматривается как одна из альтернатив ископаемого топлива. Производить его относительно несложно, но возникает проблема с хранением больших объемов этого газа. Один из способов ее решения — создание криогенных хранилищ в Арктике.

В жидкое состояние водород переходит примерно при -253°C . В таком виде он имеет большую плотность, поэтому криогенное хранилище может «упаковать» большие объемы газа. Поддержание таких низких температур требует непростых инженерных решений. Суровый арктический климат привлекателен тем, что он помогает экономить энергию при работе хранилищ.

Правда, есть ряд задач, которые для воплощения этой идеи еще предстоит решить. Низкие температуры полярных широт, соленый воздух и сильный ветер — это дополнительная нагрузка на конструкции и материалы, и она сильнее, чем в регионах с более мягким климатом. При этом даже в холодных арктических условиях разработчикам нужно искать эффективные способы термоизоляции. Без активного охлаждения потери при испарении могут достигать 3%. Применение криогенных холодильников дает возможность довести эти показатели практически до нуля.

Как альтернатива хранению чистого водорода выступают технологии накопления его в связанном виде: гидриды металлов и другие твердые поглотители, органические носители водорода, химические соединения (аммиак или метанол) и т.п. Они дают возможность хранить водород в более стабильных формах без создания экстремальных температур, что очень важно для перевозок.

«В России в настоящее время хорошо развита технология сжижения газов, — рассказывает Александр Воротников. — Однако развитие криогенных систем требует отработки практических технологий и займет не менее двух-трех десятилетий».

Сейчас ученые обсуждают возможность производства водорода прямо в Арктике для использования его энергии в полярных проектах. Также рассматривается перевозка больших объемов водорода на криогенных танкерах, которая может быть экономически выгодной на протяженных маршрутах. В любом случае эти технологии станут востребованными только тогда, когда водород войдет в число широко распространенных источников энергии.

Развитие инфраструктуры и судоходства в Арктике является одним из ключевых направлений деятельности госкорпорации «Росатом». Северный морской путь как транспортная артерия имеет исключительно важное значение для обеспечения дальнейшего развития экономики российских северных регионов и государства в целом. Кроме того, СМП обладает большим потенциалом для многогранного сотрудничества в различных областях: от расширения грузопотока и развития инфраструктуры до научного сотрудничества в области экологии и экологически устойчивого арктического судоходства.

Россия обладает единственным в мире атомным ледокольным флотом, использующим ядерные технологии для решения задач обеспечения национального присутствия в Арктическом регионе.

С 2018 года «Росатом» является инфраструктурным оператором Северного морского пути. В части ответственности «Росатома» развитие Северного морского пути как глобального логистического коридора обеспечивается за счет налаживания регулярных грузоперевозок, постройки новых атомных ледоколов, модернизации и строительства портовой инфраструктуры. «Росатом» обеспечивает выдачу разрешений на плавание на основании Правил плавания в акватории СМП, ледокольную проводку, разработку безопасных маршрутов для судов в акватории СМП и предоставляет услуги атомного ледокольного флота на основании заявок грузоотправителей.

В 2025 году «Росатом» назначен единым морским оператором северного завоза. Приоритетом в работе единого морского оператора является сохранение надежности поставок и стабилизация стоимости транспортировки грузов жизнеобеспечения в отдаленные пункты Арктического региона РФ.

Грузопоток по СМП стабильно растет, увеличившись практически в семь раз за последние 10 лет. В 2025 году грузопоток по СМП составил 37,02 млн тонн, подтвердив рекордные объемы двух предыдущих лет. При этом объем перевезенных транзитных грузов в 2025 году побил очередной рекорд и достиг показателя в 3,2 млн тонн, став свидетельством последовательной интеграции СМП в глобальный логистический контекст.

Сегодня развитие арктического судоходства выходит на качественно новый уровень: ведется работа по формированию комплексной транспортной системы — Трансарктического транспортного коридора (ТТК). Это единая система маршрутов, включающая в себя Северный морской путь (как ключевой участок), связанные с ними внутренние водные пути и объекты транспортной инфраструктуры, направленная на комплексное развитие территорий Арктической зоны Российской Федерации и Дальнего Востока, грузовой базы, а также внутренних, международных и транзитных перевозок грузов и пассажиров вдоль побережья России.



Текст и инфографика: Роман Тиняев, партнер практики «Промышленность и технологии» Strategy Partners

Фото: газета «Страна Росатом» / Nano Banana AI



Электромобили без розовых очков

Мировой рынок EV после перелома 2025 года: большие цифры, китайское давление, гибридный реванш и новая прагматика автопрома

В 2025 году с электромобилями произошло то, что рано или поздно происходит с любой технологией, которая выходит из зоны экспериментов на массовый рынок: исчезла романтика и началась бухгалтерия. Инженеры по-прежнему спорят о химии батарей, маркетологи — о запасе хода, политики — о сроках отказа от двигателя внутреннего сгорания, а покупатель смотрит на цену, зарядную инфраструктуру и остаточную стоимость через три года.

Рынок электромобилей (EV, electric vehicle — автомобиль с электрической тягой) в 2025 году вырос до нового рекорда. Но это уже не та лавина, которая казалась неизбежной в 2021–2022 годах. По данным

Международного энергетического агентства (МЭА), опубликованным в Global Energy Review 2026, продажи электромобилей в 2025 году достигли примерно 21 млн машин, то есть около четверти мирового рынка новых автомобилей. Рост остался двузначным — более 20% год к году, — но сама траектория стала более пологой. Рынок не сломался, он повзрослел.

Главные тренды 2025 года: рост есть, но эйфория закончилась

Самый важный вывод 2025 года звучит не как заголовок рекламного буклета, а как строка из отраслевого отчета: продажи электромобилей продолжают расти, но темпы роста нормализуются. В 2022 году мировой рынок прибавил более половины, в 2023-м — около трети, в 2024-м — около

четверти, а в 2025-м — примерно пятую часть. Это все еще очень быстро по меркам автомобильной индустрии, где модельные циклы измеряются годами, а инвестиции в заводы — миллиардами евро. Но это уже не экспонента, а индустриальный рост с ограничениями по цене, инфраструктуре, сырью, политике и потребительской психологии.

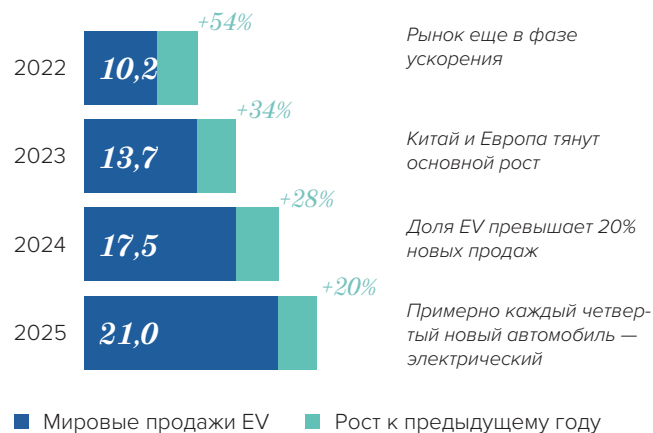
Второй тренд — автомобили с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) не исчезают так быстро, как предполагали самые смелые прогнозы. Причина проста: мировой парк огромен, около 1,4–1,5 млрд легковых автомобилей, а электромобили даже после рекордных продаж занимают лишь несколько процентов от него. Продажи новых электромобилей растут быстро, парк — медленно. Поэтому спрос на нефтепродукты в сегменте отрасли дорожного транспорта уже чувствует давление EV, но не обрушивается мгновенно. МЭА в *Global Energy Review 2026*, в разделе, посвященном автомобилям с электрической тягой, указывает, что электромобили уже вытесняют существенный объем нефтепродуктов, однако пик и последующее снижение спроса на нефть в сегменте транспорта — это история десятилетия, а не одного года.

Третий тренд — возвращение прагматизма. Европа смягчает риторику вокруг полного запрета ДВС, США переживают откат после окончания срока действия федеральных налоговых льгот, Китай сталкивается с насыщением внутреннего рынка и ценовой войной. Даже издания, которые еще недавно писали о неизбежном электрическом будущем в почти линейной логике, в 2026 году все чаще обсуждают переносы, отмены и задержки выхода новых моделей на рынок. *Car and Driver* отдельно разбирал, как американские производители отступают от прежних EV-планов после рекордных, но во многом стимулированных льготами показателей третьего квартала 2025 года. *Motor Trend* в апреле 2026 года писал о переносе выхода полноразмерных электрических пикапов и внедорожников General Motors на фоне неопределенного спроса, отмены льгот, дешевого топлива и сохраняющихся вопросов к зарядной инфраструктуре.

Четвертый тренд — китайское давление стало системным. Китай уже не просто крупнейший рынок. Это крупнейшая производственная база, крупнейший потребитель, крупнейший производитель аккумуляторов для электромобилей и главный источник ценового давления на весь мир. По оценке МЭА, данной в обзоре *Global EV Outlook 2025*, в 2024 году Китай произвел 12,4 млн электромобилей из 17,3 млн выпущенных в мире, то есть более 70%. В 2025–2026 годах китайские бренды уже не просто догоняют европейских и корейских производителей — они заставляют Volkswagen, Hyundai, Stellantis и Renault переосмысливать продуктовые планы. *Auto Motor und Sport* в январе 2026 года фиксировал рост регистраций китайских брендов в Германии с 40 467 машин в 2024 году до 68 438 в 2025-м, а BYD в январе 2026 года впервые уверенно превысила 1% немецкого рынка по числу регистраций новых автомобилей.

Динамика продажи электромобилей в 2022–2025 гг., млн шт.

Рис. 1



Продажи 2022–2025 годов: рынок все еще растет, но уже считает деньги

Если говорить только об объемах продаж, электромобили выглядят как победители. Но если смотреть на темпы, видно замедление (рис. 1).

По данным МЭА (основного источника аналитики по 2025 году), было зафиксировано более 20 млн продаж EV, это около четверти мирового рынка новых автомобилей. Reuters со ссылкой на Rho Motion также писал о 20-процентном росте мировых регистраций EV в 2025 году, но предупреждал, что в 2026-м темпы, вероятно, замедлятся из-за замедления темпов роста

Словарь

EV (electric vehicle) — электрический автомобиль, обобщающий термин, который включает в себя все электрические и гибридные автомобили.

BEV (battery electric vehicle) — полностью электрические ТС, ДВС отсутствует.

PHEV (plug-in hybrid vehicle) — подключаемые гибридные электромобили, сохраняют возможность движения на электричестве с резервным питанием от традиционного ДВС.

HEV (hybrid electric vehicle) — самозаряжающиеся гибриды, используют как электродвигатель, так и бензиновый двигатель. При этом электродвигатель служит для повышения топливной экономичности.

EREV (electric range extended vehicle) — электромобили с увеличенным запасом хода, ДВС только подзаряжает аккумулятор, а не напрямую приводит в движение колеса.

рынка электромобилей в Китае и смягчения целей электрификации в ряде стран.

Топ моделей: Tesla держит витрину, Китай забирает полку

По данным Autovista24, самой продаваемой полностью электрической моделью 2025 года снова стала Tesla Model Y: 1 085 521 поставка, единственная BEV-модель, преодолевшая миллионный рубеж. Но за этим лидерством уже не стоит прежнее безусловное доминирование Tesla. В 2025 году BYD стала крупнейшим мировым брендом по совокупным продажам подключаемых автомобилей: 3 967 070 машин BEV + PHEV, 19% мирового рынка. Tesla заняла второе место с 1 635 753 поставками и снижением объема на 8,5%.

Tesla остается сильнейшей по отдельным моделям, BYD — по ширине линейки и суммарному объему, а массовый сегмент все заметнее переходит к китайским производителям. Tesla по-прежнему задает стандарты эффективности, зарядной экосистемы и программного образа автомобиля. Но BYD, Geely, Wuling, Aion, Changan, Leapmotor и XPeng делают другое: они превращают EV из технологического

манифеста в обычный товар разных ценовых классов (рис. 2).

Парк электромобилей: продажи уже большие, эффект в автопарке еще мал

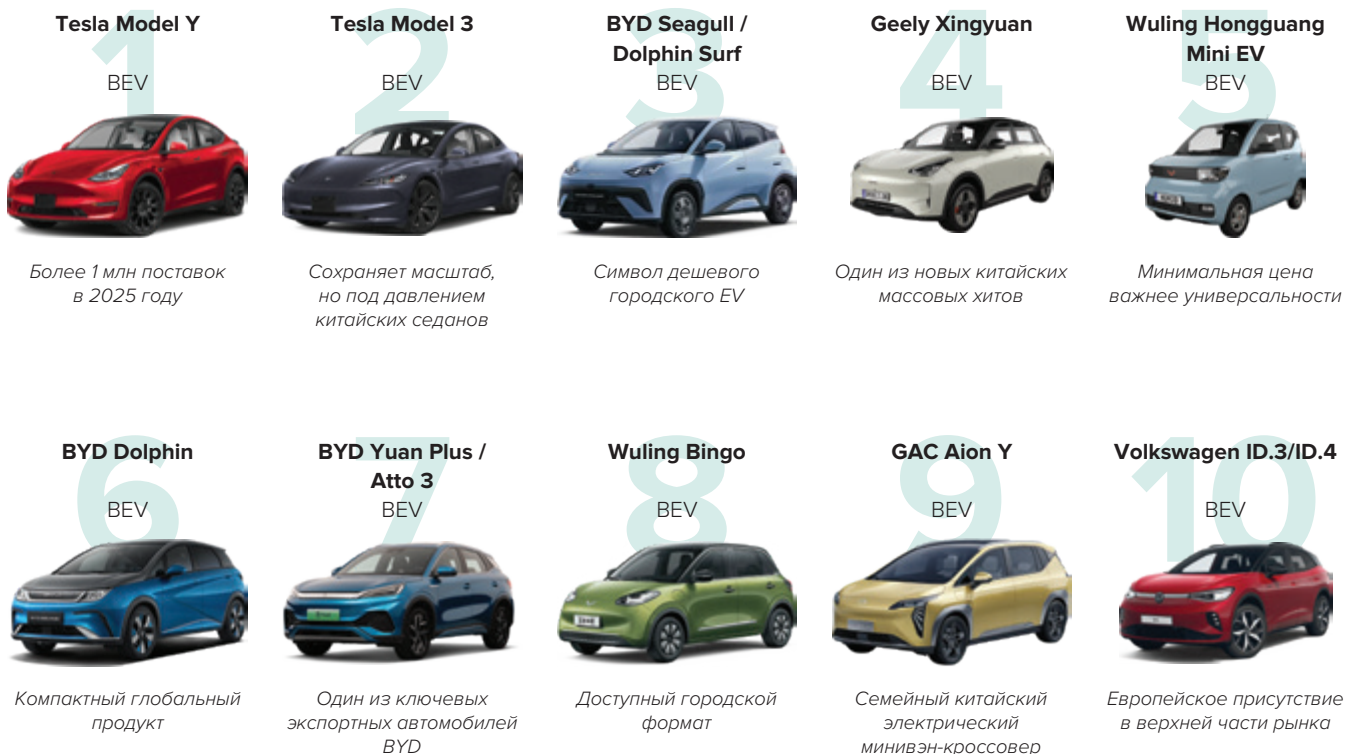
Разница между продажами и парком — ключ к пониманию рынка. В новостях электромобили уже выглядят как четверть мирового автопарка. На дорогах — все еще как меньшинство (рис. 3).

МЭА в Global EV Outlook 2025 указывало, что уже в 2024 году в Китае каждый десятый автомобиль на дорогах был электрическим, что показывает масштаб китайского отрыва. Но в среднем по миру EV остаются относительно небольшой частью парка. Это означает две вещи. Во-первых, потенциал роста огромен. Во-вторых, декарбонизация и снижение нефтяного спроса будут растянуты во времени, потому что старые автомобили с ДВС живут долго, особенно в развивающихся странах.

Для автолюбителя это означает простую вещь: переход будет не одномоментным. Автомобили с ДВС, гибриды и электромобили еще долго будут сосуществовать. В мегаполисе с домашней зарядкой EV уже

Топ-10 самых продаваемых электромобилей в мире в 2025 году

Рис. 2



может быть рациональным выбором. Для покупателя, который регулярно ездит по трассе, буксирует прицеп или живет в регионе с неразвитой зарядной сетью, компромисс пока может выглядеть иначе.

BEV, PHEV и HEV: рынок выбрал не одну технологию, а несколько

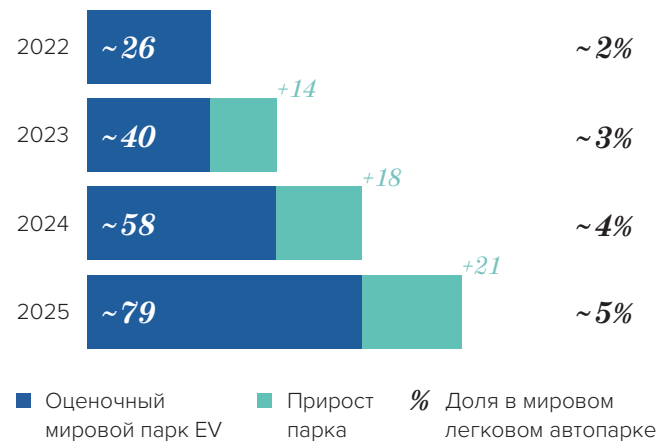
В отчетах часто смешивают три разных типа машин, и из-за этого возникает путаница. BEV едет только на электричестве. PHEV имеет батарею, которую можно зарядить от сети, и ДВС. HEV использует батарею только как вспомогательный элемент, заряжая ее от двигателя и рекуперации.

В Европе по итогам первого квартала 2026 года ACEA зафиксировала 546 937 регистраций BEV и долю 19,4% рынка, тогда как гибриды без внешней зарядки заняли 38,6%. Бензиновые и дизельные автомобили вместе опустились до 30,3% против 38,2% годом ранее. Это очень важная цифра: Европа действительно уходит от классического ДВС, но не обязательно прямо в чистый BEV. Большая часть перехода проходит через гибриды.

В США картина еще более гибридная. Deloitte в исследовании потребительских настроений отмечал, что интерес американцев к HEV/PHEV вырос до 26%, тогда как намерение купить чистый EV оставалось слабым; 79% потенциальных EV-покупателей планировали заряжаться дома, но 58% не имели доступа к выделенному зарядному устройству. Это объясняет, почему гибриды воспринимаются как меньший риск: топливо есть везде, зарядка не нужна, расход ниже.

Вывод: технологическая развилка не закрыта. BEV — конечная точка для городов, корпоративных парков, Китая, Норвегии, части ЕС. HEV — рациональная страховка для покупателей, которые не готовы менять образ эксплуатации. PHEV — переходный

Динамика изменения мирового парка электромобилей в 2022–2025 гг., млн шт. Рис. 3



формат, особенно для тяжелых кроссоверов и премиальных машин, но его реальная экологическая эффективность зависит от дисциплины зарядки (табл. 1).

Региональная карта: Китай едет быстрее, Европа регулирует, США сомневаются

Глобальный рынок EV — это не один рынок, а три разные автомобильные цивилизации (рис. 4).

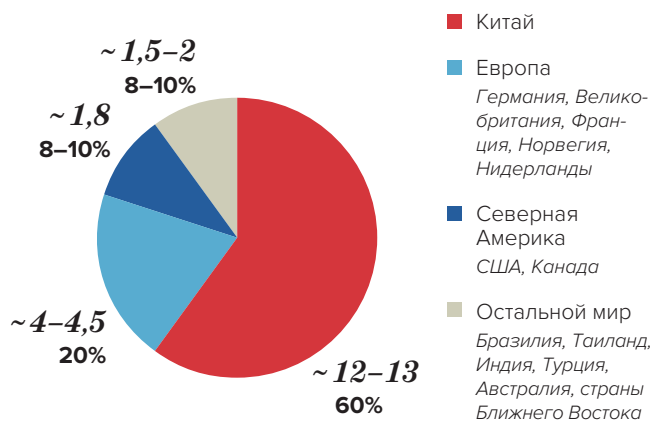
МЭА отмечает, что в 2024 году Китай продал более 11 млн электромобилей — больше, чем весь мировой рынок двумя годами ранее. В 2025 году Китай, по прогнозной оценке МЭА, должен был выйти примерно на 60% доли EV в новых продажах. Это уже не «электрическая ниша»; это новый нормальный автомобильный рынок.

Виды автомобилей, использующих разные типы энергии, и их распространение в 2022–2026 гг.

Табл. 1

Год	BEV: тенденция	PHEV: тенденция	HEV: тенденция
2022	Быстрый рост в Китае и Европе	Рост с меньшей базы	Стабильный массовый формат в Японии и США
2023	Укрепление доли в EV-продажах	Китайский рост за счет больших гибридных внедорожников	Рост на рынках с дорогими BEV
2024	BEV остаются ядром EV-рынка	PHEV ускоряются в Китае	HEV снова становятся популярным компромиссом
2025	BEV лидируют, но темп нормализуется	Рост слабее и более региональный	Сильный спрос в США, Японии и части Европы
I кв. 2026	ЕС: BEV — 19,4% рынка	ЕС: PHEV растут быстрее	ЕС: HEV — 38,6% рынка, самый популярный тип электрификации

Распределение продаж электромобилей в мире в 2025 г., млн шт. Рис. 4



Европа движется иначе: через нормы выбросов, корпоративные парки, налоговые стимулы и штрафы для производителей. После слабого 2024 года в 2026-м рынок снова оживился. Reuters сообщил, что в первом квартале 2026 года продажи BEV в основных европейских рынках выросли на 29,4%, а в марте в 15 европейских странах было зарегистрировано более 240 тыс. BEV, что на 51,3% больше год к году. Драйвером стали не только новые модели, но и скачок цен на бензин на фоне ближневосточного кризиса.

США — отдельная история. Car and Driver зафиксировал, что в первом квартале 2026 года продажи EV в США составили 216 399 единиц, на 27% ниже, чем годом ранее, после резкого падения в конце 2025 года. Tesla Model Y все еще доминировала в США с 78 591 продажей за квартал, но общий рынок стал нервным: продажи некоторых моделей и брендов растут, другие почти исчезают. Это не отказ от EV, а рынок после снятия «анестезии» налоговой льготы.

Производство: Китай — завод, лаборатория и ценовой пресс одновременно

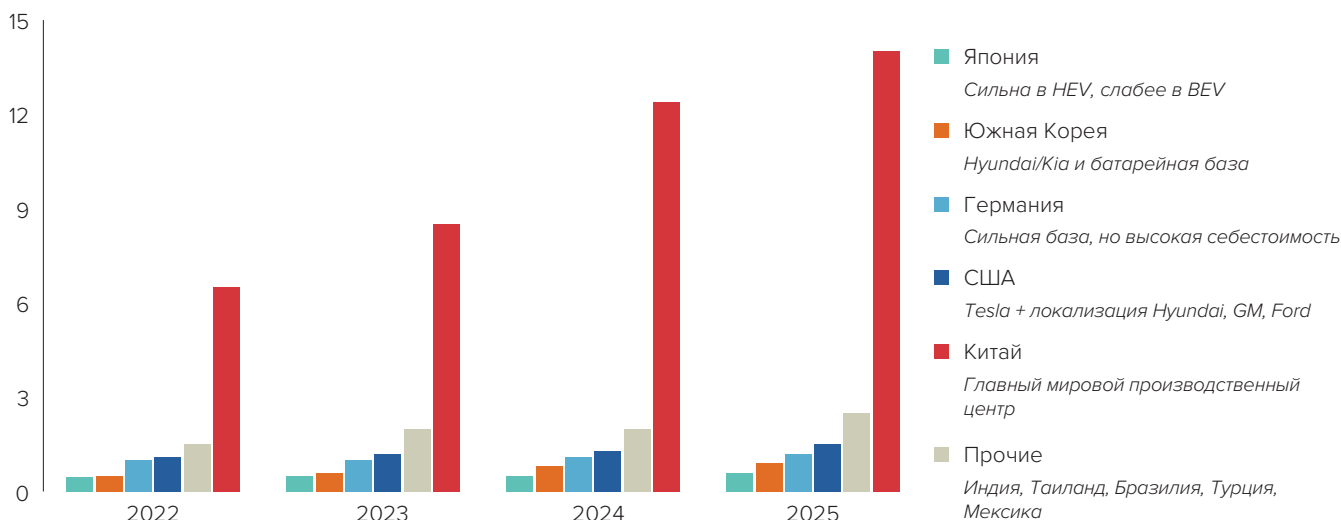
Если продажи показывают спрос, производство показывает власть. И здесь расклад еще более односторонний (рис. 5).

Еще более концентрирована батарейная цепочка. МЭА указывает, что Китай в 2024 году произвел около 80% мировых батарейных ячеек для EV; остальное пришлось на США, Евросоюз, Корею и Японию. Это означает, что даже европейский или американский электромобиль часто остается зависимым от китайской химии, компонентов, переработки или оборудования.

Китайское преимущество не только в масштабе. Оно в скорости. Как отмечает Auto Motor und Sport, Volkswagen в апреле 2026 года объявил о крупнейшей электрической атаке на китайском рынке: четыре мировые премьеры и десять новых моделей, разработанных с учетом местной конкуренции (в том числе

Динамика производства электромобилей в 2022–2025 гг. по странам, млн шт.

Рис. 5



Примечание. Приблизительная оценка по производственным данным МЭА за 2024 год, отраслевым сообщениям и данным о продажах производителей. Твердая опорная точка: в 2024 году в мире было произведено 17,3 млн электромобилей, из них 12,4 млн — в Китае; это более 70% мирового выпуска.

ориентированных на электрификацию: флагманский седан ID. Упук 09, электрический SUV ID. Aura T6, бюджетный концепт-кар Jetta X и кроссовер Audi E7X). Hyundai в Пекине заявил о 20 новых моделях для Китая за пять лет и партнерствах с Momenta и CATL. Это не Китай копирует Европу; это Европа и Корея вынуждены учиться играть в китайском темпе.

Прогноз на 2026 год: рост продолжится, но рынок станет менее однородным

Прогноз на 2026 год сейчас необычно сложен. С одной стороны, Европа в первом квартале выглядит сильнее ожиданий. С другой — США просели после окончания действия налоговой льготы. Китай остается гигантом, но внутренняя ценовая война и насыщение рынка давят на маржу и темпы (табл. 2).

EV Volumes ожидает, что EV достигнут 27,5% мировых продаж в 2026 году и 43,2% к 2030 году. BloombergNEF в апреле 2026 года анонсировал прогноз почти 22 млн продаж BEV + PHEV в 2026 году, что выглядит более осторожно на фоне 21 млн в 2025-м, по МЭА. Разница между оценками объясняется методологией, охватом рынков и тем, считаются ли регистрации, продажи или поставки.

Таким образом, можно ожидать продаж в диапазоне 22,5–24,0 млн EV в 2026 году, рост примерно 7–14%. Базовый сценарий — умеренный рост за счет Европы, Китая и развивающихся рынков при слабой Северной Америке. Оптимистичный сценарий — ближе к 25 млн, если высокие цены на топливо сохранятся, а китайский экспорт ускорится. Негативный сценарий — около 22 млн, если китайская ценовая война перейдет в производственные сокращения, а США останутся без сильных стимулов.

Прогноз до 2030 года: EV станет мейнстримом, но не монополией

К 2030 году большинство серьезных прогнозов сходятся в одном: электромобили станут одним из главных форматов новых продаж, но не вытеснят ДВС полностью (табл. 3).

МЭА в Global EV Outlook 2025 отмечало, что в сценариях текущих политик электромобили к 2030 году будут занимать более 40% мировых продаж новых автомобилей, а по более амбициозным сценариям — выше. BloombergNEF в Electric Vehicle Outlook анализирует тот же набор факторов: продажи, батареи, металлы, инфраструктуру, нефть и выбросы, подчеркивая, что рынок теперь зависит не только от спроса, но и от всей промышленной цепочки.

С учетом всех факторов в 2030 году мировые продажи электромобилей могут составить 38–45 млн штук, или около 40–45% мировых продаж новых легковых автомобилей. При этом распределение будет крайне неоднородным: Китай может находиться в зоне 60–70%, Европа — 40–60% в зависимости

Прогнозы по росту производства электромобилей в 2026 г.

Табл. 2

Источник/подход	Прогноз на 2026 год	Логика
IEA / энергетическая траектория	Продолжение роста после 21 млн в 2025-м	EV остаются крупнейшим драйвером снижения нефтяного спроса в транспорте
Reuters / Rho Motion	Рост замедлится после +20% в 2025-м	Китай и политика больше не дают прежнего ускорения
EV Volumes	Доля EV — ~27,5% продаж в 2026-м	Китай остается главным двигателем, Северная Америка отстает
BloombergNEF	Почти 22 млн BEV + PHEV в 2026-м, по опубликованному анонсу EVO 2026	Более осторожная траектория

от политики, США — существенно ниже, если не изменится ценовая и инфраструктурная картина.

Государственная политика: от запретов к управляемой гибкости

Еще недавно европейская формула звучала предельно ясно: с 2035 года новые легковые автомобили должны быть фактически с нулевыми выбросами выхлопных газов, то есть ДВС уходит. В 2025–2026 годах риторика стала мягче. Еврокомиссия в рамках комплекса мер «автомобильного пакета» предложила перейти к 90%-ному сокращению выбросов с 2035 года, оставив 10% для компенсации через низкоуглеродную сталь, синтетическое топливо и биотопливо. На странице Европейской комиссии прямо указано, что это

Прогнозы по росту производства электромобилей к 2030 г.

Табл. 3

Источник	Прогноз на 2030 год	Комментарий
МЭА, сценарий текущей политики	>40% новых продаж	Электромобили становятся массовыми почти во всех крупных рынках
EV Volumes	43,2% мировых продаж	Северная Америка отстает, Китай сохраняет лидерство
BloombergNEF EVO 2025	Долгосрочная электрификация транспорта, но темпы зависят от политики и стоимости	Акцент на батареи, инфраструктуру, нефть, металлы

Электродвижение — новое перспективное бизнес-направление «Росатома». Опираясь на научный, технологический и производственный потенциал предприятий атомной промышленности, «Росатом» ставит своей целью внести максимальный вклад в решение задачи национального масштаба — формирование в России успешного массового производства электротранспорта, а также необходимой инфраструктуры и регуляторной среды.

Сотрудничество «Росатома» с регионами в области электромобильности основано на комплексном подходе, который включает развитие электрозарядной инфраструктуры для стимулирования перехода на электромобили. В этой работе участвуют несколько дивизионов «Росатома», в частности Электроэнергетический дивизион и «АСУ ТП и электротехника».

В декабре 2025 года Топливный дивизион «Росатома» ввел в опытно-промышленную эксплуатацию первую в России гигафабрику накопителей энергии в Неманском районе Калининградской области. Это единственное в стране крупное промышленное производство литийионных аккумуляторов полного цикла, от первичной химии для аккумуляторной ячейки до создания финальных модулей и комплектных батарей.

Системы накопления энергии — одна из наиболее перспективных отраслей нового технологического уклада. Литийионные батареи уже массово применяются в электротранспорте, от легковых автомобилей и грузовиков до автобусов и катеров, а также в производстве различной спецтехники: погрузчиков, складских и логистических машин, горно-шахтного оборудования, логистических роботов и др. Все шире накопители используются и в электроэнергетике.

Вторая гигафабрика строится в Новой Москве. Московский завод создается как полностью замкнутая производственная цепочка, от выпуска аккумуляторных ячеек до сборки готовых батарей и последующего управления их жизненным циклом.

Ввод в эксплуатацию двух предприятий позволит полностью закрыть потребности российского рынка и экспортных проектов «Росатома» в области систем накопления энергии. Мощность каждой гигафабрики позволит выпускать до 50 тыс. тяговых аккумуляторов в год для электробусов, электромобилей (включая такси, каршеринг и личный транспорт), речных электросудов, трамваев, а также средств индивидуальной мобильности.

В апреле текущего года на 28-й международной выставке электронных компонентов ExproElectronica в рамках объединенной выставочной экспозиции «Росатома» было представлено оборудование и автокомпоненты, созданные на производственных мощностях отрасли и разработанные с учетом требований по импортозамещению, в том числе интегрированный электропривод, включающий решение «три в одном» (двигатель, инвертор и редуктор).

позволит PHEV, EREV, мягким гибридам и автомобилям с ДВС сохранять роль после 2025 года наряду с EV и водородными машинами.

Почему произошел разворот? Для этого есть четыре причины.

Первая — промышленность. Европейские производители оказались между низкой китайской себестоимостью и дорогой собственной трансформацией. Заводы, поставщики, дилеры и профсоюзы требуют более плавного перехода.

Вторая — инфраструктура. Зарядная сеть растет, но неравномерно. Китай, по данным МЭА, обеспечил 80% мирового прироста быстрых зарядок в 2024 году; число быстрых зарядок там выросло с 1,2 млн до 1,6 млн. США увеличили парк быстрых зарядок примерно с 40 тыс. до более 50 тыс., но отрыв по плотности и мощности остается огромным.

Третья — потребитель. Покупатель не обязан следовать климатической траектории, если автомобиль слишком дорог, зарядка неудобна, а остаточная стоимость непонятна.

Четвертая — геополитика. Электрификация снижает нефтяную зависимость, но создает новую зависимость от батарей, лития, графита, редкоземельных металлов и китайской переработки.

Значит ли это, что курс отменен? Нет. Скорее, он стал по-немецки прагматичным: меньше лозунгов, больше переходных решений, больше давления на себестоимость и локализацию.

Потребители: владельцы довольны, сомневающиеся все еще сомневаются

Одна из самых интересных картин 2026 года: владельцы электромобилей становятся все более довольными, но массовый покупатель все еще колеблется.

J. D. Power в исследовании 2026 U. S. Electric Vehicle Experience Ownership Study сообщил, что удовлетворенность владельцев BEV достигла максимума за всю историю исследования; удовлетворенность публичной зарядкой выросла год к году, а BEV обошли PHEV по общей оценке владения. По пересказу WardsAuto, 96% текущих владельцев EV готовы рассмотреть электромобиль в качестве следующей машины.

Что нравится владельцам? Тишина, мгновенная тяга, низкая стоимость энергии при домашней зарядке, меньшая стоимость обслуживания, предсказуемость в городе. У хорошего EV нет турбоямы, коробки передач, вибраций на холостом ходу. Он трогается так, как дорогой бензиновый автомобиль может только мечтать.

Что не нравится? Первое — цена покупки. Второе — зарядка вне дома. Третье — реальный запас хода зимой или на высокой скорости.

Четвертое — остаточная стоимость. Пятое — сложность выбора: батареи, разъемы, мощность зарядки, тарифы, приложения.

Батареи, цена и сырье: настоящая война идет под полом автомобиля

В 2025 году BloombergNEF сообщил, что средняя цена литийионного батарейного блока снизилась до \$108 за кВт·ч — несмотря на волатильность сырья. Это примерно на 93% ниже уровня 2010 года. Для автопрома это фундаментальная цифра: при \$100/кВт·ч многие электромобили начинают приближаться к паритету с ДВС без гигантских субсидий, особенно в Китае.

МЭА отмечает, что две трети BEV, продаваемых в Китае, уже дешевле сопоставимых автомобилей с ДВС. Это и есть главный секрет китайского рынка: EV там не всегда «зеленая переплата», а часто более выгодное предложение. В Европе и США ситуация сложнее: рабочая сила дороже, батарейная цепочка менее локализована, а покупатель ждет большой кроссовер с большим запасом хода — значит, с большой и дорогой батареей.

Технологически рынок движется в сторону литий-железо-фосфатных батарей (LFP), которые дешевле и не требуют никеля и кобальта, а также к натрийионным батареям для дешевых городских автомобилей. Reuters сообщил, что Changan планирует в 2027 году выпустить два электрических седана с натрийионными батареями CATL. Они дешевле литийионных, но пока имеют меньшую энергоемкость, то есть подходят прежде всего для недорогих машин с умеренным запасом хода.

Беспилотники и программное обеспечение: EV как платформа, а не только двигатель

В 2026 году все чаще видно, что электромобиль — это не только отказ от бензина. Это другая архитектура автомобиля. Ровный пол, батарея в основе, мощная электроника, обновления по сети, централизованные вычислители, камеры, лидары или радары — все это легче интегрировать в электроплатформу, чем в старую архитектуру ДВС.

Но ожидания нужно трезво снижать. Полностью автономный личный автомобиль к 2030 году не станет массовым товаром. Скорее будут развиваться частичные системы помощи водителю, роботакси в ограниченных зонах и коммерческие парки. Tesla в 2026 году все больше продает инвесторам не столько автомобили, сколько искусственный интеллект, роботакси и роботов; Motor Trend писал о планах Tesla потратить \$25 млрд на направления, связанные с искусственным интеллектом, автономными такси, грузовиками и роботами. Китайские компании идут тем же путем: Aito планирует достигнуть четвертого уровня автоматизации (Level 4 — высокая автоматизация: автомобиль полностью управляет собой

в определенных зонах (геозонирование) или при определенных погодных условиях, водитель может спать или отсутствовать в салоне) к 2027 году при наличии регуляторного допуска, XPeng развивает не только автомобили, но и летающие машины и робототехнику.

Для рынка это означает: следующая битва будет не только за батарею, но и за вычислительную платформу. Кто контролирует программное обеспечение, данные, зарядку и сервис, тот получает большую часть прибыли после продажи автомобиля.

Заключение: EV больше не будущее, это нормальная, жесткая и неравномерная реальность

Рынок электромобилей в 2025–2026 годах вступил в фазу зрелости. Он уже слишком велик, чтобы называть его нишей, и слишком сложен, чтобы описывать одной линией роста.

Главные особенности новой фазы следующие.

1. Рост продолжается, но замедляется. 21 млн продаж в 2025 году — исторический максимум, но темпы уже не напоминают стартап-график. Это нормальная автомобильная промышленность с кредитными ставками, остаточными стоимостями, скидками и складскими запасами.
2. Китай выиграл гонку и стал мировым лидером на рынке электромобилей. Он производит большинство электромобилей, контролирует значительную часть цепи создания стоимости аккумуляторов, быстрее выводит модели и сильнее давит ценой.
3. Европа не отказалась от электрификации, но стала прагматичнее. Цель полного отказа от ДВС превращается в более гибкую систему с ролью гибридов, синтетического топлива и компенсационных механизмов.
4. США остаются самым противоречивым крупным рынком. Там есть Tesla, Rivian, Lucid, GM, Ford, Hyundai и доступ к капиталу, но есть дешевое топливо, политизация EV, большие автомобили и слабая плотность сети электростанций.
5. Покупатель не против электромобиля. Он против неудобства. Владельцы довольны, но новые покупатели требуют нормальной цены, честного запаса хода, быстрой зарядки и понятной остаточной стоимости.

Электромобиль больше не нужно рассматривать как замену бензинового двигателя один к одному. Это новая автомобильная система. В ней машина связана с энергетикой, программным обеспечением, батарейной химией, геополитикой и промышленной политикой. Поэтому победителями станут не те, кто просто поставит электромотор вместо ДВС, а те, кто соберет вокруг автомобиля целую экосистему: от батареи и зарядки до программного обновления, сервиса и вторичного рынка.

Эпоха электрического энтузиазма закончилась. Началась эпоха электрического расчета.

Текст: Сергей Петровский

Фото: «Росатом»

Цепная реакция здоровья

Анализ текущего состояния мирового рынка ядерной медицины и прогнозы до 2034 года

Согласно отчету, опубликованному независимой аналитической компанией Global Market Insights Inc. в конце прошлого года, в 2024 году глобальный рынок ядерной медицины оценивался в \$16,4 млрд, в 2025-м — в \$19,4 млрд. Ожидается, что в 2034 году он вырастет до \$69,5 млрд, при этом темпы роста составят 15,2% в год в течение прогнозируемого периода. По мнению аналитиков, такие высокие темпы обусловлены ростом распространенности онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний (в том числе из-за увеличения числа пожилых людей), расширением применения таргетной радионуклидной терапии, развитием тераностики, разработкой новых радиофармацевтических препаратов и достижениями в области технологий визуализации.

Технологии медицинской визуализации

Термин «медицинская визуализация» охватывает несколько различных технологий, которые используются для обследования человеческого тела в целях диагностики, мониторинга различных процессов или лечения патологических состояний. Компьютерная

томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) имеют отличную разрешающую способность и обеспечивают точную визуализацию анатомических деталей. Методы ядерной медицины — однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — генерируют визуальное представление о функции изучаемых органов или тканей на клеточном и молекулярном уровнях.

Технологии визуализации развиваются быстрыми темпами. Благодаря им специалисты могут видеть, описывать и количественно оценивать поражения органов или биологические процессы, характерные для ранних стадий заболевания. В последние два десятилетия получила развитие так называемая гибридная визуализация (ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ), которая объединяет методы получения анатомических и функциональных изображений. Это дает врачам мощный инструмент для диагностики ряда патологических состояний, таких как сердечно-сосудистые заболевания, рак, нейродегенеративные расстройства и диабет, которые являются основными причинами смертности во всем мире и создают высокую нагрузку на системы здравоохранения.

Например, технологические улучшения в области ПЭТ, ОФЭКТ и гибридных систем визуализации теперь позволяют детально изучать функции и заболевания мозга. Более высокая разрешающая способность, более короткое время сканирования и новые трейсеры, то есть радиоактивные индикаторы, направленные на неврологические маркеры — бета-амилоиды и тау-белки (ключевые белки, связанные с развитием болезни Альцгеймера и деменции), значительно повышают точность диагностики, в том числе ранней, и дают возможность непрерывного наблюдения за прогрессированием заболевания.

Сегментирование рынка

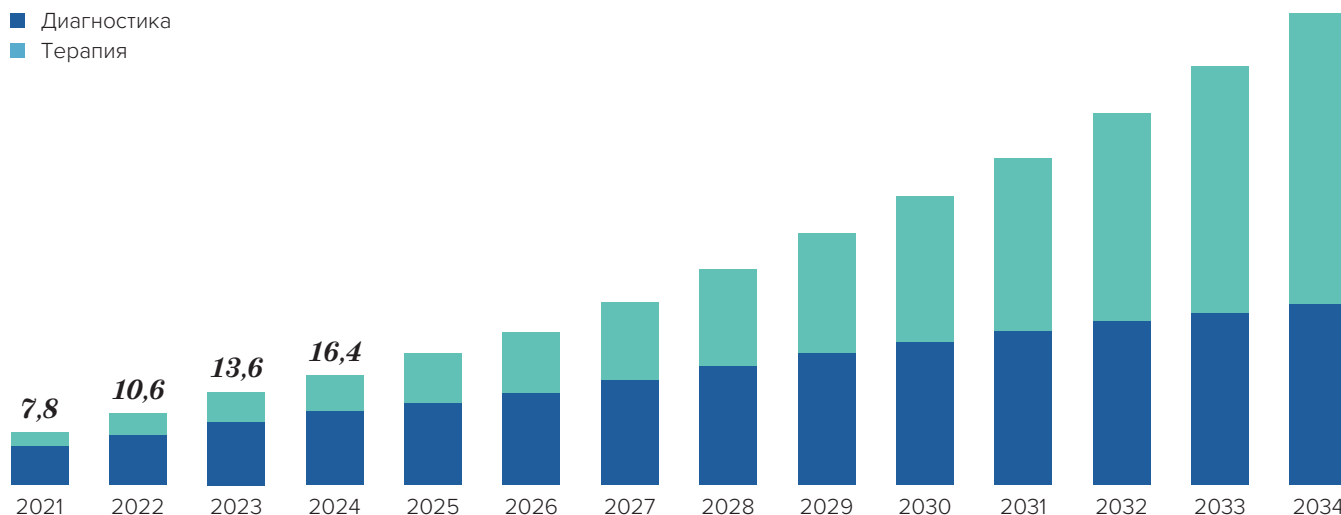
Рынок ядерной медицины сегментирован на диагностику и терапию. В 2024 году сегмент диагностики доминировал с долей 66,1%. Рост количества онкологических, сердечно-сосудистых и неврологических заболеваний является основным фактором, стимулирующим спрос на ядерные диагностические процедуры. Так, согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к 2050 году количество случаев рака в мире увеличится на 77% по сравнению с 2022 годом, в абсолютном выражении это составит 35 млн новых случаев.

Справка

Ядерная медицина предусматривает введение в организм небольших и безопасных доз радиофармацевтических препаратов (РФП), которые представляют собой химические соединения, содержащие радиоактивный материал, и могут использоваться для диагностики и лечения различных заболеваний. Ядерная медицина решает различные задачи, связанные с оценкой рисков, диагностикой, лечением и мониторингом хода лечения, и играет существенную роль в реализации принципов персонализированной медицины, позволяя подобрать специфическое лечение, учитывающее состояние отдельных пациентов или их предрасположенность к определенному заболеванию.

Мировой рынок ядерной медицины (2021–2034 гг.), млрд \$

Источник: Global Market Insights



Гибридные методы визуализации дают возможность раннего выявления, точного стадирования заболевания и мониторинга терапии. Ранняя и точная диагностика дает наилучшие шансы на лечение и является причиной растущего спроса пациентов на передовые диагностические методы. Кроме того, молекулярная визуализация помогает выявить специфические биомаркеры заболевания и предсказать реакцию пациента на терапию, то есть по мере того как персонализированная медицина набирает популярность, востребованность ядерной диагностики в мире продолжает расти. Ожидается, что объем этого сегмента в 2034 году превысит \$26,8 млрд, а темпы роста в течение прогнозируемого периода составят 9%.

Сегмент терапии имел объем \$5,5 млрд, прогнозы предполагают его стабильное расширение с темпом 22,1% в период до 2034 года. Рост этого сегмента обусловлен увеличением внедрения таргетной радионуклидной терапии, расширением применения в персонализированном лечении рака и других хронических заболеваний, ростом инвестиций в разработку новых РФП. Увеличение инвестиций и исследований в области РФП расширяет диапазон терапевтических возможностей.

Лидерство на рынке — более 67% — принадлежит терапевтическим препаратам на основе бета-излучателей (йод-131, лютеций-177, иттрий-90 и др.), однако для альфа-излучателей (радий-223, актиний-225, свинец-212 и др.) прогнозируется значительная траектория роста в ближайшие пять лет — на 23%. По терапевтической модальности — препараты для направленной радиолигандной терапии занимают почти 50% рынка, а борная нейтронзахватная терапия, по прогнозам, будет расти быстрее всех — на 20%. По географии — Северная Америка

доминирует в сегменте терапии с долей более чем 45%, но для Азиатско-Тихоокеанского региона прогнозируется среднегодовой рост на 22% в ближайшие пять лет.

Если говорить об областях применения, то в таких сегментах, как кардиология, онкология, эндокринология, пульмонология, до 2034 года прогнозируется среднегодовой рост услуг ядерной медицины с темпами 14–16%. Спрос ускоряется, поскольку радиофармацевтические препараты переходят от паллиативных вариантов к терапии первой линии в онкологии, неврологии и кардиологии. Сегмент онкологии пока занимает около половины рынка применения терапевтических препаратов, но сегмент неврологии обещает быстрый рост.

Конечными потребителями на рынке ядерной медицины являются больницы, диагностические центры, исследовательские институты. Сегмент больниц доминировал на рынке с долей выручки 59,7% в 2024 году и, как ожидается, достигнет \$42,5 млрд к 2034-му. Развитие инфраструктуры здравоохранения, особенно в развивающихся странах, способствует внедрению методов ядерной медицины. Новые и модернизированные клиники инвестируют в оборудование для ядерной медицины, чтобы расширить перечень услуг. Это позволяет больницам обслуживать больше пациентов и предоставлять специализированные услуги. В свою очередь, внедрение технологий ядерной медицины улучшает результаты пациентов и повышает репутацию больницы.

Сегмент диагностических центров имел объем \$4,6 млрд, прогнозы указывают на стабильный среднегодовой рост на 15,1% до 2034 года. Такого рода центры стимулируют рост рынка, предлагая специализированные услуги ядерной визуализации

Производство генераторов технеция-99m
в НИФХИ им. Л. Я. Карпова



для широкого спектра клинических применений. Растущий спрос на амбулаторные и экономически эффективные методы визуализации способствует более широкому внедрению технологий ядерной медицины.

Сегмент исследовательских институтов в 2024 году принес значительный доход и, как ожидается, будет расти на 14,3% в течение прогнозируемого периода. Исследовательские институты стимулируют рынок за счет постоянного создания новых РФП и инновационных методов визуализации. Акцент на клинических испытаниях и трансляционной медицине, обеспечивающей эффективную трансформацию научных достижений в прикладные медицинские технологии, поддерживает расширение применения ядерной медицины в новых терапевтических и диагностических областях.

Ключевые тенденции рынка

Тераностика, сочетающая терапию и диагностику, становится основным трендом в ядерной медицине. Ее технологии в основном позволяют радиофармацевтическому препарату, используемому для выявления заболевания, быть далее использованным для терапии, в первую очередь в области онкологии. Терапевтические препараты позволяют клиницистам визуализировать проблему, лечить и отслеживать прогресс лечения в одном рабочем процессе. Этот подход способствует персонализации лечения и улучшает

его результаты, одновременно снижая избыточные вмешательства, что коррелирует с ростом спроса пациентов на малоинвазивные медицинские методы.

Предполагается, что разработка инновационных трейсеров и тераностических агентов, а также другие исследования в области новых РФП откроют большие перспективы, стимулируя долгосрочный рост рынка. Так, РФП на основе висмута-213 устранили до 100% бета-амилоидных бляшек в доклинических моделях лечения болезни Альцгеймера, что дает надежду миллионам пациентов и их близким. Радиоиммунотерапия (сочетание моноклональных антител с высокоэнергетическими изотопами) открывает путь к лечению труднодоступных солидных опухолей.

Гибридные системы визуализации улучшают выявление заболеваний и планирование лечения, что побуждает производителей к инновациям (технические решения с лучшим разрешением и более низкими дозами радиации).

Переход к персонализированной медицине стимулирует спрос на таргетную радионуклидную терапию (например, радиолигандную терапию при раке простаты и нейроэндокринных опухолях, при которой радиоактивные изотопы доставляются непосредственно к пораженным клеткам, что минимизирует повреждение здоровых тканей). Растущий клинический успех ускоряет процесс внедрения таких методов по всему миру.

Деятельность «Росатома»

Страны с развивающейся экономикой в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Латинской Америке и на Ближнем Востоке быстро внедряют технологии ядерной медицины. Развивающаяся инфраструктура здравоохранения, повышение осведомленности врачей и пациентов, инициативы правительств по улучшению медицинских услуг стимулируют расширение рынка. Этот тренд постепенно ведет к тому, что разрыв в объемах использования методов ядерной медицины между регионами с развитой и с развивающейся экономикой будет сокращаться.

Основной проблемой и вызовом для рынка ядерной медицины по-прежнему остается высокая стоимость оборудования и процедур: так, стоимость курса терапии на основе лютеция-177 в США часто превышает \$50 000. Финансовая нагрузка ограничивает внедрение, особенно на чувствительных к стоимости развивающихся рынках здравоохранения. Второй фактор — ограниченная доступность радиоизотопов в связи со сложностью производства и коротким периодом полураспада. Например, у актиния-225 период полураспада составляет 10 суток, а у свинца-212 — 10,5 часов. Сложность цепочки поставок и зависимость от наличия реакторов влияют на возможность планирования процедур и темпы внедрения методов ядерной медицины в целом.

Драйверы конкуренции

Рынок ядерной медицины — высококонкурентный, его развитие стимулируется непрерывными технологическими инновациями и дифференциацией продуктов. Компании активно инвестируют в исследования и разработки для внедрения новых радиофармацевтических препаратов, передовых систем визуализации и гибридных технологий.

Основная часть мирового рынка ядерной медицины принадлежит нескольким крупным компаниям, преимущественно из США и Европы. Ведущие игроки сохраняют свою доминирующую позицию благодаря мощным дистрибьюторским сетям, широкому ассортименту продуктов и фокусу на точной диагностике и таргетной терапии. Однако помимо крупных международных компаний на рынок выходят несколько региональных и новых игроков, что усиливает конкуренцию. Стратегические инициативы, такие как слияния и поглощения, партнерства компаний с клиниками и исследовательскими учреждениями, а также географическое расширение являются распространенными тактиками для усиления присутствия на рынке.

Непрерывные достижения в области технологий визуализации, а также растущий спрос на персонализированную медицину побуждают компании инновационно развивать и расширять свои предложения в области ядерной медицины. Этот динамичный конкурентный ландшафт, как ожидается, будет стимулировать общий рост услуг ядерной медицины, ускорять их внедрение на глобальных рынках здравоохранения и улучшать результаты лечения пациентов.

Развитие технологий ядерной медицины — одно из ключевых направлений деятельности госкорпорации «Росатом», нацеленное на повышение доступности жизненно важных медицинских технологий, оборудования и лекарств для пациентов в России и за ее пределами. «Росатом» имеет одну из самых сильных в мире научно-технических баз и различные производственные мощности для получения практически любого изотопа в промышленных масштабах — от традиционных молибдена-99, технеция-99m, йода-131 до перспективных актиния-225, лютеция-177, радия-223.

На их основе для ядерной медицины производится радиофармацевтическая продукция, обеспечивающая диагностику и терапию для примерно 2,5 млн пациентов в год. Продукция «Росатома» используется в более чем 160 клиниках России и ЕАЭС, а также поставляется в более чем 50 стран мира, включая Латинскую Америку, Азию, Ближний Восток и Африку. Номенклатура поставляемой продукции насчитывает около 400 наименований.

За последние годы «Росатом» научился производить радиофармацевтические лекарственные препараты (РФЛП) на основе наработанных им изотопов самостоятельно и сосредоточился на развитии собственного производства в России. Это позволит минимизировать зависимость отечественной медицины от импорта и обеспечить стабильное снабжение российских медицинских учреждений необходимыми препаратами.

На производственных площадках — в Димитровграде, Санкт-Петербурге (Радиевый институт им. В. Г. Хлопина) и Обнинске (НИФХИ им. Л. Я. Карпова) — уже выпускается 12 жизненно важных радиофармпрепаратов и медицинских изделий. Например, 90% всех генераторов технеция-99m, которые используются в российских медучреждениях для проведения диагностики онкологических заболеваний, производится на мощностях «Росатома» в НИФХИ им. Л. Я. Карпова.

На площадке НИФХИ им. Л. Я. Карпова строится завод по производству радиофармацевтической продукции. Первую очередь производства планируется запустить в конце 2026 года. Реализация проекта даст возможность повысить доступность высокотехнологичной ядерной медицины в России, существенно расширить область применения радиофармпрепаратов при диагностике и терапии, а также нарастить экспортный потенциал России в высокотехнологичной продукции. При проектировании завода «Росатом» ориентировался на реальные потребности страны в препаратах.

Текст: Роман Жолудь

Фото: Ростислав Савчин, Matthew Henry, Alex Knight / Unsplash

ИИкономика грозит рынку

Разочаруются ли инвесторы в ИИ-проектах, дрогнет ли реальная экономика под натиском цифры и появятся ли из-за автоматизации миллионы безработных?



Искусственный интеллект перестал быть технологической сенсацией, это макроэкономическая переменная, влияющая на ВВП, прибыль, кредитные рынки и даже геополитику. Он становится стратегическим активом, ключевым элементом конкуренции, военного потенциала и прогнозов энергетических потребностей. Его влияние на мировую экономику уже сравнивают с революцией, которую произвело в XIX веке появление железной дороги.

Пузырь или не пузырь?

По оценкам исследовательского бюро Morgan Stanley Research, в 2028 году в мире будет инвестировано почти \$3 трлн в инфраструктуру, связанную с искусственным интеллектом. Только развитие центров обработки данных (ЦОД) может принести в 2026 году около 25% ВВП США. Рост маржи у компаний, успешно внедривших ИИ, опережает средний примерно в два раза.

В 2025 году, по информации Организации экономического сотрудничества и развития, инвестиции

венчурного капитала в компании, занимающиеся ИИ, по всему миру достигли \$258,7 млрд, что составило 61% от всех венчурных инвестиций. По сравнению с 2022 годом этот показатель вырос вдвое. Особенно заметно увеличилось венчурное финансирование компаний, занимающихся генеративным искусственным интеллектом: с 2% (\$2,8 млрд) в 2022 году до 14% (\$35,3 млрд) в 2025 году. Наибольшее количество венчурных инвестиций привлекли компании, работающие в сфере инфраструктуры и хостинга, — более 2/3 от общей суммы.



Дмитрий Мельников

Начальник управления инвестиционного консультирования «ВТБ Мои Инвестиции»:

— В перспективе 12–18 месяцев фокус инвесторов сместится к простым вопросам: есть ли у компании собственная технология, дает ли ИИ измеримый эффект на EBITDA, есть ли уникальный массив данных. Компании с положительными ответами переоценятся вверх, остальные потеряют премию.

С конкретной датой стоит быть осторожным. С пика в марте 2000-го до минимума в октябре 2002-го индекс NASDAQ потерял около 78%, но интернет как технология никуда не делся, а Amazon и Google стали ядром следующей волны роста. С ИИ сценарий будет похожим: переоценка перераспределит капитал внутри темы, но саму технологию не отменит.



Мария Романцова

Управляющий директор по долговым рынкам капитала ФГ «Финам»:

— Сейчас в оценках инвесторов ключевые акценты смещаются с классических балансовых показателей на нематериальные активы, структуру команды и уникальность технологий. Основной упор делается на наличие портфеля патентов, эксклюзивных моделей, уникальных алгоритмов и защищенных программных продуктов.

Стабильность и опыт основателей/разработчиков тоже критичны: потеря даже нескольких ключевых специалистов сильно снижает инвестиционную привлекательность и даже влияет на возможность долгового финансирования.

Учитывая волатильность и зачастую отрицательный операционный поток на начальных стадиях, инвесторы также проводят стресстесты, оценивают структуру доходов, перспективу масштабирования, внедряют гибкие условия по займам.

В фокусе у инвесторов — такие показатели, как темпы роста пользовательской базы, коэффициент оттока, независимый аудит и комплексная технологическая проверка и т.п. Стандартные метрики (например, долг/EBITDA) играют малую роль. Рынок ожидает от эмитента прозрачности: регулярной публикации показателей удержания клиентов, показателей по доходам от лицензирования, структуры расходов на инфраструктуру и команду, а также публичной оценки технологических достижений.

Растут не только инвестиции, но и расходы компаний на ИИ. Так, Google сообщила о более \$150 млрд капитальных затрат в 2025 году.

Все больше экономистов сомневаются в том, что рыночные оценки, масштабные капиталовложения и концентрация на потенциале искусственного интеллекта адекватны реальным возможностям развития рынка. На инвесторов, конечно, производит впечатление бурный рост «великолепной семерки» американских ИТ-гигантов (Google, Amazon, Microsoft, NVIDIA и др.). Их финансовые оценки с 2020 года выросли примерно в восемь раз, в то время как другие компании из списка S&P 500 даже не удвоили свои показатели. Сейчас рыночная капитализация «семерки» составляет 35% от всего индекса, что очень напоминает многим экспертам ситуацию на пике пузыря доткомов.

Напомним, крах доткомов — это финансовый кризис начала 2000-х годов, вызванный резким падением акций интернет-проектов и сервисов. Переоценка их востребованности и прибыльности привела к крупным инвестициям в такие проекты в конце 1990-х. Практика показала, что доткомы не оправдали надежд и продемонстрировали финансовые результаты значительно ниже ожидаемых.

В 2002 году индекс NASDAQ Composite рухнул почти на 80%, а S&P 500 — на 50%. Падение фондового рынка уничтожило почти \$6 трлн капитализации (примерно 60% ВВП США). Экономика погрузилась в рецессию, безработица достигла 6,3%. Потребовалось почти три с половиной года, чтобы показатель безработицы вернулся к докризисным значениям, и семь лет, чтобы индекс S&P 500 восстановился.

Мария Романцова

Управляющий директор по долговым рынкам капитала ФГ «Финам»:

— Риски инвестиций в сегмент искусственного интеллекта по-прежнему высоки: рынок крайне волатилен, а оценки компаний зачастую существенно опережают их реальные доходы и коммерческий потенциал. Даже такие компании, как Google, OpenAI, xAI или Microsoft, несмотря на высокий кредит доверия со стороны рынка, не застрахованы от переоценки и потенциального падения капитализации. По оценкам CB Insights, глобальные инвестиции в ИИ за первый квартал 2026 года уже достигли \$226 млрд, что на 4% больше всего объема инвестиций за 2025 год. Однако около 70% этих средств сконцентрировано в трех сделках ведущих компаний, среди которых Anthropic, xAI и OpenAI, что усиливает эффект концентрации рисков для всего сектора. Даже для крупных игроков рынка сохраняется опасность обесценивания: так, во втором квартале 2025 года котировки ряда публичных ИИ-компаний снизились на 18–35% после публикации слабых финансовых результатов.

Финансовые рынки и реальная экономика делают голую ставку на будущее ИИ, считают авторы одного из жестких прогнозов упадка рынка искусственного интеллекта из компании Oliver Wyman. «Вопрос для банков и других учреждений заключается не в том, лопнет ли пузырь ИИ, а в том, что произойдет, если это случится», — говорят они.

Экономисты предлагают два сценария лопающегося пузыря ИИ: падение акций и кризис, усиленный заемными средствами. Первый сценарий приведет к обвалу заоблачных оценок технологических гигантов и других компаний, связанных с индустрией ИИ. Это станет причиной для коррекции цен на акции на всем рынке. Чем шире распространится ИИ, тем больше будет падение биржевых индексов, предупреждают аналитики. Любая коррекция рынка приведет

к макроэкономическим последствиям: сокращениям инвестиций в бизнес, падению показателей ВВП, росту безработицы и неизбежной рецессии.

Сценарий с долгами только усугубит ситуацию, считают в Oliver Wyman. Зависимость от кредитного финансирования в случае лопания пузыря приведет к волне дефолтов, которая уже наблюдалась во время финансового кризиса 2008 года. Тогда в США закрылись около 500 банков, что стало причиной самой серьезной рецессии за последние 80 лет. Хотя выпуск долговых обязательств в секторе ИИ находится на начальной стадии, объем новых облигаций крупных ИТ-компаний за шесть месяцев 2025 года составил более \$100 млрд. Это в пять раз превышает показатели двух предыдущих лет.

Особенно сильно могут пострадать мелкие игроки, которые не сумеют обеспечить погашение долгов собственными средствами. Типичный бизнес-план центра обработки данных рассчитан на 25–30 лет, и если надежды на развитие рынка не оправдаются, владельцам ЦОД придется рефинансировать свои проекты.

Обвал рынка ИИ по любому из сценариев может уничтожить до \$33 трлн, утверждают аналитики компании Oliver Wyman. Потеря доверия инвесторов при этом неизбежно приведет к сокращению вложений в ИИ.

«В 2008 году банки обнаружили, что несут гораздо больший риск, связанный с рынком недвижимости США, чем указывали в своих внутренних отчетах, — говорится в публикации Oliver Wyman. — Вскоре они могут обнаружить то же самое в отношении рисков, связанных с дата-центрами и цифровой инфраструктурой. Только на этот раз риски распределены по корпоративному кредитованию, недвижимости, инфраструктуре, финансированию фондов и альтернативным кредитам».

Серьезной угрозой является неопределенность спроса на ИИ. Сейчас он неоспорим, но никто не гарантирует его повышение на десятилетия вперед. Технологические прорывы не всегда отражаются на рынке так, как хочется компаниям. Свежий пример — развитие рынка электромобилей. Они оказались вполне востребованными, однако продажи растут не настолько быстро, как прогнозировалось ранее, и многие автопроизводители до сих пор не окупили инвестиции.

Есть и технологические риски. То, что сегодня кажется инновациями, завтра может устареть. Уже сейчас модели ИИ с открытым кодом заметно удешевили стоимость закрытых коммерческих продуктов.

Определенный риск есть и в цепочках поставок. Дата-центрам нужны микросхемы, которые выпускает ограниченное число производителей. Например, центры обработки данных крупнейших информационных гигантов завязаны на чипах тайваньской компании TSMC. При возникновении дефицита

или задержек поставок строящиеся проекты могут понести значительные убытки.

Не все компании попадают под одинаковые риски. Сейчас аналитики фиксируют перегрев в секторах строительства ЦОД и поставщиков моделей ИИ. Дата-центры, построенные специально для ИИ, стоят дорого и, как правило, привлекают заемные средства. По оценкам страховой компании Allianz Trade, наиболее устойчивыми выглядят технологические гиганты с различными источниками доходов, которые способны выдержать убытки порядка \$50 млрд.

Президент фонда Mozilla Марк Сурман настроен по отношению к пузырю ИИ позитивно. В том, что он лопнет, эксперт не сомневается, но полагает, что в результате этого будут положительные для рынка последствия. Вспоминая пресловутый крах дот-комов, он говорит: «Из обломков возникло нечто замечательное. Интернет после краха определялся не спекуляциями, а созиданием, появлением Web 2.0, программным обеспечением с открытым исходным кодом и рождением таких платформ, как Firefox». По мнению Марка Сурмана, оценки ИИ стремительно растут без связи с прибыльностью, компании продают иллюзию, что ИИ заменит людей, хотя 95% экспериментов с ИИ внутри фирм пока не выходят на уровень производства. Вместо того чтобы создавать полезные инструменты для общества, большая часть компаний генерирует поток синтетических медиа, дезинформацию и дипфейки. Глава фонда Mozilla предлагает в качестве альтернативы системы с открытым кодом, которые работают на прозрачной инфраструктуре и гибко адаптируются к нужным условиям. Именно они будут востребованы после того, как пузырь ИИ, основанный на монополии данных, лопнет. Такие компании уже есть, считает он и приводит в качестве примеров Hugging Face и Flower AI. Открытые технологии, по словам Марка Сурмана, за последние 20 лет создали \$8,3 трлн. Переход с закрытых платформ ИИ на открытые системы даст возможность стартапам сегодня заработать десятки миллиардов долларов.

Тем временем первые намеки на возможный кризис появились уже в начале 2026 года. Тогда инвесторы испугались больших затрат на развитие проектов у компаний, производящих ПО для систем с искусственным интеллектом. В результате их акции подешевели примерно на 20%, пишет Forbes. В то же время снизились на 8–12% акции NVIDIA — из-за опасений конкуренции со стороны китайских производителей.

Morgan Stanley Research рекомендует инвесторам диверсифицировать свои портфели, не зацикливаться только на технологических компаниях, а рассматривать варианты с предприятиями, работающими на развитие ИИ в разных сферах, от энергетики до логистики. Кроме того, история показывает, что стоимость растет не только у компаний, создающих технологии, но и у тех, кто эти технологии применяет, увеличивая свою производительность. Аналитики особо рекомендуют инвестировать в инфраструктуру



и критически важные материалы для ИИ. Прогнозируется, что до 2028 года в эту сферу придут около \$800 млрд, в основном за счет частного кредитования.

Между тем потребность в инвестициях в ИИ остается огромной. По оценкам JP Morgan, до 2030 года понадобится более \$6 трлн для развития дата-центров, энергетических проектов и цепочек поставок для ИИ.

Мария Романцова

Управляющий директор по долговым рынкам капитала ФГ «Финам»:

— С одной стороны, сегодня мы наблюдаем рекордный интерес к искусственному интеллекту: за последние несколько лет на американском рынке состоялось более 50 IPO ИИ-компаний, каждая из которых принесла инвесторам как минимум 100% доходности. Это вызывает споры вокруг риска формирования пузыря, однако речь может идти и о зарождении новой экономики с принципиально иными возможностями и моделями монетизации. Особенность текущей ИИ-революции — в минимальном пороге входа: для решений на базе существующих моделей не нужны станки или заводы, все, что требуется, — это промпт для чата. Главная «битва» сегодня — за контроль над вычислительными мощностями, дата-центрами и LLM-платформами, на что уже направлены триллионные вложения таких гигантов, как Oracle, AMD, NVIDIA и OpenAI. Деньги идут не в спекулятивные стартапы, а в реальный

фундамент отрасли, который будет определять ИИ-рынок на десятилетия вперед.

С другой стороны, средний объем привлечения раунда Series A топ-10 ИИ-стартапов в 2025 году достиг \$230 млн при годовой выручке \$10–15 млн, а капитализация некоторых публичных ИИ-компаний (например, Palantir) превышает выручку более чем в 70 раз. Такой разрыв между инвестициями и прибылью характерен для перегретых рынков. К тому же за январь — октябрь 2025 года более 65% новых венчурных инвестиций в США пришлось именно на ИИ, что говорит о существенном оттоке капитала из классических промышленности и услуг. Поэтому мыльный ли это пузырь, увидим со временем.

Борьба или слияние?

Даже если инвестиции в ИИ не окажутся переоцененными, глобальная экономика может ощутить серьезное давление из-за быстрого развития этого сектора. В частности, эксперты предупреждают о дисбалансе денежных потоков, из-за которого может пострадать реальный сектор, не связанный с искусственным интеллектом.

С одной стороны, инвестиции в ИИ — это драйвер роста ВВП, с другой — повод для их вытеснения из традиционных отраслей. Было бы неправильно думать, что сектор ИИ не влияет на нецифровые

отрасли экономики. Те же дата-центры тянут за собой энергетику, строительство, производство чипов и т.п. Так, по данным Fitch Ratings, вклад ИТ-гигантов в ВВП США в первой половине 2025 года обеспечил почти 90% его роста и компенсировал негативные эффекты в американской экономике от тарифных войн Дональда Трампа. Дата-центры для ИИ стали новым типом активов на стыке недвижимости и критической инфраструктуры.

Дмитрий Мельников

Начальник управления инвестиционного консультирования «ВТБ Мои Инвестиции»:

— Внутри темы ИИ есть три разных сюжета. Инфраструктура (дата-центры, чипы, энергетика) концентрирует основной капитал и оценки. Но дата-центр физически состоит из бетона, меди и систем охлаждения, а это новый и устойчивый спрос на реальный сектор. Для атомной энергетики такая структура спроса выигрывает: крупнейшие операторы дата-центров нуждаются в стабильной базовой генерации. На горизонте 5–10 лет это длинный заказ на электроэнергию и инжиниринг.

Прикладной ИИ в промышленности, логистике, медицине и финансах работает на рост производительности экономики. Перегрев виден в третьем слое — компаниях, которые добавили ИИ к названию без собственной технологии. Эта часть рынка скорректируется первой.

Охлаждение интереса к традиционным отраслям объясняется прежде всего уровнем ставок и доходностью облигаций. Притяжение ИИ играет здесь второстепенную роль. По текущей структуре портфелей клиентов сервиса «Советник ПРО» «ВТБ Мои Инвестиции», около 38% активов размещено в акциях. Из них 50% приходится на реальный сектор — нефтегаз, металлургию, строительство, логистику, энергетику. Около 13% — на компании с заметной ИИ-составляющей («Яндекс», МТС, VK и др.). Реальный сектор в России сохраняет ведущую долю: он формирует фундамент ВВП и устойчивее проходит разные рыночные циклы.

В то же время экономисты предупреждают, что концентрация капиталов вокруг ИИ может негативно сказаться на секторах реальной экономики. Например, строительство ЦОД конкурирует с жилищным строительством за материалы и рабочую силу. Другой



вопрос: смогут ли нецифровые секторы экономики соревноваться в борьбе за инвестиции и кредиты с ИИ-проектами?

Такую ситуацию уже назвали эффектом вытеснения. Как пишет Global Finance, ожидается, что капитальные затраты компаний, создающих инфраструктуру для искусственного интеллекта, в 2026 году увеличатся более чем вдвое и будут расти до 2030 года. Эта тенденция не сулит ничего хорошего другим игрокам, стремящимся привлечь или рефинансировать капиталы. В 2026 году затраты на инфраструктуру ИИ составят примерно половину объема прошлогоднего рынка инвестиционных облигаций США и две трети объема кредитов с использованием заемных средств. «Главный вопрос заключается в том, окажет ли это какое-то вытесняющее воздействие на других эмитентов, если мы собираемся потратить, по оценкам, \$7 трлн меньше чем за десятилетия», — говорит управляющий партнер компании Chatham Financial Амол Дхаргалкар. Он подчеркивает, что, учитывая проекты ЦОД в Европе, Азии и на Ближнем Востоке, эффект будет глобальным. На каком-то этапе, утверждает эксперт, денег на всех не хватит.

Некоторые специалисты говорят о «нулевом эффекте» ИИ в реальной экономике. Так, главный экономист Goldman Sachs Ян Хазиус заявляет, что в 2025 году чистое влияние ИИ на рост экономики США на самом деле было близким к нулю, так как большая часть оборудования импортировалась, поддерживая экономику Тайваня и Южной Кореи, а не внутреннее производство. Консалтинговое агентство McKinsey заявило о том, что многие руководители компаний говорят о «парадоксе ИИ». Он заключается в том, что они видят искусственный интеллект везде, кроме финансовых показателей. Особенно актуальным это оказалось для сферы недвижимости.

Правда, по итогам 2026 года аналитики предрекают переход от инфраструктурного бума к реальной прибыли от внедрения ИИ в сферах строительства, финансов и ритейла. Сеть аудиторских и консалтинговых фирм PWC ожидает массовое внедрение так называемого агентского ИИ для автоматизации сложных бизнес-процессов, например прогнозирования спроса и налогового аудита. В промышленности, по данным компании NVIDIA, внедрение ИИ уже привело (к началу 2026 года) к сокращению капитальных затрат американских компаний на 10–15% за счет оптимизации циклов проектирования.

Аппетиты строящихся ЦОД могут вызвать в других секторах экономики дефицит. Фактически это уже происходит. В некоторых странах говорят о «мягких» энергетических барьерах для работы дата-центров: сети и генерирующие мощности не справляются с их потребностями. То же самое грозит производителям микросхем, модулей памяти, турбин, трансформаторов и т.п. Один из ярких примеров — ситуация с микросхемами памяти, чьи ведущие

компании-производители, такие как SK Hynix, заявили, что распродают все производственные мощности до 2027 года. А эти микросхемы используются далеко не только в дата-центрах, но и, например, в смартфонах и другой электронике. Рост спроса со стороны ЦОД может оказать ценовое давление и на сырье, например на медь, для которой и так есть ограничения в поставках.

Наконец, развитие искусственного интеллекта, особенно если оно будет продолжаться бурно, приведет к концентрации ресурсов и капитала в нескольких странах, прежде всего в США и Китае. Другие государства из-за этого дисбаланса получат меньше возможностей для создания собственной инфраструктуры ИИ и внедрения его инструментов в экономику. Добавим к этому растущий спрос на энергию и критически важное сырье и получим еще один фактор геополитической напряженности. Страны, не имеющие благоприятных условий для развития ИИ, могут столкнуться с оттоком капитала и рабочей силы, а также с замедлением внедрения инструментов искусственного интеллекта.



Сергей Федосеев

Управляющий директор по стратегическим проектам Sk Capital:

— Деньги уходят не из реального сектора, а из менее эффективных моделей внутри него. Наиболее уязвимые отрасли — консалтинг и профессиональные услуги (там уже идут сокращения), маркетинг/контент/медиа, часть бэк-офисных функций (финансы, юриспруденция, поддержка). Например, в консалтинге массовые сокращения объясняются не кризисом, а переходом к ИИ-моделям работы. При этом классический реальный сектор (энергетика, производство, сельское хозяйство) не умирает, а, наоборот, становится следующим бенефициаром ИИ.

Баланс не вернется к модели «ИИ vs реальный сектор», он трансформируется в модель «реальный сектор с ИИ внутри». Искусственный интеллект перестает быть отдельной индустрией и становится инфраструктурой — как электричество или интернет.

Дмитрий Мельников

Начальник управления инвестиционного консультирования «ВТБ Мои Инвестиции»:

— Разочарование в чистом ИИ как инвестиционной теме неизбежно — это нормальная фаза цикла. Но возврата в реальный сектор как в альтернативу ИИ ждать не стоит: эти две истории сольются. ИИ дает отдачу там, где встроено в конкретную индустриальную задачу: в атомной отрасли — это оптимизация режимов оборудования, предиктивная диагностика и ускорение инженерных расчетов, в логистике — маршрутизация, в медицине — диагностика по изображениям.

Компании, которые до 2028 года вложатся в собственные прикладные решения, накопят данные и соберут внутренние команды, получат двойной эффект: операционную эффективность, долю рынка и рост капитализации, который этот эффект отразит. Через два-три года инвестор будет смотреть на промышленную компанию по приросту EBITDA от ИИ. Качество внедрения станет таким же критерием оценки менеджмента, как когда-то степень автоматизации производства.

Не сокращения, а перестройка?

Еще одно пугающее предсказание — массовые сокращения рабочих мест из-за внедрения ИИ. Популярные издания уже составляют список профессий, которые вот-вот исчезнут под влиянием нейросетей. Но эксперты пока не выработали единого взгляда на эту проблему.

Пока в данных по рынку труда не зафиксировано заметных изменений под воздействием ИИ. Но по оценкам Goldman Sachs Research, в ближайшие 10 лет 300 млн рабочих мест по всему миру будут автоматизированы. При этом применение ИИ поможет создать новые вакансии в центрах обработки данных, на энергетических предприятиях и в других компаниях, которые будут обслуживать ИИ-проекты. Однако по прогнозам одного из топ-менеджеров Goldman Sachs Research Джозефа Бриггса, в этот период будет потеряно 6–7% работников. В таком случае аналитики ожидают увеличения уровня безработицы на 0,6 процентного пункта. Но если переходный период будет короче, последствия для экономики будут серьезнее.

С другой стороны, эксперты ожидают, что к 2030 году только в США потребуется заполнить около 500 тыс. новых рабочих мест, чтобы удовлетворить растущий спрос на электроэнергию. Уже сейчас в стране отмечают рост вакансий на должности в энергетических и строительных компаниях, занятых в создании ЦОД.

Революция в ИИ может создать три новых типа рабочих мест, полагает Джозеф Бриггс. Во-первых, потребуются те, кто обладает навыками разработки искусственного интеллекта. Во-вторых, появятся смежные профессии в сферах, которые будут внедрять автоматизацию, например в здравоохранении или образовании. В-третьих, развитие ИИ окажет косвенное воздействие на востребованность профессий, не связанных с автоматизацией: услуги бьюти-индустрии, ухода за животными, репетиторство и тренерство. Эти профессии могут стать популярнее из-за роста доходов населения.



Иван Серов

Консультант консалтинговой компании «Яков и Партнеры»:

— Профессии, которые появятся или будут значительно развиваться благодаря ИИ, можно разделить на две группы. Первая — это специалисты, отвечающие за разработку и внедрение ИИ-решений, например промпт-инженеры, отвечающие за создание правильного запроса к модели, или дата-брокеры, работающие с данными для ИИ. Вторая — продакт- и проект-менеджеры, специализирующиеся на внедрении ИИ в продукты и сервисы.

Будут востребованы навыки, позволяющие качественно работать с технологией: среди них, конечно, базовое знание принципов работы ИИ, а также воображение и структурированное мышление, позволяющие правильно ставить задачу и контролировать ее выполнение. Кроме того, важно освоить мета-навык координации ИИ-агентов и ИИ-систем, чтобы получать максимум пользы от их совместной работы.

По прогнозам Бостонской консалтинговой группы (BCG), в течение ближайших двух-трех лет 50–55% рабочих мест в США подвергнется трансформации под влиянием ИИ. Для сотрудников это будет означать не увольнение, а изменение требований к их

работе. Только через пять лет или позже могут быть ликвидированы 10–15% рабочих мест. Кто же попадает в зону риска?

Автоматизация задач не обязательно означает потерю работы. Аналитики BCG приводят пример с профессиями программистов и сотрудников кол-центров. В программировании ИИ применяют прежде всего при написании кода, в тестировании и в других рутинных задачах. Но основная ценность программиста — в проектировании системы, архитектурном анализе, поиске компромиссов между производительностью и стоимостью и в преобразовании бизнес-потребностей в технические решения. Искусственный интеллект помогает в этом программистам, но не заменяет их. В то же время автоматизация удешевляет стоимость услуг разработчиков, делая их более доступными. Из-за этого может вырасти количество заказчиков, что, в свою очередь, открывает новые рабочие места для специалистов.

В кол-центрах ИИ обрабатывает простые запросы клиентов, а люди получают более сложные задачи. Таким образом, потребность в операторах уменьшается. При этом автоматизация кол-центров не повышает спрос, так как он ограничен клиентской базой организации. Поэтому количество рабочих мест может сокращаться.

Иными словами, внедрение ИИ угрожает прежде всего профессиям с рутинной когнитивной нагрузкой, особенно если автоматизация не повышает спрос на услуги или товары. Такая ситуация влечет за собой сокращение сотрудников, повышение количества претендентов на рабочее место и, как следствие, снижение зарплат.

В целом аналитики сходятся в том, что в краткосрочной перспективе меняться будут не профессии, а их содержание. И в большинстве случаев это коснется «белых воротничков» из финансовых, аналитических, цифровых и административных сфер деятельности. Менее уязвимыми будут профессии, связанные с ручным трудом, обслуживанием и уходом. Такая ситуация, правда, ломает вековую парадигму, в которой высшее образование считалось защитой на рынке труда. Навыки будут иметь гораздо большее значение, чем уровень образования, поэтому выигрывать будут те, кто сможет быстро проходить повышение квалификации и адаптироваться к новым задачам и условиям.

Если сфера ИИ будет развиваться так, как это предполагается сейчас, рост зарплат в ней будет идти намного быстрее. Это создаст ситуацию неравенства по сравнению с теми сферами, где искусственный интеллект не используется. Исследователи сейчас говорят о том, что нынешние данные о влиянии ИИ на рынок труда не позволяют сделать однозначные прогнозы. Они упоминают три основных возможных сценария.

Оптимистический сценарий предполагает, что ИИ создаст гораздо больше новых рабочих мест, чем

закроет старых. В случае если реализуется трансформационный сценарий, то большинство рабочих мест не исчезнет, а получит новые задачи. Последний, пессимистический сценарий подразумевает замещение людей искусственным интеллектом и приведет к массовому высвобождению персонала. Особенно такой вариант будет опасен для стран с низким уровнем адаптации работников.

Иван Серов

Консультант консалтинговой компании «Яков и Партнеры»:

— ИИ в контексте рынка труда часто рассматривается как инструмент, заменяющий человеческий труд и вызывающий безработицу. Это ограниченный взгляд на проблему: в реальности ИИ не сокращает сотрудников, а перераспределяет их время — дефицитный для российского рынка ресурс — на более ценные задачи. Согласно нашим опросам, если в 2024 году почти половина российских компаний видела финансовый эффект от генеративного ИИ в снижении затрат на оплату труда, то в 2025 году таких было лишь 12% — в четыре раза меньше.

Конечно, на горизонте 5–10 лет влияние ИИ будет более радикальным: согласно оценке Всемирного банка, даже за период с 2023 по 2027 год из-за ИИ исчезнут 83 профессии, однако появятся 69 новых.

Согласно нашим экспертам, процесс высвобождения кадров, даже когда он начнется, будет идти плавно: появятся новые профессии, а кадры будут естественно перетекать из одних областей в другие. При этом есть несколько направлений, в которых государство может облегчить этот процесс. Во-первых, разрабатывать законодательную базу, «сглаживающую» последствия потери работы для сотрудников с «невостребованной» профессией. Во-вторых, создавать программы переобучения, позволяющие таким сотрудникам найти работу с меньшими рисками ИИ-автоматизации.

Важно отметить, что подготовка к новой технологической реальности — это в том числе ответственность самих сотрудников. Им стоит проактивно разбираться в технологии и думать, с одной стороны, какие риски ИИ создает для их текущей занятости, с другой — какие появляются дополнительные возможности для улучшения качества их работы.

Первая в Египте

Атомный фундамент энергетической стабильности



АЭС «Эль-Дабиа» — первая атомная электростанция в Египте. Она строится в рамках комплекса контрактов, вступивших в силу 11 декабря 2017 года в городе Эль-Дабиа провинции Матрух на побережье Средиземного моря, примерно в 300 км к северо-западу от Каира. АЭС состоит из четырех энергоблоков мощностью по 1200 МВт каждый, оснащенных реакторами российского класса ВВЭР-1200 поколения III+, которые уже имеют успешный опыт работы.

В апреле текущего года делегация комитета Государственной Думы Российской Федерации по энергетике посетила площадку сооружения АЭС «Эль-Дабиа» в Арабской Республике Египет (генеральный проектировщик и генеральный подрядчик — Инжиниринговый дивизион госкорпорации «Росатом»). Визит подтверждает стратегическое значение проекта для энергетического сотрудничества между нашими странами.

В рамках визита состоялась презентация проекта, которую провел вице-президент АО «Атомстройэкспорт» — директор проекта по сооружению АЭС «Эль-Дабиа» Алексей Кононенко. В 2025 году на стройплощадке были достигнуты все запланированные ключевые этапы, большинство из которых — с опережением контрактных сроков. В ноябре корпус

реактора энергоблока № 1 был установлен в проектное положение. Ввод в эксплуатацию четырех энергоблоков АЭС «Эль-Дабиа» суммарной мощностью 4800 МВт повысит энергетическую безопасность страны и обеспечит до 10% потребления электроэнергии в Египте.

«Россия создает в стране не только высокотехнологичную атомную отрасль, но и сопутствующую инфраструктуру, включая социальную, делится передовыми технологиями и содействует подготовке кадров и формированию правовой базы. Мы уверены, что именно так должны развиваться современные энергетические отношения — без ограничений, эмбарго и санкций, во благо людей по всему миру», — подчеркнул председатель комитета Госдумы по энергетике Николай Шульгинов.

Россия будет сопровождать египетских партнеров на всех этапах жизненного цикла проекта. В соответствии с контрактными обязательствами российская сторона не только построит АЭС, но и будет поставлять ядерное топливо на протяжении всего срока эксплуатации станции, а также оказывать помощь египетским партнерам в обучении персонала станции на этапе эксплуатации и технического обслуживания в течение первых 10 лет работы АЭС. Кроме того, российская сторона в рамках отдельного контракта построит специальные хранилища и предоставит специальные контейнеры для хранения отработавшего ядерного топлива.

«Мы высоко ценим внимание российских парламентариев к проекту АЭС «Эль-Дабиа». Этот визит подтверждает стратегическое значение проекта для развития энергетического сотрудничества между Россией и Египтом, а также для продвижения российских технологий на международной арене. Сегодня на площадке ведутся ключевые этапы строительства, и важно, что наши гости смогли лично увидеть масштаб и сложность выполняемых работ. Уверены, что такие визиты способствуют укреплению доверия и дальнейшему успешному развитию проекта», — отметил первый заместитель генерального директора госкорпорации «Росатом» по атомной энергетике, президент АО «Атомстройэкспорт» Андрей Петров.

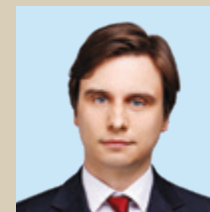
Отдельный блок программы был посвящен социальной инфраструктуре. В жилом городке строителей делегация показала ключевые объекты: детский сад и школу, спортивный комплекс и досуговый центр, а также рассказали о развитии социально-бытовой инфраструктуры и организации жизни сотрудников проекта и членов их семей.

— Строительство «Росатомом» АЭС в Египте в нынешних условиях обладает очень высокой значимостью. Это связано с рядом факторов, как чисто внутренних, так и отражающих специфику ситуации в современной мировой энергетике. К внутренним факторам относятся прежде всего характер текущего развития страны и положение дел в ее энергетике.

Так, совокупное потребление первичной энергии в Египте отмечается постоянным ростом, который сохраняется и в текущих условиях, несмотря на некоторое его замедление. И хотя уровень подушевого потребления первичной энергии в стране стабилизировался, отмечается рост производства электроэнергии на душу населения. Растет и общая выработка электроэнергии, что вполне соответствует уровню и характеру современного этапа экономического развития страны. Можно прогнозировать дальнейший рост потребления, что будет обеспечивать необходимость роста генерирующих мощностей.

При этом как топливно-энергетический баланс, так и электробаланс страны продолжают быть преимущественно зависимы от углеводородов. Так, в структуре потребления первичной энергии на нефть и газ в сумме приходится более 90%. Производство электричества на 80% обеспечивается газом. В последнее время страна вновь стала чистым импортером энергии, при этом растущие потребности страны в энергии способствуют и росту чистого импорта сжиженного газа.

Энергетический фактор обычно относят к одной из серьезных внешних уязвимостей экономики страны. Учитывая, что значительная часть поставок того же сжиженного природного газа в Египет обеспечивается Израилем, то факт энергетической зависимости становится еще более значимым. Например, в марте в связи с началом операции против Ирана поставки были полностью остановлены, а потом возобновлены в ограниченных масштабах. Естественно, что нынешний глобальный энергетический кризис вынуждает экспертов все громче говорить о важности собственных стабильных энергетических ресурсов и мощностей, чтобы снизить степень зависимости национальной экономики от волатильности глобальных рынков и застраховаться от внезапных остановок поставок. Это особенно важно для динамично развивающейся страны, такой как Египет. С учетом того, что выработка энергии из альтернативных источников в Египте в последнее время не развивалась и не росла (а в отдельных случаях сокращалась), то наличие собственных атомных генерирующих мощностей — это одна из основ стабильно функционирующей энергетической системы в условиях нарастания внешних шоков и общей неопределенности в мировой экономике и энергетике. Дополнительный значимый фактор от взаимодействия с Россией в данной области заключается не только в энергетической безопасности и предсказуемости, но также в доступе к технологиям и технологическим решениям, не слишком знакомым египетскому рынку.



Егор Сергеев

Доцент кафедры мировой экономики, старший научный сотрудник Института международных исследований МГИМО МИД России, кандидат экономических наук



Текст: Ирина Дорохова
Фото: Лев Федосеев / ТАСС

Губа Андреева: мостовой кран для перегрузки контейнеров с ОЯТ на судно ФГУП «Атомфлот» (2016 год)

Полвека ликвидации проблем ядерного наследия на базах ВМФ

НИКИЭТ обеспечил документационную базу для вывоза последних топливных сборок из губы Андреева



Когда в хранилище отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в губе Андреева в 1982 году устраняли аварию в бассейне хранения, никто на 40 лет вперед не думал. Теперь пришло время окончательно очистить территорию от последствий не только той аварии, но и предпринятых много лет назад усилий по ее ликвидации. Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н. А. Доллежалея (НИКИЭТ) утвердил документацию, позволяющую безопасно завершить самые сложные работы.

История проблемы

Губа Андреева расположена в Мотовском заливе Баренцева моря в 55 км от Мурманска. В губе располагалась 569-я береговая техническая база Военно-морского флота СССР. С 1961 года там в бассейне выдержки — здании № 5 — хранили отработавшие тепловыделяющие сборки (ОТВС) с атомных подводных лодок. Это было самое крупное хранилище, там хранилось около 22 тыс. ОТВС. В феврале 1982 года в здании появилась трещина, и радиоактивная вода из бассейна выдержки начала вытекать наружу. Сотрудники базы обнаружили аварию, увидев наледь на внешней стене. Одной из причин аварии считают просчеты при проектировании. Из-за них просели

опоры помещения, пристроенного в 1970 году, и здания № 5 начало разламываться.

Аварию надо было устранять, и срочно: в год в Северный Ледовитый океан могло бы попасть вместе с радиоактивной водой около 1 Ки (в среднем человеке — примерно в 10 млн раз меньше).

Однако полгода ничего не могли придумать. За это время трещина расширилась, в сутки сливалось уже не 0,4 м³, как вначале, а до 30 м³. Возник риск, что без воды сборки, охлаждающиеся в бассейне, могут перегреться, оболочки расплавятся и физические барьеры для радиоактивности разрушатся. Чтобы этого не произошло, стали доливать воду из ближайшего озера.

Ключевую роль в тот период сыграли два капитана. Капитан первого ранга Вячеслав Перовский выполнил расчеты и обосновал возможность хранить ОЯТ в сухом хранилище, так как проектное тепловыделение оказалось завышенным по сравнению с реальным. Вместе со специалистом морской инженерной службы Северного флота СССР Анатолием Поправко он разработал проект сухого хранилища. Поскольку важны были скорость, дешевизна и простота исполнения, под хранилище приспособили три огромные пустые бочки для жидких радиоактивных отходов. Капитан первого ранга Владимир Бульгин руководил ликвидацией аварии. Первой в 1985 году загрузили емкость 3А, затем в 1988–1989 годах — 2А и 2Б. Воду из бассейнов слили в емкости, размещенные в соседнем здании № 6. За эти работы Владимир Бульгин был награжден медалью «Золотая Звезда» Героя Советского Союза и орденом Ленина.

Так проблема в первом приближении была решена: состояние сборок не вызывало опасений, радиоактивная вода не попадала в море, радиационный фон улучшился.

Однако было понятно, что это не окончательная ликвидация: сборки надо было вывезти на переработку. Еще одна задача — извлечь несколько оборвавшихся и утонувших в иле на дне бассейна ОТВС. Из-за них излучение в здании № 5 оставалось высоким, достигая 20 мЗв/ч. Однако долгое время для этого не было ни организационного ресурса, ни денег, ни технических средств.

Долгая дорога к сборкам

В 2000 году базу в губе Андреева передали от Минобороны Минатому. Состояние емкостей было сложным. Чехлы в трех емкостях стояли глубоко от поверхности нового хранилища, их невозможно было извлечь стандартными методами. Биологическая защита над емкостями была выполнена примитивно и свои функции выполняла плохо. Грузоподъемных устройств и решений, предотвращающих самопроизвольную цепную реакцию при выгрузке ОЯТ, контейнеров и прочего оборудования для безопасного обращения с ОТВС не было.

Началась работа по приведению объектов губы Андреева в безопасное состояние. Демонтировали обветшавшие сооружения, постепенно построили инфраструктуру по обращению с ОЯТ — санпропускник, участок дезактивации и площадку для хранения транспортных упаковочных контейнеров возле причала. Реконструировали стационарный причал, чтобы принимать специализированное судно «Россита» — оно, кстати, тоже было построено в те годы.

Особое внимание уделили емкости 3А, так как ее конструкция отличалась от 2А и 2Б. У нее не было крыши: биологическая защита была собрана из бетонных строительных блоков. Как следствие, она пропускала сильное радиационное излучение. Но перед заменой биологической защиты требовалось элементарно изолировать емкость 3А от воздействия атмосферных осадков, поэтому в 2004 году над емкостью 3А построили крышу. Однако от высокого радиационного излучения она не спасала.

Специалисты НИКИЭТ в 2005 году обследовали биологическую защиту, создали ее трехмерную модель с градиентом излучения и дали рекомендации по устройству новой биологической защиты, чтобы определить следующие шаги для подготовки к обращению с ОТВС.

Требовалось поднять крышу над емкостью 3А, установить модули управления, обращения с твердыми радиоактивными отходами и вентиляции с фильтрами очистки воздуха, дистанционно управляемый манипулятор Niab и робот Brokk. Работа была окончена в 2012 году. При этом вывезли более 1000 бетонных плит, установили 600 металлоконструкций и новую сегментную биологическую защиту. Благодаря ей радиационная обстановка существенно улучшилась. Это позволило построить к 2016 году здание-укрытие над всеми емкостями для выгрузки и вывоза ОЯТ. Для обращения с ОТВС в здании установили перегрузочный агрегат.

На фото

Работа пункта дистанционного управления выгрузкой отработавшего ядерного топлива в губе Андреева



Участие НИКИЭТ в ликвидации последствий аварии в губе Андреева

В соответствии с постановлением правительства РФ с 1998 года НИКИЭТ стал головным исполнителем работ по ядерной, радиационной безопасности, экологической реабилитации радиационно опасных объектов ВМФ. Приказом генерального директора «Росатома» в том же году НИКИЭТ наделен функциями главного конструктора и головного исполнителя-координатора работ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности на объектах ВМФ.

2001 год

Разработка технического регламента обращения с ОЯТ

2002–2010 годы

Обследование ОТВС в емкостях хранения

2003 год

Разработка дополнения к регламенту для пробного вывоза ОЯТ

2005 год

Выпуск заключения об условиях возникновения критичности при выгрузке ОЯТ. Радиационное обследование емкости ЗА

2006 год

Разработка технических решений по устранению дефектов чехлов и ОТВС

2009 год

Разработка регламента выгрузки ОЯТ из контейнеров (тип 6)

2012 год

Разработка технических требований к перегрузочной машине

2014 год

Разработка регламента поканальной выгрузки ОЯТ перегрузочной машиной, положения о выгрузке ОЯТ

2016 год

Разработка регламента выгрузки отработавшего ядерного топлива из емкости ЗА

2017 год — настоящее время

Мониторинг работ по вывозу ОЯТ из хранилищ

2025 год

Корректировка регламента выгрузки ОЯТ из емкости ЗА. Разработка специальных условий на транспортировку ОЯТ на ПО «Маяк»

В это же время специалисты НИКИЭТ разработали критерии пригодности к выгрузке и транспортировке: чехол хранения сборок должен быть герметичным, все семь ОТВС — неразрушенными, а в чехле — отсутствовать вода. На основе этих критериев были разработаны правила обращения с ОЯТ и выполнены необходимые технические мероприятия. С 2017-го началась выгрузка сборок из емкостей 2А и 2Б. Планируется, что в 2027 году она будет завершена.

Технологии обращения с ОТВС, разработанные для губы Андреева, пригодились и на других объектах Северо-Запада и Дальнего Востока. Там получилось выполнить работы даже быстрее. Так, уже в 2014 году все хранившееся на дальневосточных объектах ОЯТ, в том числе поврежденные ОТВС, было перевезено на «Маяк». На «Маяке» к тому времени восстановили цех и технологию их переработки. В том же году вывезли все ОЯТ из водо-водяных реакторов на базе Гремеха на Северо-Западе России.

Самое трудное

Одной из самых сложных работ в губе Андреева стало извлечение шести упавших на дно бассейна выдержки отработавших тепловыделяющих сборок. Над бассейном установили биологическую защиту, чтобы можно было работать без риска переоблучения приемлемое время: до установки оно составляло всего 20 минут, после — выросло до часа. Для операций на дне бассейна спроектировали и изготовили робота. Он должен был обнаружить сборку, отделить от нее подвеску, захватить, извлечь и разместить в пенале. Чтобы эти операции можно было выполнить в здании №5, в 2017–2018 годах компания «Спецтехкомплект» изготовила стенды в натуральную величину, закупила необходимое оборудование и усовершенствовала его, добавив дистанционное управление. В 2019 году его смонтировали на площадке проведения работ. Занимались извлечением сборок одновременно три специалиста: один управлял прожектором, второй — видеонаблюдением, третий, ориентируясь на полученное изображение, — роботом-манипулятором. Процедура прошла удачно, выгруженные сборки вывезли на «Маяк».

Дошла очередь до следующей сложной задачи — подготовки к выгрузке ОТВС из емкости ЗА. За основу взяли технологию извлечения сборок из емкостей 2А и 2Б с помощью перегрузочного агрегата. Однако дополнительно необходимо было подготовить ЗА к работам, а для этого — вскрыть ее. Вскрытие повлекло бы за собой ухудшение радиационной обстановки, что помешало бы работам на 2А и 2Б. Чтобы минимизировать рост радиационного фона, придумали построить над ЗА раздвигающееся укрытие с дистанционным управлением и системами дистанционного управления техническими средствами.

Для проверки работоспособности оборудования и отработки операций, как и в случае со зданием №5, были изготовлены стенды-имитаторы, аналогичные местам работ на емкости ЗА. Так, один из стендов — это



металлобетонный сегмент, по габаритам соответствующий ограничительному бетонному кольцу на блоке сухого хранения емкости ЗА. На стенде отработали вертикальную и горизонтальную тросовую резку бетона с помощью гидравлической канатной машины. Чтобы выполнить реальные работы максимально четко и быстро, отработывали и другие операции. Это было важно, так как из-за вскрытия емкости на время работ радиационный фон вырос до значений 2005 года.

На изготовление, доставку и подготовку оборудования потребовалось два года. Сами работы заняли три года, с 2023-го по 2025-й. На емкости ЗА были вырезаны 18 бетонных сегментов весом порядка 2,5 тонн каждый. Их извлекали клещевыми захватами с помощью штатного мостового крана в сооружении 153. Воздух во время операции очищался вакуумным вентилятором с аэрозольными фильтрами. После удаления кольца из емкости ЗА один за другим подняли сегменты биологической защиты, под ними удалили строительный мусор, выровняли поверхность емкости и извлекли заклиненные бетонные пробки ячеек, чтобы получить доступ к чехлам с ОТВС. Теперь можно использовать существующий перегрузочный агрегат. Это сократит время на выгрузку и вывоз ОЯТ.

В конце 2025 года НИКИЭТ откорректировал технологическую документацию под измененные условия работ, согласовал с регуляторами пакет документов по выгрузке и специальные условия по перевозке оставшихся ОТВС на «Маяк». Планируется, что вывоз ОЯТ завершится в начале 2030-х годов.

«Уникальные решения «Росатома» для безопасного обращения с ядерными материалами, снижения радиационных полей, моделирования сложных технологий, изготовления и использования новых технических средств позволят ликвидировать очередной ядерно опасный объект и снизить радиоактивность северо-западной части Российской Арктики на 1 МКи», — отметил главный конструктор — директор отделения вывода из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов НИКИЭТ Сергей Ряснянский.

Продолжение следует

Завершив вывоз ОТВС, необходимо привести в безопасное состояние здание №5. НИКИЭТ разработал требуемые технические решения, готовятся документы для начала работ.

НИКИЭТ предлагает использовать наработанный опыт создания и эксплуатации на Северо-Западе (на территории бывшего пункта базирования Гремиха в городе Островном) и на Дальнем Востоке (в бухте Сысоева) центров компетенций — технологических комплексов для безопасного обращения с ОЯТ атомных ледоколов и плавучих энергоблоков.

Будущее, увиденное фантастами

Какие мечты человечества стали реальностью

XX век по праву можно назвать столетием фантастики. Урбанизация, технический прогресс, открытие структуры атома, квантовая механика, лазеры — развитие науки вместе с мечтами об освоении космоса, победе над голодом и болезнями сформировали мир фантастических романов, в ко-

торых писатели удивительно точно предсказали «начинку» нашей сегодняшней жизни. При этом некоторые их идеи так и остались мечтами, а некоторые сейчас воспринимаются как курьез. Сбывшимся и несбывшимся техническим прогнозам посвящена эта статья.

Глобальная сеть

Интернет, видеосвязь, смартфоны — мир как единая информационная система рассматривался в произведениях многих фантастов. И большинство их идей стали реальностью.

Что было

1. Мобильные телефоны и видеосвязь. Герой рассказа «Особый старательский» Роберта Шекли, написанного в 1959 году (действие происходит на Венере), звонит из безлюдной пустыни по компактному телефону хозяину гаража, чтобы

договориться с ним о починке пескохода, и демонстрирует ему поломку по видеосвязи. Складной коммуникатор для связи зрители увидели в первом эпизоде сериала «Звездный путь», вышедшем в 1964 году, и именно он вдохновил разработчика первого в мире мобильного телефона Мартина Купера на создание реального устройства. Телефоны-браслеты и видеофоны (то есть разговор по видеосвязи) упоминаются в произведениях советского фантаста-классика Кира Булычева. В его книге «Приключения Алисы» даже употребляется глагол «видеофонить», и главному герою звонят с Марса, чтобы узнать, кто такая Баба-яга. Видеосвязью пользуются и герои романа Артура Кларка «2001: космическая одиссея», опубликованного в 1968 году, а еще они читают газеты на электронном устройстве, схожем с современным планшетом. Межпланетная связь в нашей реальности пока существует только в виде обмена данными между Землей и космическими аппаратами, но с МКС уже вполне можно созвониться, и у космонавтов и их семей есть возможность увидеть друг друга.

2. Персональный компьютер. В рассказе «Логика по имени Джо» 1946 года Мюррей Лейнстер описал терминалы («логики»), подключенные к единому банку данных. Вскоре вычислительные машины стали частью нашей жизни — сначала как громоздкие устройства для сложных расчетов, занимающие несколько огромных помещений, а затем как легкие и удобные гаджеты, уместяющиеся в небольшой рюкзаке.

3. Интернет и виртуальная реальность. Большой Всепланетный Информаторий в «Мире Полудня» (литературном метамире братьев Стругацких) работал медленно — ответа на запрос приходилось ждать несколько часов, но зато человек получал точную и достоверную информацию.



Развлекательного контента не было, скорее, это была общедоступная онлайн-энциклопедия с сегментами, предназначенными для узких специалистов. Похожая система — виртуальная база данных, или трионовая библиотека, — упоминается в романе Станислава Лема «Магелланово облако» 1955 года.

Виртуальная реальность чаще всего появляется в мирах-антиутопиях — и «соседи» на огромных стенах-экранах у Брэдбери в романе «451 градус по Фаренгейту» (1953 г.), и глобальные компьютерные сети с онлайн-миром в романе Уильяма Гибсона «Нейромант» (1984 г.), и киномир «Матрицы», где человечество, погруженное в мир грез, изображающий обычную жизнь, вырабатывает энергию для роботов

и прочих «умных машин». А Станислав Лем в трактате «Сумма технологий» 1964 года описал «фантоматику» — создание мира, неотличимого от реальности.

Что не сбылось

Глобальная сеть не стала исключительно источником знаний, как у Стругацких, хотя эта функция у нее есть. Но в большей степени сеть выполняет коммуникативную и развлекательную функции. Не существует голографических устройств связи и передачи данных, как в «Звездных войнах». Пока не реализовано прямое подключение мозга к виртуальным системам, как в «Нейроманте», «Матрице» и других произведениях в жанрах киберпанка и антиутопии.

Роботы и нейросети

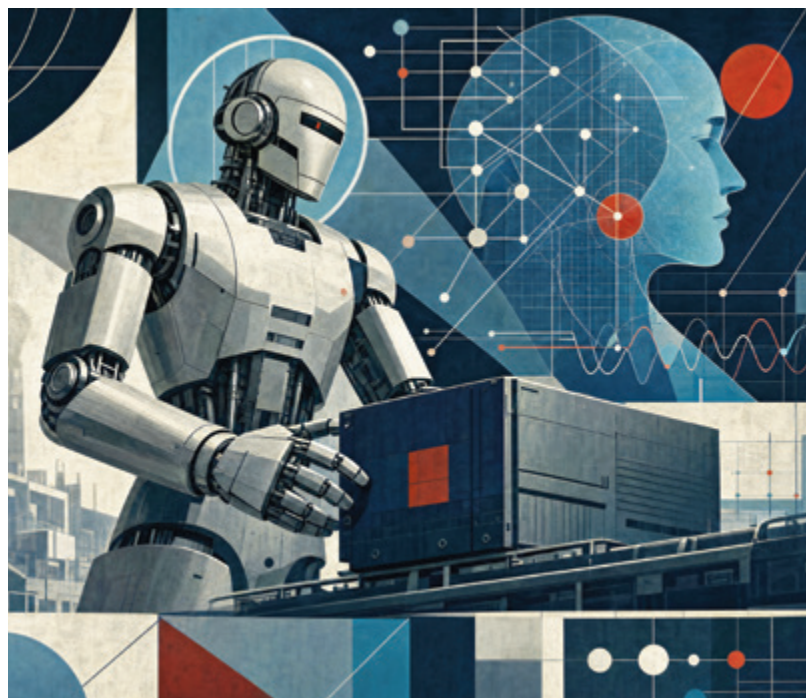
Роботизация, нейросети и цифровые технологии за последний год значительно продвинулись: роботы не только танцуют, но и выполняют сложные разнообразные движения, перемещая грузы, нейросети создают полноценное видео, а голосовые помощники используются в роли собеседников.

Что сбылось

1. **Роботы.** Слово «робот» уже больше 100 лет: впервые о роботах как об «искусственных людях», производящихся на фабрике, написал в своей научно-фантастической пьесе Карел Чапек в 1920 году. В пьесе поднимаются этические темы, важные и сейчас, — взаимоотношения людей и роботов, угнетение, бунт роботов и уничтожение человечества, обретение роботами чувств. Тема «человечности» роботов также поднимается в ряде произведений чешского фантаста Станислава Лема и в фантастическом романе Филипа К. Дика «Мечтают ли андроиды об электроовцах?» (1968 г.). Тема этики в отношении роботов и искусственного интеллекта продолжает обсуждаться и сейчас.

2. **«Умный дом».** Рэй Брэдбери в рассказе «Будет ласковый дождь» 1950 года описал автоматизированный дом, который готовит еду, наводит порядок, отпугивает диких животных и даже читает стихи — несмотря на то, что его хозяева и другие жители города погибли в результате ядерного взрыва. «Умные дома», системы «Умный город» и даже «Умный рудник» сейчас активно разрабатываются и внедряются.

3. **Голосовые помощники.** HAL 9000 из уже упоминавшегося романа Кларка «2001: космическая одиссея» стал прообразом виртуальных



голосовых ассистентов, встроенных в наши гаджеты, а Д.Ж.А.Р.В.И.С. — искусственный интеллект, помогающий Тони Старку в фантастическом фильме «Железный человек», — объединяет в себе несколько функций, от мгновенного поиска информации до действий, которые спасают главного героя.

Что не сбылось

Антропоморфные слуги из цикла Айзека Азимова «Я, робот» 1950 года пока так и не стали частью быта, но зато у нас есть роботы-пылесосы и роботы для мытья окон.

Три закона робототехники — обязательные правила поведения роботов, благодаря которым ни один робот не может причинить вред человеку, — можно было

обойти и в произведениях самого Айзека Азимова, который их придумал. Сейчас использование этих трех законов невозможно, отчасти по той причине, что современный ИИ — это не личность и он не умеет мыслить, а отчасти из-за того, что эти законы морально и технически устарели: развитие искусственного интеллекта идет по другим принципам.

Роботы так и не стали «человечными» — в том смысле, что они не обзавелись эмоциями, а голосовые помощники и нейросети не стали настоящими творцами. Конечно, «Алиса» и «Маруся» уже умеют подбирать музыку под настроение и рассказывать анекдоты, но полноценно мыслить голосовые помощники еще не научились.

Космос ждет!

В области освоения космоса ожидания прошлого века сильнее всего разошлись с реальностью. Во многих научно-фантастических романах и фильмах тысячи планет освоены людьми и внеземными расами, и их обитатели торгуют и воюют между собой, перемещаясь от планеты к планете на космических кораблях, звездолетах, сквозь гиперпространственные туннели и «кротовые норы». Но пока не обнаружена даже простейшая внеземная жизнь, не говоря уже о разумной.

Что сбылось

1. **Спутники связи.** Артур Кларк предсказал их использование еще в 1945 году в эссе «Космическая станция: для применения радио». Речь в эссе шла о геостационарных спутниках на орбите Земли — сейчас их около 13 тыс.

2. **Беспилотные аппараты.** Беспилотные космические корабли можно найти у Кларка в «Космической одиссее». Космический грузовик «Прогресс» доставляет на МКС грузы без пилота внутри — управляют им дистанционно. Космические аппараты, изучающие планеты Солнечной системы, — от «Вояджеров» и зонда «Кассини»

до марсоходов — также работают на дистанционном управлении.

3. **Ракеты.** Космические ракеты можно найти в произведениях, написанных 100 лет назад, — и в «Аэлите» Алексея Толстого, и в его же «Гиперболоиде инженера Гарина», и в повести Циолковского «Вне Земли». Первые космические ракеты были созданы в середине XX века. Но пока космические аппараты сумели достичь только Луны и других планет Солнечной системы — для межзвездных путешествий необходимы более мощные двигатели, например ядерные.

Что не сбылось

К 2026 году человечество должно было прочно обосноваться на Марсе и на Луне. Об этом писал Рэй Брэдбери в цикле рассказов «Марсианские хроники» 1950 года.

Пока не создан ни один космический корабль, способный достичь даже соседней звезды без потери всего экипажа (и из-за низкой скорости современных космических кораблей, и из-за космической радиации).

Мы до сих пор не нашли ни одной внеземной цивилизации и довольно мало знаем об устройстве Вселенной.



На пути к бессмертию

Писатели-фантасты предсказывали победу над старением и генетическое моделирование, обещали мир вечной молодости, но чаще всего не для всех, а для избранных.

Что сбылось

1. Генная инженерия. Олдос Хаксли в романе-антиутопии «О дивный новый мир» 1932 года описал выращивание людей с заданными свойствами. В киносаге «Звездные войны» с джедаями сражаются в том числе многочисленные клоны. Сегодня такие технологии, как CRISPR-Cas9, позволяют редактировать геном, хотя генная модификация и клонирование людей на данный момент запрещены по этическим соображениям.

2. Биопротезирование. Идеи механических элементов в человеческом организме, или киборгизации человека (киборг — аббревиатура от словосочетания «кибернетический организм»), появились еще в XIX веке. Это и градоначальник с органом вместо головы из «Истории одного города» Михаила Салтыкова-Щедрина, и в какой-то степени Франкенштейн, собранный из разных частей, соединение которых в реальности невозможно. Термин «киборг» появился в 1960 году. Австро-австралийский ученый Манфред Клайн и американский медик Натан Кляйн предложили идею комбинированного организма, который объединяет биологические и технические компоненты, чтобы выжить вне Земли. Далее появились такие киногерои, как, например, Терминатор и Робокоп, а предложенные фантастами идеи воплотились в современных бионических протезах.

3. Искусственно выращенные органы. Они упоминаются в романе Ларри Нивена «Дар с Земли» 1968 года. Сейчас возможно создание новых органов с помощью биопринтера, но пока еще не решен вопрос создания полноценной ткани с сосудами и нервными окончаниями. Ученые «Росатома» используют технологии биофабрикации, и искусственно выращенный кровеносный сосуд уже пересажен кролику.

Что не сбылось

В последние годы активно обсуждается идея цифровых аватаров: видеозаписи и другие материалы уже сейчас позволяют воссоздать на экране умерших киноактеров, но широкого распространения эта технология пока не получила. Кроме того, мы все еще не умеем полностью «загружать» сознание в компьютер, что позволило бы создать полноценную личность, как в научно-фантастической пьесе Джордана Харрисона «Марджори Прайм».

Первые опыты по клонированию животных прошли успешно, но их все равно приходится выращивать,

Человечество не освоило телепортацию, о которой писали Джордж Лангелан в рассказе «Муха» 1957 года, Кир Булычев в повести «Тринадцать лет пути» 1984 года и даже Джоан Роулинг в цикле книг о Гарри Поттере, назвав ее трансгрессией.

Не изобретен миелофон, с помощью которого в повестях Кира Булычева «Остров ржавого лейтенанта», «Сто лет тому вперед» и других читали мысли. Сложности связаны в том числе с тем, что человеческий мозг и сознание до сих пор не изучены полностью, но уже выяснено, что мысль — это не набор слов, а сложный синтетический продукт работы мозга, который включает и визуальный, и вербальный, и ассоциативный компоненты.

Не существует машины времени, описанной в произведениях самых разных фантастов, — от одноименного романа Герберта Уэллса конца XIX века до романов «Конец вечности» Айзека Азимова, «Патруль времени» Пола Андерсона и «Автостопом по Галактике» Дугласа Адамса, написанных в 1950–1970-х годах. «Делориан» из фантастической трилогии режиссера Роберта Земекиса «Назад в будущее» остается мечтой, да и летающие (в том числе беспилотные) автомобили тоже пока существуют лишь в фантастических книгах и фильмах.

как и детенышей, появившихся естественным путем. Но мгновенно клонировать живых существ, например человека, как в фантастическом фильме «Шестой день» 2000 года, или выращивать детей в пробирках, как в романе Олдоса Хаксли «О дивный новый мир!» 1932 года, ученые еще не научились. Да и проблема переноса сознания, воспоминаний, жизненного опыта от человека к его клону до сих пор остается фантастической технологией.

Мы все еще не нашли внеземную разумную жизнь и не создали мыслящих роботов — но зато избежали предсказанных фантастами космических войн и восстания машин.

Мы не живем вечно — но уже увеличили продолжительность жизни и активный период в зрелом возрасте.

Мы создали виртуальные вселенные и массивные базы данных, Всемирную сеть — но все равно смотрим на звезды и планируем строительство базы на Луне.

А фантасты создают для нас новые миры, вдохновляющие ученых, инженеров и конструкторов.

Космос как предчувствие

Теория плюс практика, помноженные на состязательность: формула успеха проектов ИЦАЭ глазами будущих ученых и инженеров



Космос начинается буквально за пределами нашего тела и простирается, если верить ученым, далеко за границы известной нам Вселенной. Для просветителей же космос — не только излюбленный предмет разговора с нашими гостями, но и сами гости. Мы, как и астрономы, ежедневно наблюдающие за небесными телами в телескоп, каждый день встречаем гостей на своих мероприятиях. Но много ли мы о них знаем?

Наши собеседники — молодые ребята, школьники и студенты из разных городов России, где представлены предприятия атомной отрасли и расположены Информационные центры по атомной энергии (ИЦАЭ). Все они увлечены точными науками и рассчитывают связать с ними свое будущее. Мы решили познакомиться с ними поближе и поговорить о том, как они пришли к этому решению, каким видят свое будущее и какую роль в выборе профессии сыграли просветительские программы и проекты ИЦАЭ.

Челябинск — Екатеринбург — Томск

Богдан Плотников сегодня студент первого курса Томского политехнического университета по направлению «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг». Поступил с первого раза туда, куда и планировал, хотя, по его словам, еще несколько лет назад он бы, пожалуй, затруднился однозначно ответить на вопрос, чем хочет заниматься в ближайшем будущем.

«Как и большинство моих сверстников, я ходил в школу, а после играл в компьютерные игры. Но в какой-то момент у меня в голове щелкнуло: что-то я делаю не так. Попробовал себя в программировании, но очень быстро понял, что сидеть за написанием кода по много часов — это, наверное, не мое. А вот физика меня еще на этапе подготовки к ОГЭ как-то зацепила», — рассказывает он.

Богдан — из Челябинска. Там он впервые и познакомился с Информационными центрами по атомной энергии. «Было это классе в девятом, и первое, с чем я столкнулся, — интеллектуальные игры: «Формула интеллекта», «БрейнШейкер». Кстати, тут надо упомянуть, что в 2024 году наша команда выиграла «Формулу интеллекта». Параллельно начал посещать и другие мероприятия. Были моменты, когда я ходил просто каждый четверг и не пропускал ничего, — говорит Богдан. — Из других форматов увлек «Бумажный сопромат» — инженерное соревнование, где нам приходилось строить разные конструкции из неочевидных материалов, которые потом проверялись на прочность».

У Богдана есть предположение о том, почему именно эти, а не другие форматы завоевали его любовь. «Мне вообще кажется, что мое поколение отличается меньшей терпимостью к большому объему теории без практики. Поэтому мне и нравятся «Бумажный сопромат» и другие форматы, где есть практическая составляющая. Ну и, безусловно, дух соперничества — он в моем случае очень сильно способствует обучению и усвоению информации», — делится Богдан своей гипотезой.

Артем Ликин тоже из Челябинска, он учится на первом курсе в Уральском федеральном университете в Екатеринбурге по специальности «Ядерные реакторы и материалы». Путь в университет у Артема и Богдана очень похож. «Я тоже до определенного момента не представлял вообще, с чем дальше будет связана моя жизнь. Хотя и точно понимал, что это

будет что-то техническое. Во-первых, у меня отец — физик, так что, можно сказать, я пошел по его стопам. А во-вторых, хотя бум в программировании был тогда в самом разгаре, мне показалось, что физика — более надежная, основательная сфера, в которой, вопреки расхожему мнению, тоже много вполне прикладных, практических задач», — рассказывает Артем.

Разобраться с этим помогли в ИЦАЭ. «Я, честно говоря, особо не знал, чем себя занять в такой огромной сфере, как физика. Посещая ИЦАЭ Челябинска, я узнал, какие есть направления, профессии, перспективы в такой большой отрасли, как атомная энергетика. Здесь очень много возможностей: не только работа на атомных станциях, но и, например, разработка программ для управления ими, участие в создании новых атомных реакторов и блоков. Последнее меня особенно привлекает», — говорит Артем.

Его знакомство с ИЦАЭ тоже началось с интеллектуальных игр. «А настоящая любовь началась с «Бумажного сопромата»: мы строили мосты из бумаги и трубочек для напитков. И арочный мост, собранный моей командой, победил. Ну и, конечно, дебаты! Помню, обсуждали фундаментальную научную проблему: как надо есть бутерброд — колбасой вверх или колбасой вниз? Наша команда была за «колбасой вниз», и, аргументируя, мы отсылали к видному авторитету в этом вопросе — коту Матроскину!» — смеется Артем. Вспомнил нынешний студент УрФУ и постановку в жанре Science Drama, которую увидел на 13-летию ИЦАЭ Челябинска: ее основой стала повесть Даниила Гранина о жизни ученого-физика. Вместе с профессиональными актерами в ней участвовали научные сотрудники и преподаватели челябинских вузов.

«Я очень быстро начал посещать практически все мероприятия Информационного центра по атомной энергии в Челябинске. Здесь мне нравится возможность не только из первых рук, но и, главное, в доступной форме узнать про самые разнообразные сферы научных исследований. Лично для меня даже важнее, что там собирается очень много людей, с которыми про науку можно просто поговорить», — объясняет Артем.

Отмечает он и другой важный момент: посещение ИЦАЭ и знакомство со студентами и молодыми исследователями изменило его восприятие профессии ученого. «У меня был, думаю, распространенный стереотип: ученый — это человек, который занимается скучными и нудными расчетами, ничем, кроме своей лаборатории, не интересуется, замкнутый, отстраненный и строгий. Как же эти представления были далеки от реальности. Те, кто занимается наукой, оказывается, даже шутят на лекциях!» — говорит Артем.

Смоленск

Варвара Бугаева учится в лицее имени Кирилла и Мефодия города Смоленска в 10-м

физико-математическом классе. Нельзя сказать, что она с детства шла именно в эту сферу. Наоборот, нашла свое призвание методом проб и ошибок, увлекаясь всем, от гуманитарных наук до химии и биологии. И к концу 7-го класса определила, что, наверное, больше всего ее тянет к физике и математике. Одноклассник Варвары, Владимир Атамась, наоборот, всегда предпочитал точные науки гуманитарным и даже выходил на городскую олимпиаду по математике. И если Варвара со своей будущей специальностью еще до конца не определилась (все будет зависеть от количества набранных баллов, говорит она), то Владимиру хотелось бы заниматься чем-то, связанным с информатикой. Хотя вузы в «прицеле» у обоих одни и те же: МИФИ, Бауманка, МГУ.

О том, как они первый раз попали в ИЦАЭ Смоленска, Варвара говорит так: «У нас есть замечательные педагоги, которые заведуют «Смоленским Олимпом», региональным центром по выявлению, поддержке и развитию способностей и талантов у детей и молодежи, который работает по модели «Сириуса», — Ольга Анатольевна Володченкова и Кристина Витальевна Казакова. Они нас с 8-го класса уже направляли в ИЦАЭ на самые разные мероприятия. Это были и лекции, и интеллектуальные игры «Что? Где? Когда?» и «БрейнШейкер». Участие в них очень помогало интеллектуально переключаться. У нас есть лицейская команда «Овощное рагу», которая нам, скажем так, передалась по наследству от выпускников нашей школы. Они поступили в разные учебные заведения, а название лицейской команды решили разыграть среди нескольких команд-претендентов внутри школы. И победили мы».

«Хочется отдельно отметить атмосферу, — говорит Владимир Атамась. — В ИЦАЭ приходят заинтересованные люди, с которыми можно поговорить о чем-то, что интересно и тебе. Когда видишь вокруг много людей, которые разделяют твои увлечения, не чувствуешь себя белой вороной. Это очень сильно мотивирует».

Мотивирует, впрочем, не только гостей, уверен Владимир. Важно это и для самих спикеров и экспертов. «Когда у слушателей горят глаза, когда они задают нетривиальные вопросы, на которые правда интересно отвечать, выступающие тоже «заходятся». Мне кажется, именно поэтому в ИЦАЭ почти не бывает банальных презентаций. Спикеры знают, куда идут, и действительно стараются», — убежден Владимир.

Что касается самих мероприятий, то ребята из Смоленска подтверждают предположения челябинцев: при прочих равных они предпочитают тот формат, который вместе с теорией насыщен практикой и при этом содержит элемент состязательности. Владимир поделился своим опытом работы над школьным проектом: «Выступал как-то с рассказом про оптику и одновременно показывал призмы, объяснял, для чего они нужны, где используются в реальной жизни. Вот это всем зашло». Варвара добавляет: «Всегда интересно еще и быстро скооперироваться

с людьми, которых ты до этого не знал, и придумать что-то крутое».

И Варвара, и Владимир уверены, что мероприятия в формате ИЦАЭ — отличный инструмент профориентации. «Понятно, что нам не расскажут на лекциях чего-то принципиально нового. Но вполне может быть так, что в рамках школьной программы какую-то тему мы могли проскочить и оставить позади как не самую важную или слишком сложную, чтобы углубляться. А ведь там — целый мир, и для кого-то знакомство с ним может стать делом всей жизни», — говорит Варвара. Ей вторит Владимир: «Есть стереотип, что у нашего поколения нет хобби, нет увлечений. Такие занятия помогают найти себе дело по душе».

Обнинск

Егор Царапкин учится в 11-м классе школы № 17 города Обнинска и собирается поступать в МИФИ на направление, связанное с материаловедением. Он прекрасно осведомлен о «непростой репутации» этой дисциплины среди всех, кто занимается точными науками. И все же менять свое решение не намерен. Подготовка к экзаменам в полном разгаре, но, по его собственным словам, он все равно периодически посещает обнинский ИЦАЭ.

«Меня всегда интересовало, как устроен наш мир. Возможно, одна из причин в том, что оба моих родителя — инженеры. Генетика это или привитый в процессе воспитания особый взгляд на мир — сказать не берусь. Но сколько себя помню, при всем уважении к гуманитарным дисциплинам, не меньше красоты и, если угодно, поэзии я находил в естественных науках. Еще я большой фанат атомной энергетики (наверное, не нужно объяснять почему), люблю читать техническую литературу», — рассказывает о себе Егор.

В ИЦАЭ Обнинска его привел случай. «Как-то раз летом мы с другом вышли погулять. Город у нас маленький, так что очень скоро, обойдя весь город вдоль и поперек, услышали музыку. Оказалось, это было открытие ИЦАЭ Обнинска. Заинтересовались, зашли, а там как раз была лекция о физике в фантастическом кино от Марка Ширченко, старшего научного сотрудника Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и по совместительству одного из переводчиков ситкома «Теория Большого взрыва». Так я и стал постоянным гостем мероприятий центра», — говорит Егор.

По его собственным словам, он очень давно ждал, когда в Обнинске откроется что-то похожее на ИЦАЭ. «Мне всегда нравилось отдыхать от учебы именно таким образом: не прокрастинируя, а переключаясь на что-то новое. А здесь прямо такой вайб интеллигентности. Поэтому сюда и приходиться очень интересно. Здесь и лекции прикольные, и очень много интересных людей, с которыми можно просто побеседовать на волнующие конкретно меня

темы, — делится Егор и добавляет: — В «БрейнШейкере» я тоже не раз участвовал. Но сейчас вся моя команда готовится к ЕГЭ, так что теперь я, можно так сказать, «прибился» к команде десятиклассников из нашей же школы».

Егор говорит, что с детства мечтал быть ученым. Более того, у него всегда было представление, что молодой ученый — это круто. «Но в целом я уверен, что для большинства моих сверстников ученый — это, например, Менделеев или Эйнштейн, то есть что-то такое академичное и не слишком интересное», — полагает он.

В вопросе форматов он также просит на себя не равняться. «Я, к сожалению или к счастью, отношусь к тому типу людей, которым будет действительно интересно полтора часа слушать про квантовую физику. Но все-таки небольшие перерывы надо делать. Увы, мы живем в такой реальности, когда у детей, да и не только, большие проблемы с концентрацией. Поделаться что-то руками, переключиться даже не на другую тему, а на другой тип деятельности — хороший инструмент. Соглашусь и с тем, что соревновательность — очень важный момент. Когда есть какой-то приз — это сильно мотивирует. Вероятно, поэтому я всегда на лекциях в ИЦАЭ стараюсь засыпать спикера вопросами — очень люблю выигрывать и очень люблю книги», — рассказывает Егор Царапкин.

От коротких интервью с молодыми, едва определившимися со своим призванием людьми вряд ли стоит ждать революционных открытий. Да, мы узнали, что современные форматы просвещения должны сочетать теорию с практикой, обязательно включать элемент соревновательности и давать возможность живого общения с единомышленниками. Что именно такой подход позволяет не только и не столько передавать знания, сколько изменить стереотипное восприятие профессии ученого, показать, что наука — это не скучные расчеты в одиночестве, а увлекательный процесс, полный открытий и живого общения. Что ИЦАЭ в этом смысле не еще один ментор, а, скорее, площадка, где школьники и студенты могут убедиться, что они не одиноки в своих увлечениях, и получить мощный импульс для дальнейшего развития.

«Наш космос» стал нам чуть-чуть ближе, чуть-чуть понятнее. Но, вероятно, куда важнее, что Информационные центры по атомной энергии помогли этим и тысячам других молодых людей освоиться и сориентироваться в своем собственном космосе, таинственном, неизведанном и полном приключений, которым является их большая жизнь.



Текст: Федор Буйновский,
обозреватель «Вестника атомпрома»

Кто пишет историю

Дата-центры как материальное выражение информационной власти

18 апреля 2026 года компания Palantir Technologies опубликовала 22 тезиса, которые критики немедленно назвали технофашистским манифестом. Почему корпоративный текст вызвал такой резонанс, объясняет теория информационных сетей.

Корпорация с доктриной

Palantir Technologies — компания, специализирующаяся на анализе больших данных для американских военных, спецслужб и правоохранительных органов. Основанная в 2003 году Питером Тилем и Алексом Карпом при начальном финансировании ЦРУ, она строит системы предиктивной аналитики для Министерства обороны США, АНБ, британского Министерства обороны, Армии обороны Израиля и десятков других ведомств. Годовая выручка в 2025 году составила \$4,5 млрд — рост на 56% год к году.

18 апреля 2026 года компания разместила в сети X документ, представленный как «краткое изложение» книги гендиректора Алекса Карпа «Технологическая республика: жесткая сила, мягкая вера и будущее Запада». Текст из 22 пунктов набрал 32 млн просмотров за несколько дней.

Среди ключевых тезисов: инженерная элита Кремниевой долины «обязана участвовать в обороне нации»; «жесткая сила в этом веке будет построена на программном обеспечении»; «послевоенное разоружение Германии и Японии должно быть отменено»; ряд культур назван «регрессивными» и «вредными»; всеобщая воинская обязанность — «универсальным долгом».

Реакция была незамедлительной. Аналитики *BuLine Times* описали документ

как попытку превратить частный сектор неизбираемых инженеров в политический класс с гражданскими полномочиями. Философ Марк Кокельберг назвал это «технофашизмом» — идеологией, при которой «трение» демократических процессов воспринимается не как свойство системы, а как ошибка, подлежащая устранению. Акции компании снизились в ближайший торговый день.

Информация создает порядок, а не отражает истину

Для анализа происходящего полезна книга историка Юваля Ноя Харари «Nexus. Краткая история информационных сетей от каменного века до искусственного интеллекта» (2024). Харари оспаривает «наивный взгляд» — представление о том, что больше данных автоматически означает больше мудрости. Реальная функция информации иная: она создает и поддерживает социальный порядок, объединяя людей вокруг нарративов. Правдивых или нет — вопрос вторичный.

Любое масштабное общество держится на двух опорах — мифологии (нарративы, легитимирующие власть) и бюрократии (правила, обеспечивающие управляемость). Власть принадлежит тем, кто контролирует узлы информационной сети, будь то жрецы, хранящие священные тексты, или алгоритмы, определяющие ленту пользователя.

Ключевое противопоставление

Идеи, изложенные в документе Palantir Technologies, — это очевидное противопоставление тезисам Юваля Н. Харари, по мнению которого демократия — это распределенная сеть с механизмами самокоррекции (где суды, пресса и наука работают как параллельные независимые каналы), а тоталитаризм представляет

собой централизованную сеть, стремящуюся направить всю информацию через единственный узел. У Харари технологии не определяют исход: телеграф и радио одинаково служили и демократии, и диктатуре.

ИИ меняет ситуацию принципиально. Вот яркий пример: в 2016–2017 годах алгоритмы социальных сетей в Мьянме самостоятельно продвигали контент, разжигающий ненависть к меньшинству рохинджа, — система оптимизировала вовлеченность и обнаружила, что возмутительный контент работает эффективнее. Алгоритм стал участником событий, а не просто инструментом.

Физическая карта власти

Глобальная карта дата-центров — это материальное выражение информационной власти. По данным на начало 2026 года, в мире работает свыше 12 400 центров обработки данных в 110 странах. США контролируют около 45% — 5427 объектов. Только Северная Виргиния сосредоточила 4039 МВт вычислительных мощностей и потребляет свыше 25% всей электроэнергии штата. Четыре американских гиперскейл-провайдера совокупно владеют 44% мировой емкости хранения и обработки данных.

Параллельно формируется то, что Харари называет «кремниевым занавесом». Китай последовательно строит изолированную экосистему: 449 дата-центров, собственное оборудование и ПО, закрытые правила доступа. США ограничивают экспорт микросхем и требуют от союзников отказа от китайской инфраструктуры. Между двумя системами информация проникает все хуже.

Для недоинвестированных регионов (на всю Латинскую Америку приходится

654 дата-центра, а на Ближний Восток и Африку — всего 287) это означает структурную зависимость от одного из полюсов. По прогнозам, 70% из \$15,7 трлн, которые ИИ добавит к мировой экономике к 2030 году, осядут в Китае и Северной Америке.

Суверенитет как информационная инфраструктура

Для государств, стремящихся сохранить независимость, манифест Palantir и карта дата-центров вместе рожают один и тот же вопрос: возможен ли политический суверенитет без суверенитета информационного? По логике Харари — нет. Если власть определяется контролем над узлами информационной сети, то государство, чьи данные обрабатываются на чужих серверах по чужим алгоритмам, структурно зависимо даже при наличии формальных атрибутов независимости: флага, конституции и места в ООН.

Это не теоретическая угроза. Страны с минимальной собственной инфраструктурой, а их большинство (в Африке, к югу от Сахары, работает менее 100 дата-центров на регион с населением свыше 1 млрд человек), уже сегодня отдают данные своих граждан, государственных органов и бизнеса на обработку американским или китайским корпоративным алгоритмам. Рекомендательные системы формируют медиапространство, кредитные модели определяют доступ к финансам, а системы предиктивной аналитики влияют на решения в сфере безопасности — все это происходит по правилам, установленным за пределами страны.

Европейский союз предпринял наиболее систематизированную попытку выстроить такую политику. Общий регламент по защите данных (GDPR), принятый в 2018 году, закрепил право граждан на контроль над личными данными и создал механизм ответственности для компаний, работающих с европейскими пользователями вне зависимости от юрисдикции. Инициатива Gaia-X — попытка создать европейскую облачную инфраструктуру с собственными стандартами. Принятый в 2024 году Акт об искусственном интеллекте ввел классификацию рисков и обязательства по прозрачности для систем ИИ, применяемых на территории союза. Это — попытка регулировать не только данные, но и сами алгоритмы как политически значимые объекты.

Результаты неоднозначны. GDPR создал реальные издержки для нарушителей, однако не изменил базового дисбаланса: европейские граждане по-прежнему пользуются преимущественно американскими платформами, а Gaia-X не стала конкурентом AWS или Azure. Тем не менее сам прецедент значим: регион с населением 450 млн человек показал, что демократическая надстройка над коммерческой инфраструктурой возможна — это не утопия, а вопрос политической воли и ресурсов.

Для государств меньшего масштаба доступны несколько стратегий, каждая со своими издержками. Первая — локализация данных: законодательное требование хранить данные граждан и государственных органов на серверах внутри страны. Россия, Китай, Индонезия, Индия ввели такие нормы в разных конфигурациях. Издержки — рост затрат для бизнеса и риск технологической изоляции. Вторая

стратегия — участие в многосторонних рамочных соглашениях по ИИ. Прецедентом международной координации, пусть и без механизмов принуждения, можно считать Блетчлийскую декларацию 2023 года, подписанную почти 30 государствами, которая зафиксировала принцип совместного управления рисками продвинутого ИИ. Третья стратегия — инвестиции в собственную инфраструктуру как элемент национальной безопасности: Саудовская Аравия направляет около 50% всех планируемых инвестиций в дата-центры Ближневосточного региона именно под этим углом.

Харари предупреждает о ловушке, в которую легко попасть: стремление к информационному суверенитету через полную изоляцию воспроизводит логику централизованной сети — со всеми ее структурными уязвимостями. Закрытая система лишается механизмов самокоррекции, которые обеспечиваются именно конкуренцией и внешней проверкой. Китайский «Великий фаервол» защищает от информационного колониализма, но одновременно создает информационный пузырь, делающий в долгосрочной перспективе систему хрупкой.

Устойчивая политика информационного суверенитета, по всей видимости, требует не изоляции, а трех взаимосвязанных элементов: собственной минимальной вычислительной инфраструктуры для критически важных государственных функций, участия в международных механизмах управления ИИ и, что принципиально, сохранения внутренних механизмов самокоррекции — независимых институтов, способных оценивать, как алгоритмы влияют на жизнь граждан.

Куда указывает экстраполяция

Palantir, публикуя документ, не рекламировала продукт. Она артикулировала доктрину: технологическая элита обязана обеспечивать превосходство одной системы над другой, а этическая нейтральность инженеров — ложная позиция. По логике Харари, это классическое мифотворчество на службе централизующейся информационной сети.

Чем больше вычислительных мощностей концентрируется у нескольких акторов, тем сильнее их способность задавать правила работы алгоритмов и формировать нарративы, которые видит глобальная аудитория. Гиперскейл-монополия в сфере ИИ-инфраструктуры — не техническая

проблема. Это вопрос о том, кто будет контролировать узлы информационной сети следующего поколения.

Харари напоминает: мощные информационные сети совершали катастрофические ошибки именно тогда, когда лишались механизмов самокоррекции. Документ Palantir — независимо от намерений авторов — описывает сеть, в которой само «трение» этих механизмов объявлено недостатком.

Этот вопрос давно вышел за пределы корпоративной политики одной компании.

