

# ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№2 | март | 2026

Главная тема

## Уран

*Как решаются задачи по  
увеличению минерально-сырьевой  
базы для атомной энергетики*

В номере

---

Инфраструктурные решения 4

---

Квантовые технологии 24

---

Женское сообщество 40

---



## Уважаемые читатели!

Добыча урана представляет собой начальный и критически важный этап ядерного топливного цикла. Прогнозируемый рост мощностей ядерной энергетики в ближайшие десятилетия требует не только развития новых ядерных энергетических технологий, в том числе связанных с замыканием ЯТЦ, но и увеличения добычи урана. Это не просто коммерческая задача, а фундамент для обеспечения энергетической устойчивости. Материалы главной темы номера рассказывают о том, как Горнорудный дивизион «Росатома» наращивает ресурсную базу, где российские геологи ищут новые месторождения урана и как квантовые технологии помогают в геофизических исследованиях.

Развитию квантовых технологий в России посвящена вторая большая тема номера. Мы рассказываем о работе ученых и инженеров, ведущейся в рамках дорожной карты высокотехнологичной области «Квантовые вычисления», за реализацию которой отвечает «Росатом», и стратегических планах развития квантовых вычислений в атомной отрасли.

Также вы узнаете о направлениях работы дивизиона «Росатом Инфраструктурные решения», о деятельности Женского сообщества «Росатома», о том, как связано глобальное изменение климата и погодные сюрпризы прошедшей зимы, и о том, как избыток информации влияет на работу мозга.

**ВЕСТНИК  
АТОМПРОМА**

№ 2, март 2026 года

Информационно-  
аналитическое  
издание



**Фото на обложке**

Госкорпорация «Росатом» /  
Артем Изофатов

**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: 31.03.2026

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-002/26.

## Содержание

	ПРЯМАЯ РЕЧЬ	<b>Энергия созидания</b> 4 <i>Ксения Сухотина, глава «Росатом Инфраструктурные решения», — о том, как РИР решает задачи государственной важности</i>	<b>«Мы готовимся к перелому в вычислительной парадигме»</b> 30 <i>Николай Колачевский, научный руководитель дорожной карты по квантовым вычислениям, — о результатах работы и задачах на 2026 год</i>
Главная тема	ПРОИЗВОДСТВО	<b>Навстречу недрам</b> 9 <i>Горнорудный дивизион «Росатома» наращивает ресурсную базу</i>	<b>Коаксиальная, сверхпроводящая, своя</b> 36 <i>Еще один шаг к российскому квантовому компьютеру</i>
	ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА	<b>Уран на будущее</b> 12 <i>Как геологи в России ищут новые месторождения радиоактивного металла</i>	<b>Женский потенциал высоких технологий</b> 40 <i>Международные инициативы «Росатома» в интересах женщин</i>
	ОБЗОР	<b>Урановая семерка</b> 16 <i>Обзор деятельности «малых» уранодобывающих компаний</i>	<b>«Сосредоточенное внимание — это ваш сознательный выбор»</b> 44 <i>Быстрый дофамин против глубокого чтения: меняет ли изобилие информации человеческий мозг?</i>
	ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ	<b>Кванты на службе геологоразведки</b> 22 <i>Как квантовые сенсоры помогают в геофизических исследованиях: введение в тему</i>	<b>Зимний стресс-тест</b> 48 <i>Метеорологи объясняют, что стоит за погодными аномалиями прошедшей зимы</i>
	Квантовые технологии	<b>Квантовое измерение в новом масштабе</b> 25 <i>Результаты реализации дорожной карты и стратегические планы развития квантовых вычислений в атомной отрасли</i>	<b>Искусство делиться</b> 52 <i>Люди и дело: как мечты становятся проектами</i>
		<b>Кванты берут в расчет</b> 28 <i>Направления развития квантовых технологий в России</i>	<b>Алгоритм, который знает тебя лучше тебя</b> 56 <i>Как искусственный интеллект, обученный на наших данных, стал нашим вторым «я»</i>

# Энергия созидания

Как РИР решает задачи государственной важности



**Внедрять видеонаблюдение в атомных городах и одновременно обеспечивать работу критических систем в приграничье — задачи разного порядка, но для Ксении Сухотиной они части единого уравнения. Глава «Росатом Инфраструктурные решения» (РИР) рассказала «Вестнику атомпрома» о том, как цифровые продукты дивизиона улучшают качество жизни людей и чем в этом помогает искусственный интеллект, как решаются задачи в области достижения технологического суверенитета и почему о работе специалистов дивизиона можно писать книги и снимать фильмы.**

## Результаты в деталях

— Ксения Анатольевна, нынешний РИР — многопрофильный холдинг, полноценный дивизион в структуре госкорпорации. С какими главными финансовыми и производственными показателями вы вошли в 2026 год?

— Как и вся страна, мы работаем в очень сложной экономической и геополитической обстановке. На это накладывается тяжелая оперативная обстановка в приграничных регионах, прежде всего в Белгородской, Курской, Орловской и Воронежской областях. Практически ежедневно эти регионы подвергаются обстрелам, и объекты энергетики стали постоянными целями противника. В Белгородской области, помимо ТЭЦ, у нас расположены производственные мощности для изготовления оборудования в рамках проекта «Умный город»: аппаратных комплексов для видеонаблюдения, смарт-шлюзов. Это тоже накладывает свой отпечаток.

Тем не менее мы полностью выполнили производственную и инвестиционную программы 2025 года. В частности, пять наших проектов включены в федеральную программу комплексной модернизации генерирующих мощностей на 2029–2031 годы — это четыре проекта в Белгороде и один в Северске. Это позволит нам модернизировать оборудование и получить компенсацию вложенных средств.

Мы продолжаем развивать технологии «умного города». В прошлом году выручка от реализации цифровых проектов составила 1,5 млрд рублей. Из крупных проектов я выделю решение для транспортной безопасности в Нижнем Новгороде, которое включало в себя установку 500 камер на четырех мостах, обеспечение видеопотока, интеграцию семи подсистем безопасности между собой и в Единый диспетчерский центр.

Если говорить о финансовых показателях, то выручка дивизиона выросла на 10% по сравнению с 2024 годом и составила 103,1 млрд рублей.

— В прошлом году вам удалось справиться с серьезным технологическим вызовом — наладить обслуживание зарубежных турбин. Расскажите об этом подробнее.

— Действительно, наш сервисный центр освоил полный цикл ремонта газотурбинных установок (ГТУ) зарубежного производства — General Electric и Siemens. Да, есть большие сложности

# на 10%

выросла выручка дивизиона в 2025 году по сравнению с 2024-м, составив 103,1 млрд рублей

с поставкой запчастей и необходимых материалов, но сами работы наши специалисты выполняют безупречно. Подтверждением тому является бесперебойная работа турбоустановок в Воронеже, Курске, Тамбове и других городах, где мы проводили ремонты. К слову, один средний ремонт двигателя ГТУ — это более 500 производственных операций. В процессе развития сервисного центра мы создали ряд полностью собственных технологий по восстановлению рабочих частей, которые не уступают по качеству и эффективности решениям изготовителей оборудования, а где-то и превосходят их.

### Как «умнеют» города

— Программные продукты РИР заменили зарубежные аналоги в управлении ресурсоснабжением?

— Здесь я бы говорила не только о продуктах РИР, а вообще в целом о вкладе «Росатома» в достижение технологического суверенитета. Наша работа — часть этой комплексной задачи. ЖКХ и энергетика — достаточно консервативные отрасли с большими ограничениями по бюджетам в связи с тарифным регулированием, поэтому изменения здесь идут поступательно.

Наш продукт «Цифровое ресурсоснабжение» используется в Краснодаре, Воронеже, Обнинске, Глазове, Липецке и в других городах. С помощью другого продукта — «Инфраструктурная IoT-платформа» — мы импортозаместили зарубежные SCADA-системы. Сегодня наша платформа работает лучше и эффективнее зарубежных аналогов. А это, по сути, мозг систем управления производством или инженерными системами. Она собирает и анализирует информацию с десятков или сотен датчиков или устройств. Представьте, какой объем информации может утекать в случае использования зарубежных систем.

— Как изменился функционал системы «Умный город» за последний год? Стали ли вы больше использовать искусственный интеллект для предупреждения аварий на сетях?

— В 2025 году мы реализовали порядка 40 проектов в рамках экосистемы «Умный город» как в городах, так и в регионах. Это не только сервисы для муниципалитета и жителей, но и другие цифровые решения, в том числе для управления зданиями, ЖКХ, городским транспортом. В приоритете у нас объединение больших данных и инструментов искусственного интеллекта, чтобы повысить управляемость процессов

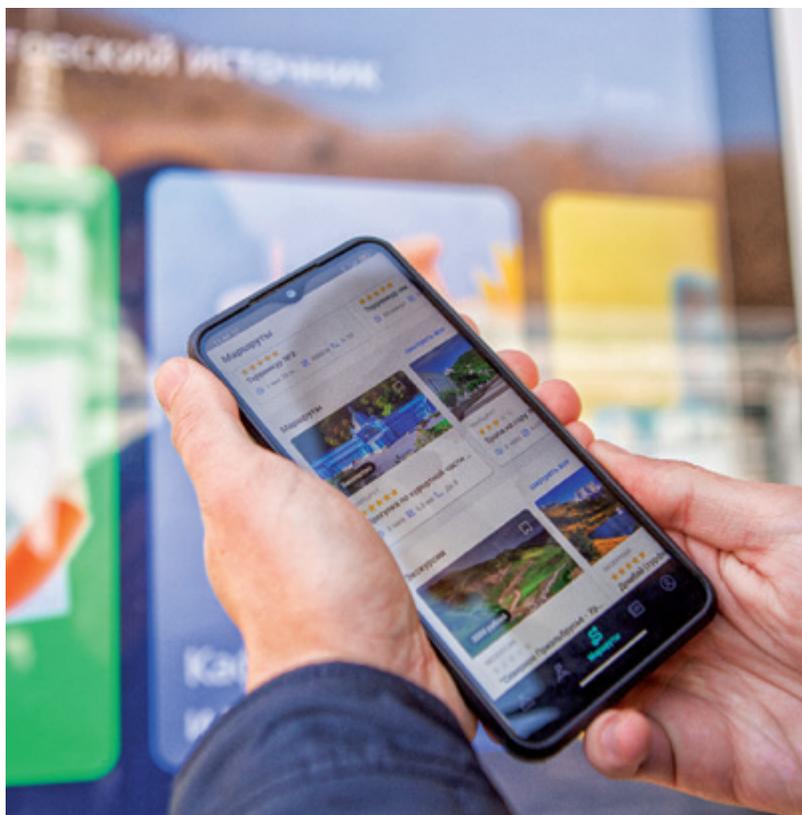
и снизить операционные затраты. Показательный пример — внедрение технологий искусственного интеллекта в управление ЖКХ Обнинска. Это позволило автоматизировать до 80% диспетчерских операций и сократить время реагирования на инциденты в 6 раз — с 6 часов до 1 часа. Фактически мы внедрили предиктивную аналитику, которая позволяет предупреждать аварии на сетях еще до их возникновения.

Сегодня сервисами платформы постоянно пользуются 74 тыс. человек. Через модуль обратной связи решено более 70 тыс. вопросов жителей, из которых 20 тыс. — в 2025 году. География всех цифровых проектов охватывает более 200 городов и 15 регионов.

— Насколько система помогает мэрам экономить бюджетные средства? Есть ли конкретные цифры по снижению издержек? Или, наоборот, росту доходов муниципалитетов?

— Сокращаются расходы на различные муниципальные функции, будь то вывоз отходов или потребление ресурсов школами, больницами, детсадами. В городах, где система работает несколько лет, снижается на 30–40% число обращений граждан по повторяющимся проблемам, что говорит о повышении качества работы коммунальных служб и, соответственно, об оптимизации расходов на устранение одних и тех же недостатков.

В городах драйвером пополнения бюджета стали «умные» парковки. Мы в этом случае выступаем как



# > 200 городов

в 15 регионах охватывает география цифровых продуктов РИР

# ~ 40 проектов

в рамках экосистемы «Умный город» реализовано в 2025 году

технологический партнер: ставим камеры, настраиваем передачу данных, разработали для жителей приложение для оплаты парковок, в нем люди могут видеть, где есть свободные места. Реализованные в 2025 году проекты в Уфе, Саратове, Новосибирске и других городах позволили разгрузить улично-дорожную сеть и упорядочить трафик. Расчеты показывают, что при организации парковочного пространства экономический эффект в среднем позволяет окупить затраты муниципалитета менее чем за два года. А для людей это прежде всего отсутствие стихийных парковок, сокращение пробок, комфорт и удобство.

— **Как цифровые сервисы РИР меняют жизнь обычного человека? Стало ли проще взаимодействовать с властью и ресурсоснабжающими организациями через ваши мобильные приложения?**

— Через модули обратной связи жители могут напрямую сообщать о проблемах в городском хозяйстве — от ям на дорогах до неработающего освещения. Нейросети автоматически классифицируют обращения, направляют их в нужные службы и формируют уведомления о ходе решения проблемы. Чаще всего это стандартные обращения по поводу качества уборки, наличия воды и тепла в квартирах, работы общественного транспорта, вывоза мусора. Например, этой зимой, которая оказалась более снежной, чем прошлые, муниципалитеты оперативнее реагировали на обращения жителей по вопросу уборки снега. Оператор видит на карте районы города, где наибольшее количество жалоб, и направляет технику туда, где она нужнее.

### Приросли «Квадрой»

— В 2023 году в состав дивизиона вошла компания «Квадра», теперь она называется «РИР Энерго». Интеграция уже завершилась? Как изменилась работа компании в процессе интеграции?

— Создание общей системы управления — сложнейшая задача. Мы выстраивали работу на базе отраслевой корпоративной культуры и производственной системы. Оптимизировали процессы, сократили

издержки, убрали дублирующиеся функции. В процессе интеграции взаимно обогатились лучшими практиками и компетенциями. РИР и «РИР Энерго» — два разных юрлица, однако компания работает как единый организм.

Положительные изменения отмечают и клиенты — потребители тепла и горячей воды. Мы ежегодно проводим опросы по качеству клиентского обслуживания (индекс удовлетворенности клиентов, CSI. — *Примеч. ред.*). По итогам 2025 года он составил 4,41 пункта из 5, что является очень хорошим результатом. Наш первый показатель был в районе 3,5. Кстати, проект интеграции был признан одной из лучших практик на отраслевом уровне, за что наши сотрудники были удостоены звания «Человек года Росатома».

В 2024 году мы запустили программу по улучшению санитарно-бытовых условий на наших производственных объектах. За это время отремонтировано почти 300 помещений. Это туалетные комнаты, обеденные помещения, душевые. Человек, находясь на работе, должен чувствовать себя комфортно. За 2026 и 2027 годы мы планируем отремонтировать оставшиеся 300 помещений и таким образом полностью завершим программу.

— **После объединения с «Квадрой» на карте РИР появились новые регионы, где работает дивизион. В том числе это приграничные регионы, где очень сложная оперативная обстановка. Как вы справляетесь с этими вызовами?**

— Я не могу говорить на эту тему подробно. Отмечу лишь безграничное мужество и преданность делу наших сотрудников. Особенно работников белгородского филиала. Даже в самых тяжелых условиях, в январе и феврале 2026 года, когда Белгород подвергся самым массовым обстрелам за все время СВО, наши специалисты, работая круглые сутки, оперативно восстанавливали работу всех теплоисточников и запускали теплоснабжение. И к безмерному сожалению, у нас есть потери. 13 февраля в результате очередного массового обстрела города на рабочих местах погибли два сотрудника Белгородской ТЭЦ. Еще пять человек получили ранения. Это трагедия, которую невозможно принять.

Я искренне считаю, что о работе наших приграничных филиалов можно написать не одну книгу или снять не один фильм — здесь работают настоящие герои.

### В тесном партнерстве

— **Как у вас выстроено взаимодействие с администрациями регионов присутствия?**

— Мы стремимся развивать партнерские отношения, в том числе участвуя в больших региональных проектах. В частности, в Липецке наши специалисты готовят инфраструктурный раздел мастер-плана развития города. В Курске мы участвуем в подготовке

к тысячелетию города: создаем в центре города новую точку притяжения для жителей и туристов. В рамках этого проекта запланирована компактизация Курской ТЭЦ-4, благодаря чему мы высвободим 2,4 га площади. Совместно с регионом на этом участке создадим парк с часовней возле источника Феодосия Печерского. Напомню, что преподобный Феодосий Печерский, один из основателей Киево-Печерской лавры, является знаковой личностью для Курска. По преданию, в колодце на берегу реки Тускарь юный Феодосий набирал воду для изготовления просфор. В 1920-е годы источник был завален землей и считался утраченным вплоть до 2010-х годов, когда его на территории современной ТЭЦ-4 обнаружили археологи. Сейчас мы готовим проектные решения для парка. Похожий проект прорабатывается в Смоленске, где выведенная из эксплуатации ТЭЦ находится в центре города.

Мы активно работаем с региональными и федеральными органами власти по привлечению господдержки для модернизации оборудования и теплосетей. На сегодняшний день на период до 2028 года привлечено около 1,9 млрд рублей таких средств.

— **Концессионные соглашения РИР заключает с регионами на десятилетия. Как в нынешних экономических условиях (волатильность ставок, стоимость материалов) вам удается соблюдать финансовые модели проектов?**

— Благодаря высокой вовлеченности и эффективной работе проектных команд и тех, кто задействован в этом процессе на местах. Вот пример: в 2024 году мы в рамках концессии запустили в Южно-Сахалинске котельную, построенную практически за год. Объект был введен в полном соответствии с договорными сроками и стоимостью. Сейчас мы приступаем к строительно-монтажным работам по другому концессионному объекту в Южно-Сахалинске — котельной на Бумажной улице. В 2025 году в Обнинске мы завершили строительство ключевого коммунального объекта — нового коллектора. Это одно из основных наших обязательств в рамках концессии, и оно было выполнено в срок.

Естественно, текущая ситуация вносит свои коррективы. Поэтому там, где необходимо, мы ведем переговоры об изменениях в условиях концессии, привлекаем дополнительное финансирование.

— **Как вы решаете проблему дефицита кадров на местах и как выстраиваете систему подготовки специалистов, которые придут к вам в будущем? Ведь РИР сегодня нужны как инженеры, так и программисты.**

— Сегодня уже недостаточно просто предлагать хорошую зарплату. Тем более в энергетике и ЖКХ зарплаты, к сожалению, ограничены тарифными решениями регуляторов, и во многих регионах они ниже средней по региону. Поэтому нужна комплексная работа с кадрами — от привлечения студентов

Когда содержание и ремонт изношенных объектов инфраструктуры, находящихся в государственной собственности, становится тяжелой нагрузкой на бюджет, на помощь приходит концессионное соглашение. Суть его проста: государство в лице региона или муниципалитета передает право пользоваться такими объектами компании-концессионеру, а тот, в свою очередь, обязуется модернизировать их опережающими темпами. По окончании соглашения компания возвращает обновленные объекты в собственность субъекта.

до непрерывного развития компетенций действующих сотрудников.

Мы запустили программу внутренней ротации, когда сотрудник может переехать из одного регионального филиала в другой на более высокую должностную позицию. Этой программой уже воспользовались более 20 человек.

Как дивизион «Росатома», мы включаем свои технологии и продукты в образовательную систему, проводим дни карьеры в вузах, организовываем специальные конкурсы, на которых отбираются студенты для стажировок. Регулярно проводим экскурсии школьников и студентов на наши объекты. Для действующих сотрудников мы ежегодно индексируем заработную плату, улучшаем условия труда, предоставляем все возможности отраслевой социальной политики — одной из самых лучших в стране.



# Сырье для больших энергий

Уран — это фундамент ядерной энергетики, основной вид топлива, используемый в одной из ключевых низкоуглеродных технологий генерации электроэнергии. Это единственный элемент таблицы Менделеева, у которого есть встречающийся в природе изотоп — уран-235, дающий возможность осуществления управляемой цепной реакции деления в ядерных реакторах. По расчетам МАГАТЭ, из уранового топлива объемом с одно куриное яйцо можно произвести такое же количество электроэнергии, как из 88 тонн угля, и это примерно столько, сколько потребляет среднестатистический житель планеты за всю жизнь. Особенно важно, что использование уранового топлива, в отличие от ископаемых углеводородных источников энергии, не вызывает выбросов парниковых газов, то есть позволяет сдерживать темпы глобальных климатических изменений.

Растущие мировые потребности в мощных, надежных и устойчивых источниках чистой электроэнергии, в том числе для обеспечения нужд центров обработки данных, вызвали новую волну ренессанса ядерной энергетики. Более трех десятков стран, среди которых как государства с действующими АЭС, так и страны-новички, заявили

о поддержке глобальной инициативы по трехкратному увеличению мощностей ядерной энергетики к 2050 году и о намерении строить новые энергоблоки. Чтобы эти амбициозные планы не столкнулись с дефицитом урана, мировой уранодобывающей промышленности необходимо не только наращивать мощности на действующих месторождениях, но и активно инвестировать в геологоразведку и запуск новых проектов.

Горнорудный дивизион «Росатома» (управляющая компания — АО «Росатом Недр») входит в число крупнейших производителей природного урана в мире и является лидером по добыче урана в России. Предприятия дивизиона осуществляют весь комплекс работ по уранодобыче: от геологоразведки, опытных и проектных работ до рекультивации и вывода производственных объектов из эксплуатации. Более 60% урана добывается экономически эффективным и экологически безопасным методом скважинного подземного выщелачивания. Помимо добычи урана, Горнорудный дивизион активно развивает неурановые направления бизнеса, осуществляя реализацию проектов по добыче золота, лития, редких и редкоземельных металлов.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: АО «Росатом Недра», ППГХО

# Навстречу недрам

*Горнорудный дивизион «Росатома» наращивает ресурсную базу*



**2025 год в «Росатоме» был объявлен годом решения нерешаемых проблем. Уранодобывающие предприятия, входящие в «Росатом Недра», справились: несмотря на продолжающееся санкционное давление и внутреннюю политику охлаждения экономики, в прошлом году они полностью выполнили планы по выпуску концентрата природного урана. Параллельно они развивали ресурсную базу: строили или готовили к строительству новые рудники. Аналогичные задачи стоят и в 2026 году. Самое важное и сложное впереди — «разбудить» Элькон.**

«Мы понимали, что надо приложить максимум усилий, мобилизовать все свои резервы, чтобы успешно пройти 2025 год, и это нам удалось, — прокомментировал результаты дивизиона в 2025 году на встрече с заинтересованными сторонами исполнительный директор АО «Росатом Недра» Виктор Святецкий. — Предприятия Горнорудного дивизиона полностью выполнили производственный план по добыче урана».

## ППГХО

Работа на рудниках Приаргунского производственного горно-химического объединения (ППГХО) непростая: растут цены на расходные материалы, действующие запасы истощаются, в отработку вовлекаются дальние фланги и глубокие горизонты. Для снижения затрат оперативно внедрялись различные инженерные решения. На гидрометаллургическом заводе (ГМЗ) скорректированы технологические процессы: проводили опытные работы, изменяя параметры расхода химических реагентов для повышения коэффициента извлечения урана из руды.

Для повышения безопасности труда в шахтах в опытно-промышленную эксплуатацию была введена система многофункциональной связи, наблюдения, оповещения и поиска людей «Радиус». Она позволяет определить местонахождение сотрудников в горных выработках.

У ППГХО три проекта развития — освоение Широудуйского месторождения, строительство рудника № 6 и строительство нового гидрометаллургического завода.



### **Виктор Святецкий**

Первый заместитель генерального директора — исполнительный директор АО «Росатом Недр»:

— Наша ключевая задача — наращивать минерально-сырьевую базу урана для обеспечения потребностей российской атомной энергетики. Сегодня уже есть договоренность с Роснедрами и Министерством природных ресурсов и экологии о создании рабочей группы по развитию минерально-сырьевой базы. В 2026 году мы выполним основной объем горно-капитальных работ на Шиرونдукуйском месторождении для дальнейшей добычи на нем около 400 тонн урана начиная с 2028 года. Начнем проходческие работы в стволе 20В рудника №6, прервав 30-летний простой по работам в стволе. Примем все усилия для вывода из «спящего» режима проекта «Элькон». На сегодняшний день это урановое месторождение обладает самыми большими запасами в России.

В феврале 2025 года ППГХО получило лицензию на недропользование на Широндукуйском месторождении. В августе Главгосэкспертиза выдала положительное заключение на проект освоения месторождения. Во втором полугодии 2025 года началась подготовка к строительству уклона с поверхности и к проходке горных выработок на четвертом горизонте. Для вентиляции и выдачи руды с Широндукуйского будет использована инфраструктура рудника №1, к которому примыкает месторождение. В этом году строительные и горнопроходческие работы на Широндукуе продолжатся. Начало добычи планируется в 2028 году.

На руднике №6 продолжается строительство (рудник начали строить в середине 1980-х, но вскоре объект законсервировали). В 2025 году были откачаны шахтные воды до 14-го горизонта ствола 19РЭШ (разведочно-эксплуатационной шахты), в безопасное состояние приведен вертикальный шахтный ствол 20В. В этом году начнется подготовка к горным работам на шахтном стволе 19РЭШ. Начало горнопроходческих работ и попутной добычи запланировано на 2030 год.

«ВНИПИпромтехнологии» начал проектирование нового ГМЗ для ППГХО. Планируется, что завод будет

запущен в эксплуатацию в 2033 году. Новый завод нужен для переработки карбонатных руд. Ими сложены месторождения, которые будут отрабатывать на руднике №6. Сейчас действующий ГМЗ перерабатывает алюмосиликатные руды. Перерабатывать их вместе нельзя, требуется иной технологический процесс.

ППГХО повысило производительность труда и снизило текучесть кадров, несмотря на высокую конкуренцию со стороны других предприятий Забайкальского края. Помогают программы повышения квалификации и привлекательный социальный пакет, отметил на встрече с заинтересованными сторонами гендиректор ППГХО Иван Киселев.

### **«Хиагда»**

«Хиагда» добывает уран на Хиагдинском, Источном, Вершинном, Количканском и Дыбрынском месторождениях. Дыбрынское продолжают поэтапно осваивать. Так, в 2025 году там были завершены работы второго этапа освоения (первый был завершён в 2023 году), построена локальная сорбционная установка. Начаты работы третьего этапа, в этом году они продолжатся.

В прошлом году начали освоение Намаруского месторождения, получили положительное заключение Главгосэкспертизы на проектную документацию строительства магистрального трубопровода и полигона скважинного подземного выщелачивания. Также построили вторую очередь вахтового поселка, автогаражное хозяйство, модернизировали подстанцию. В 2026 году начали строить новый контрольно-пропускной пункт в цехе подземного выщелачивания и защитные сооружения.

Также в этом году начнется освоение Тетрахского месторождения, расположенного на юго-западе Хиагдинского рудного поля, чуть в стороне от дороги между основной площадкой и Дыбрынским месторождением, на котором планируется начать разведочные работы в 2026 году.

### **«Далур»**

На «Далуре» все месторождения, обеспечивающие работу предприятия, вовлечены в эксплуатацию. «Далур» получил первый уран с Добровольного месторождения и подготовил задание на проектирование предприятия по его отработке. На этот год запланировано продолжение опытно-промышленных работ. Также в этом году разработают документацию на строительство противоподавкового сооружения для защиты Добровольного от подтопления.

На Верхне-Уксянской залежи Далматовского месторождения построили первую мобильную локальную сорбционную установку. На предприятии также испытывают U-образную сорбционно-десорбционную колонну. С их помощью хотят улучшить переработку продуктивных растворов. На сорбционно-десорбционной установке будет выпускаться товарный десорбат, что



позволит сократить затраты на переработку насыщенных растворов за счет точного подбора реагентов и отказа от капитального строительства.

На Хохловском месторождении ввели в эксплуатацию локальную сорбционную установку и прирельсовую базу. На новых блоках месторождения смонтировали систему «Умный полигон». В 2026 году там должны собрать мобильную локальную сорбционную установку, пробурить и обвязать скважины на Дюрягинской залежи, а также выполнить обвязку блоков Дальневосточной залежи.

### Эльконский ГМК

Стратегическая задача Горнорудного дивизиона — выведение проекта «Элькон» из «спящего» режима и начало добычи урана методом кучного выщелачивания в рамках НИОКР начиная с 2027 года. Образно говоря, Элькон уже «просыпается»: там на месторождении Северном добывают золото (в рудах Эльконского урановорудного района есть и золото, и уран). В 2025 году предприятие выпустило 1,5 тонны золота и намерено сохранить этот уровень производства в 2026 году.

Уран из окисленных руд эльконских месторождений планируют получать методом кучного выщелачивания после кучного выщелачивания золота — на уже сформированных штабелях, но другими реагентами. Для извлечения урана из первичных руд необходимо построить отдельное большое предприятие. По предварительным планам, оно будет запущено в 2035 году.

### Новые месторождения

Горнорудный дивизион сотрудничает с Роснедрами и Всероссийским научно-исследовательским институтом минерального сырья им. Н. М. Федоровского для пополнения минерально-сырьевой базы. Ключевое

направление совместной работы — геологоразведка на объектах, примыкающих или соседствующих с действующими предприятиями. Близость к ним позволяет использовать развитую инфраструктуру, что сокращает затраты на освоение новых месторождений. Наиболее перспективным для выявления новых месторождений урана является Витимский урановорудный район, в пределах которого расположено Хиагдинское рудное поле.

## Подробности

### Мобильные локальные сорбционные установки

представляют собой несколько модулей-контейнеров. В них — мобильные сорбционные колонны, резервуары для свежего сорбента, продуктивных и возвратных растворов, серной кислоты, компрессорная установка, соединенные трубами и насосами. Также предусмотрены модули для щитовой и операторской. Устанавливают сорбционные колонны — главный компонент установки — на металлокаркас с коррозионно-стойким покрытием, затем покрывают теплоизоляцией и сэндвич-панелями. Модули оснащены системами отопления, вентиляции, управления, автоматики.

Модули легко монтировать, демонтировать, перевозить на новое место и снова собирать, а также присоединять дополнительные модули. Устанавливать их можно на площадках из бетонных плит на щебеночной подушке, дорогие заглубленные фундаменты не нужны. Поэтому не требуется проектная документация, упрощается строительство и снижаются затраты на рекультивацию.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: Данила Прохоров, Егор Карманов, Иван Мишин

# Уран на будущее

*Как геологи в России ищут новые месторождения радиоактивного металла*

**Одна из ключевых задач уранодобывающей отрасли в России — увеличение минерально-сырьевой базы, то есть объема поставленных на баланс запасов. Поисково-оценочная стадия геологоразведочных работ — самая рискованная, поэтому в России ее берет на себя государство. О том, что было сделано и какие результаты получены в 2025 году, «Вестнику атомпрома» рассказал заведующий отделом урана и редких металлов ФГБУ «Все-российский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского» (ВИМС) Николай Гребенкин.**

## Обзор проектов

В 2025 году за счет средств федерального бюджета РФ геолого-разведочные работы (ГРР) на уран проводились на следующих 11 объектах: Байтах, Дулесма, Муясын, Бада, Нашитуй, Кудун, Куладжа, Каменушка, Сохсолоох, Западный и Восточный Сохсолоох. Вели их в пределах осваиваемых урановорудных районов, чтобы увеличить минерально-сырьевую базу действующих горнодобывающих предприятий, а также в потенциальных ураноносных районах для создания новых центров добычи урана.

На Байтахе работы в 2025 году завершились, был получен положительный результат. На Дулесме и Баде геологоразведка продолжается. На восьми объектах работы в 2025 году были начаты в рамках федерального проекта «Геология: возрождение легенды». По ним подготовлена проектно-сметная документация, проведены опережающие аэрогеофизические, беспилотные, наземные работы. На некоторых начато бурение.

Работы выполнял ВИМС, а также «Урангео» (входит в холдинг «Росгеология»). ВИМС на одних объектах выступал основным исполнителем, на других — субподрядчиком. Специалисты решали задачи в области минералогии, аналитики, подбора технологии и проч. На Западном Сохсолоохе геологоразведку проводили сотрудники «Якутскгеологии» (входит в «Росгеологию»). Для отдельных работ привлекались специализированные компании.

## Вблизи действующих рудников

Для пополнения минерально-сырьевой базы рудников геологоразведка за счет федерального бюджета велась на семи объектах: Байтахе, Дулесме, Муясыне (все относятся к Витимскому урановорудному району), Сохсолоохе, Западном и Восточном Сохсолоохе (Эльконский урановорудный район) и Куладже (Урулунгуевский урановорудный район).

## На фото

Проведение гамма-спектрометрической съемки (Республика Бурятия)



## Словарь

**Байтах**

Байтахская площадь была обоснована как перспективная благодаря коллективной работе специалистов ВИМС и «Урангео». Во время поисковых работ на Байтахе они обнаружили новые урановорудные залежи (Шадурская, Дутакитская-1, Ашиглинская). Благодаря дополнительному бурению выполнена переоценка ранее выявленных рудоносных палеодолин. «Особого внимания заслуживает Шадурская залежь, в которой было вскрыто рудное тело мощностью 12,9 метра с содержанием 0,032%», — отмечает Николай Гребенкин. По результатам геолого-разведочных работ были локализованы прогнозные ресурсы урана категорий Р1 (наивысшая степень разведанности прогнозных ресурсов) — 7,5 тыс. тонн и Р2 (второй по степени разведанности прогнозных ресурсов) — 29 тыс. тонн.

**Дулесма**

Продолжаются оценочные работы на Дулесминской площади, которая примыкает с юго-запада к Хиагдинскому рудному полю. Активно идет бурение на рудопоявлениях Дулесма-4 и Дулесма-5, Красное. Выполняется минералого-технологическое картирование с лабораторными геотехнологическими исследованиями. На летний сезон 2026 года запланирован натурный опыт по двухскважинной схеме (одна закачная и одна откачная скважины) на рудопоявлениях Дулесма-4 и Дулесма-5. «Оценочное бурение подтверждает выявленные ранее на стадии поисков рудные тела», — комментирует Николай Гребенкин.

**Муясын**

Начаты поисковые работы на Муясынской площади, которая находится на юго-западе Витимского урановорудного района. В 2024 году специалисты ВИМС завершили в этой части района прогнозно-минерагенические исследования, которые включали наземные, беспилотные и аэрогеофизические исследования. Аэрогеофизику проводила компания «Геотехнология», исследования позволили выделить предполагаемые скрытые палеодолинные структуры и наметить поисковые участки. В 2025 году в рамках нового поискового задания проведены профильные наземные опережающие геофизические и геохимические исследования, которые позволили уточнить положение предполагаемых палеодолинных структур и выделить среди них потенциально ураноносные. В первой половине 2026 года запланировано заверочное бурение.

**Сохсолоох**

В пределах золотоуранового Эльконского района в 2025 году на Сохсолоохской зоне начаты геолого-разведочные работы на уран и золото.

В юго-восточной части Сохсолоохской зоны в рамках оценочных работ проведены беспилотная радиометрическая и лидарная съемки, а также профильная гамма-спектрометрия. Цель исследований — уточнение положения рудно-метасоматических зон. Кроме того, начаты горно-буровые работы. Скважинами вскрыта серия зон потенциально золотоносных метасоматитов общей мощностью более

**Прогнозно-минерагенические исследования** — это комплекс геологических, геофизических и геохимических работ, направленных на прогнозирование месторождений полезных ископаемых, определение перспективных площадей и оценку минерально-сырьевого потенциала территорий.

**Палеодолинные структуры** — это погребенные древние речные долины или эрозионные понижения, заполненные осадочными породами, часто вмещающие месторождения урана.

20 метров. Внутри них выявлены локальные участки с урановой минерализацией с радиоактивностью от 60 до 800 мкР/ч. Начаты лабораторные исследования керновых проб для определения содержаний урана и золота, а также минералогические, на штучных пробах, для диагностики природных типов руд.

В центральной части Сохсолоохской зоны по результатам ГРП в канавах и скважинах вскрыты зоны золотоурановых метасоматитов мощностью в десятки метров. В настоящее время осуществляются химико-аналитические исследования на керновых и бороздовых пробах с целью определения урана и золота.

**Западный Сохсолоох**

На Западно-Сохсолоохской площади проведена беспилотная радиометрическая съемка и заверочные геолого-радиометрические маршруты. Они позволили ранжировать потенциально рудоносные зоны по степени перспективности. Так, в пределах локальных зон Надеждинская и Искра вскрыты мощные (от метров до первых десятков метров) зоны кварц-сульфидных метасоматитов. По данным штучного опробования установлена их золотоносность, содержания золота варьируются от 0,5 до 3,2 г/т. Внутри

## Словарь

**Рудно-метасоматические зоны** — это участки земной коры, где горные породы подверглись гидротермальному изменению (метасоматозу) и отложению рудных минералов. Они образуются в зонах разломов, формируя околорудные ореолы (березиты, грейзены, скарны).

**Штучные пробы** — это куски горных пород, часто рудных, общим весом от сотен граммов до первых килограммов. Используются для предварительной оценки качества, минералогического исследования и изучения состава полезных ископаемых.

Эльконский золотоурановый район  
(Республика Саха)

таких зон фиксируются компактные участки с радиоактивностью до 1500–2000 мкР/ч.

#### Куладжа

В пределах Куладжинской площади, которая находится в 60 км юго-западнее Стрельцовского рудного поля (месторождения этого поля отрабатывает Приаргунское производственное горно-химическое объединение), начаты прогнозно-минерогенические работы на уран и флюорит. В 2025 году проведены площадная гамма-спектрометрическая и магнитная съемки на всей площади. В нижней части разреза на месторождении флюорита Бугутурском обнаружены локальные скрытые урановорудные тела. Там были проведены опытно-методические работы для разработки прогнозно-поискового методического комплекса по выявлению скрытых месторождений урана. Сотрудники компании «Гелиос» провели профильное аудиоманнителлурическое зондирование (АМТЗ). На базе полученных результатов уточняется геологическое строение площади, определяются перспективные участки для проведения площадных геохимических и геофизических работ, а также разрабатывается эффективная методика поисков.

#### На пути к новым центрам добычи

В 2025 году геолого-разведочные работы на уран за счет средств федерального бюджета, нацеленные на обнаружение промышленных месторождений, в потенциально ураноносных районах велись на четырех объектах — это Нашитуй, Бада, Кудун и Каменушка.

#### Нашитуй

В пределах Нашитуйской площади, расположенной в Закаменском районе Бурятии на границе с Монголией, сотрудники компании «Геотехнология» провели комплексную аэрогеофизическую

съемку. Ее цель — выявление скрытых рудоносных палеорусловых структур, так как поиски на Нашитуйской площади нацелены на выявление месторождений именно этого типа. Аналогичные месторождения расположены в Витимском урановорудном районе. Результаты аэрогеофизики позволили определить участки для наземных геофизических и геохимических работ. По результатам аналитических исследований геохимических проб планируется наметить участки для бурения. Оно запланировано на 2026 год.

#### Бада

В пределах Бадинской впадины в Хилокском районе Забайкальского края продолжены опережающие геолого-геофизические работы. Благодаря буровым работам были вскрыты многочисленные оруденые участки. На малых минералого-технологических пробах с этих участков проводятся геотехнологические опыты. «Если лабораторные испытания дадут положительные результаты, эти объекты, которые раньше не были востребованы промышленностью, могут иметь серьезные перспективы освоения», — считает Николай Гребенкин.

#### Кудун

Кудунская впадина в Кижингинском районе Бурятии — аналог Бадинской впадины. В летний полевой сезон в пределах Михайловского рудопоявления проведены площадные геофизические и геохимические исследования и выявлены аномалии. В настоящее время они заверяются бурением.

#### Каменушка

В пределах Каменушинской площади на границе Хабаровского края и Еврейской автономной области компания «Аэрогеофизика» выполнила комплексную аэрогеофизическую съемку масштаба 1:10 000. Радиоактивные аномалии заверены геолого-радиометрическими маршрутами.

## Прямая речь

Кроме того, на участке скрытого Светлого месторождения проведен комплекс опытно-методических исследований, нацеленных на совершенствование методики поисков таких месторождений урана. «Каменушинская вулcano-тектоническая структура — близкий аналог Стрельцовой кальдеры», — считает Николай Гребенкин. Геологи уточняют строение Каменушинской вулcano-тектонической структуры, выделяют перспективные участки и продолжают совершенствовать методику поисков скрытых месторождений урана.

**А также...**

ВИМС продолжил опытно-методические работы на ряде скрытых месторождений и рудопроявлений на Далматовском и Хохловском месторождениях в Зауралье, на Широндукуйском месторождении и других объектах для совершенствования методики поисков. Так, апробирован метод частичного извлечения урана на скрытых рудных палеорусловых структурах Зауралья. На Широндукуйском месторождении в условиях повышенной техногенной зараженности разработана предварительная методика разбраковки ложных (техногенных) и рудных (связанных со скрытыми рудными телами) геохимических аномалий. Эти результаты позволят вести целенаправленные поиски на Стрельцовском рудном поле в рамках планируемого проекта «Кальдера», который в свое время предложил Горнорудный дивизион «Росатома».

Еще одно важное направление — минералогические, технологические и геотехнологические испытания на окисленных и первичных золотоурановых рудах Эльконского района. Минералоги, технологи и геотехнологи института решили несколько задач, важных для эффективной отработки месторождения.

**Николай Гребенкин**

Заведующий отделом урана и редких металлов ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского» (ВИМС):

— В 2025 году получены обнадеживающие результаты по текущим объектам геолого-разведочных работ на уран, выполняемых за счет средств федерального бюджета. Это стало возможным благодаря совместной и слаженной работе коллег из других организаций, а также специалистов — технологов, геофизиков, геохимиков, минералогов и многих других, с кем мы — геологи — совместно работаем бок о бок в ВИМС.

Так, дана оценка обогатимости руд радиометрическими методами. Геотехнологи и минералоги-уранщики провели опыты по выщелачиванию урана из окисленных забалансовых руд. Получены обнадеживающие результаты: в процессе опыта на серии проб достигнуты извлечения урана на уровне 70–80%.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: Paladin Energy

# Урановая семерка

## Обзор деятельности «малых» уранодобывающих компаний

**В мире в 2025 году, кроме крупных производителей, уран выпускали семь компаний. Объемы производства сравнительно невелики. Все семь — из перезапущенных рудников, которые были законсервированы в период низких цен. Перезапуск идет со сложностями. Любопытно, что американские производители, которые, казалось бы, должны быть больше всех заинтересованы в наращивании добычи, проявляют к своим урановым активам наименьший интерес — хотя их ценные бумаги и пользуются спросом у инвесторов.**

В рамках обзора были проанализированы, по данным на середину февраля текущего года, восемь компаний, семь публичных и одна государственная (финская TerraFame). Но выяснилось, что TerraFame, несмотря на заявление о начале выпуска урана, сделанное в 2024 году, в 2025 году про уран в своих отчетах молчала, а отчитывалась об основном продукте компании — никеле. Поэтому речь ниже пойдет о семи компаниях, о которых было известно, что они в 2025 году расширяли или запускали производство урана. Все они объединены названием «малые» уранодобывающие компании».

### Denison Mines (Канада)

Для Denison Mines 2025 год сложился довольно успешно: она привлекла \$345 млн в виде конвертируемых облигаций; возобновилось производство урана на предприятии McClean Lake; компания получила разрешения, необходимые для строительства уранового рудника на месторождении Phoenix.

В июле компания объявила о возобновлении производства урана на руднике McClean Lake. Предприятие — СП Denison Mines (22,5%) и Orano Canada (77,5%), дочерней структуры французской группы Orano, специализирующейся на ядерном

топливе. Orano Canada — оператор рудника.

McClean Lake был запущен в 1999 году, урановые залежи обрабатывались открытым способом, но в 2008 году добыча была приостановлена. Как заявил в январе 2024 года президент и главный исполнительный директор Denison Mines Дэвид Кейтс, «из-за снижения цен на уран». Но в 2008 году важны были и другие причины: мировой финансовый кризис и связанные с ним экономические неопределенности, а также высокие производственные затраты (около \$58 за фунт  $U_3O_8$ ), которые не покрывались контрактными ценами. Они тогда снизились с \$78 до \$52,5 за фунт  $U_3O_8$ , но главное — составляли порядка 80–85% от спотовых.

Теперь СП сосредоточилось на обработке месторождения McClean North с применением технологии SABRE. Это метод добычи, не предполагающий традиционную проходку выработок. Суть его в том, что для создания очистных выработок и подъема горной массы с поверхности на дно пробуренных скважин подается струя воды под высоким давлением. Раздробленные ею куски горной массы поднимаются на поверхность пневмоподъемником, сортируются и складываются. Операционные затраты, как отмечается в отчете Denison Mines за первое полугодие 2025 года, составили около \$19 за фунт  $U_3O_8$ , что примерно втрое ниже затрат на первом этапе обработки. С учетом инфляции разница еще больше.

По итогам третьего квартала 2025 года из 2 тыс. тонн руды, добытой на McClean North, было произведено почти 85,24 тыс. фунтов  $U_3O_8$  (32 тонны урана). Данных за четвертый квартал 2025 года (по состоянию на середину февраля текущего года) не было. В январе 2024 года, когда принималось решение о перезапуске рудника, планировалось, что в 2025 году будет выпущено около 800 тыс. фунтов  $U_3O_8$ . В период с 2026 по 2030 год производство должно составить около 3 млн фунтов  $U_3O_8$  (1,15 тыс. тонн урана). Из контекста можно предположить, что речь идет о годовом производстве.

Сопоставление планируемых и полученных в 2025 году результатов показывает, что перезапуск идет со сложностями. Также следует обратить внимание на изменения в потенциальном расширении сырьевой базы. Так, если в январе 2024 года McClean North должен был дополняться рудой с месторождения Caribou, то в релизе по итогам первого полугодия 2025 года говорится об обнаружении новых участков с высокими содержаниями в зоне McClean South (в 600 м от McClean North), а Caribou вообще не упоминается. Проблема в том, что «высокими» названы содержания в 0,05% эквивалента урана. Для рудников бассейна Атабаски это, напротив, очень низкие показатели, так как средние содержания могут составлять единицы процентов и даже превышать полтора десятка процентов.

Denison Mines развивает и собственный проект — Wheeler River — на базе месторождения Phoenix. Компания ждет не дожидаясь принятия окончательного инвестиционного решения по проекту. Но для этого необходимы окончательные разрешения регуляторов. Компания надеется, что это случится в первом квартале 2026 года. Получив разрешения и одобрения инвесторов, компания намерена к середине 2026 года начать строительство рудника и запустить его в середине 2028 года.

Запасы Phoenix составляют 56,7 млн фунтов  $U_3O_8$  (примерно 21,8 тыс. тонн урана), причем большую часть, 41,9 млн фунтов, планируют добыть за первые пять лет, погашая примерно по 8,4 млн фунтов  $U_3O_8$  (3,23 тыс. тонн) в год. Всего выпустить планируют 56,2 млн фунтов  $U_3O_8$  (21,6 тыс. тонн урана), доведя коэффициент извлечения с планируемых 93,4% в первые полгода (когда идет отладка техпроцессов) до проектных 99%.

Оценка первоначальных капитальных затрат до запуска рудника в эксплуатацию выросла с почти 420 млн канадских долларов (оценка 2023 года в канадских долларах 2022 года) до примерно 600 млн канадских долларов (в канадских долларах 2026 года). Кроме того, Denison Mines

оценила примерно в 100 млн канадских долларов затраты, которые она понесет до принятия окончательного инвестиционного решения. Средства у компании, по ее словам, есть: это деньги от размещенного облигационного займа и физический уран. Несмотря на рост предполагаемых капитальных расходов, полные удельные затраты остались очень невысокими. Компания оценила их в \$16,04 за фунт  $U_3O_8$ . Для сравнения, в «Казатомпроме» средние полные удельные затраты по итогам первого полугодия 2025 года составили \$30,81 за фунт  $U_3O_8$ .

Главная особенность Wheeler River — планируемое использование метода скважинного подземного выщелачивания (СПВ), который ни разу не применялся к рудам месторождений бассейна Атабаски, где расположен Phoenix. Идею применить низкзатратное СПВ к богатым рудам месторождения Denison Mines вынашивает уже давно. Отношение к ней осторожное. Так, Camesco, которая была совладельцем проекта и к тому же знает особенности СПВ по казахстанскому Инкаю, вышла из проекта. Также уже понятно, что в чистом виде идея реализована не будет. В технологическую схему для снижения рисков пришлось добавить заморозку грунтов по периметру полигонов. Но проект продвигается, поэтому, безусловно, интересно, заработает ли он и с какой производственной и финансовой отдачей.

В августе Denison Mines провела удачное размещение облигаций. Изначально компания планировала выпустить облигации на \$250 млн со сроком погашения в 2031 году. На следующий день сумма привлечения выросла до \$300 млн, а еще спустя два дня компания закрыла размещение конвертируемых облигаций на сумму \$345 млн. Годовая купонная ставка — 4,25%. Компания предполагает, что привлечение денег в форме облигаций сэкономит ей на процентных выплатах более \$100 млн до момента погашения выпуска по сравнению с выплатами, связанными с традиционным проектным долговым финансированием. Компания намерена потратить привлеченные деньги на оценку и развитие урановых проектов, в том числе флагманского Wheeler River, и на общекорпоративные цели.

### Lotus Resources (Австралия)

Можно ли считать состоявшимся перезапуск рудника Kayelekera в Малави, пусть читатель решит сам. Если коротко, на руднике начались работы, необходимые для

выпуска концентрата природного урана, однако отгрузок готовой продукции еще не было, а работа фабрики застопорилась вскоре после перезапуска. Поэтому компания до конца 2025 года так и не объявила результаты производства.

Рудник был остановлен в феврале 2014 года из-за последствий фукусимского кризиса прежним владельцем, австралийской Paladin Energy. Перезапуск предприятия стал реален после возвращения интереса к атомной энергетике. Lotus Resources, как и планировала, возобновила производство в третьем квартале 2025 года. О выпуске первого желтого кека компания объявила 1 сентября. Правда, объем выпущенной партии не уточнила, сообщив лишь, что отправит образцы продукции трем западным предприятиям по конверсии урана на квалификацию. Из этого можно предположить, что речь шла об очень небольшой тестовой партии.

Первую продукцию получили из руды, складированной до консервации. Буровзрывные работы возобновились в конце ноября. Однако только в конце декабря у компании появилась вся необходимая техника, и она смогла перевезти взорванную руду на рудный двор.

Главной же проблемой предприятия стали возникшие в ноябре и декабре перебои с поставками серной кислоты на фабрику из Замбии. Компания договорилась с тремя поставщиками из Южной Африки и в декабре завершила, что отгрузки идут. Параллельно она реконструирует собственный сернокислотный завод. Ввод

в эксплуатацию ожидается в первом квартале 2026 года. Кислоту будут выпускать из серы: ее перевозить проще, чем кислоте, по правилам безопасности, и объем перевозок примерно втрое меньше.

Из-за проблем с реагентом фабрика работала непрерывно лишь 15 дней. В остальное время там оптимизировали техпроцесс и отлаживали оборудование. В среднем коэффициент извлечения составил около 83% (плановый — 86,7%).

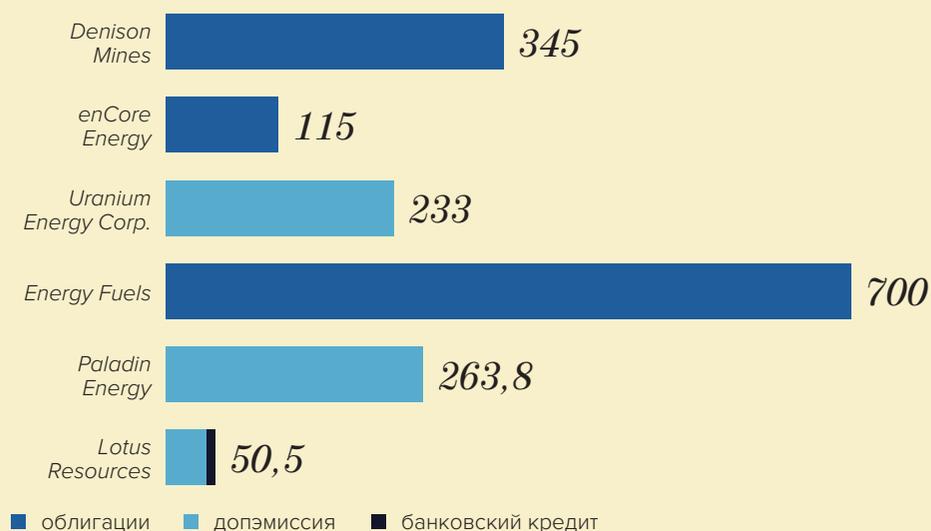
Покупка серной кислоты — часть ускоренного, до окончания реконструкции собственного завода, запуска предприятия. Однако, как показала практика, ускорение обернулось фальстартом.

Еще одной проблемой остается электроснабжение. Предприятие работает от локальных дизельных установок (как и до консервации), к электросетям оно будет подключено лишь во второй половине 2026 года. Источником генерации может стать ГЭС или СЭС.

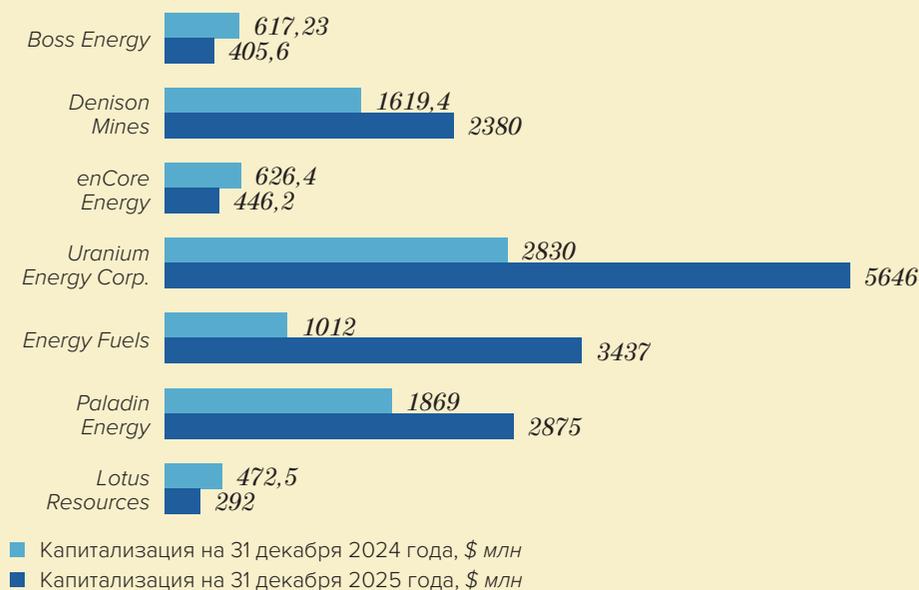
Lotus Resources пообещала вывести предприятие на проектную производительность в первом квартале 2026 года (2,4 млн фунтов, или 924 тонны, урана в год). Компания признала, что в январе проблемы с серной кислотой и наладочными работами позволят фабрике работать на уровне 50–65% от проектной производительности. Нарращивание мощности запланировано на февраль.

В сентябре Lotus Resources подняла с помощью допэмиссии около 65 млн

### Объем привлечения инвестиций «малыми» уранодобывающими компаниями в 2025 году, \$ млн



### Динамика капитализации «малых» уранодобывающих компаний



австралийских долларов (около \$42 млн). Кроме того, компания договорилась о кредите на оборудование на сумму \$8,5 млн. Деньги компания намерена потратить на подключение к сетям (\$18 млн), горную технику (\$2 млн), устройство хвостохранилищ (\$17 млн) и общекорпоративные цели (\$5 млн).

#### Energy Fuels (США)

В 2025 году компания Energy Fuels на руднике Pinyon Plain в Аризоне и комплексе La Sal в Юте добыла руду, содержащую более 1,6 млн фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (615,4 тонны). На заводе White Mesa Mill в Юте ее переработали, выпустив в течение года 1 млн фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (384,6 тонны). Производство шло нестабильно: 150 тыс. фунтов в первом квартале, 180 тыс. — во втором. В третьем руда не перерабатывалась, а порядка 670 тыс. фунтов были произведены с начала октября до конца года с пиком в 350 тыс. фунтов в декабре.

В 2026 году рваный характер производства сохранится. Компания намерена производить на заводе примерно 250 тыс. фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (около 96 тонн) в месяц в течение первого полугодия 2026 года, а затем перейти на выпуск редкоземельных металлов (РЗМ) «тяжелой» группы — тербия и диспрозия. Добычу она не остановит, руда будет складироваться и ждать переработки в 2027 году. Таким образом, максимальный предполагаемый объем производства на White Mesa Mill в 2026 году составит 1,5 млн фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (577 тонн урана).

Во втором полугодии 2025 года компания продала 600 тыс. фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (230,8 тонны), выручив за них \$44,4 млн. Любопытно, что в первом квартале 2025 года она уран не продавала, а, наоборот, покупала: 50 тыс. фунтов по цене \$64,75 за фунт U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Во втором квартале она этот же объем продала, но за \$77 за фунт. Операционная прибыль от перепродажи составила \$612,5 тыс. Выручка от продаж, по данным на 10 декабря 2025 года, составила в итоге \$48,6 млн. В 2026 году Energy Fuels планирует продать 780 тыс. — 880 тыс. фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (300–338 тонн урана).

Компания в конце сентября инициировала выпуск конвертируемых облигаций на \$550 млн. Но спрос на них вырос, и в начале октября Energy Fuels выпустила ценные бумаги на \$700 млн с годовым купоном 0,75% и погашением в 2031 году. Правда, компания не планирует использовать эти деньги на урановые проекты. Цели — сделки в сегменте РЗМ, развитие редкоземельного проекта в Австралии, расширение мощностей по разделению РЗМ на White Mesa Mill и общекорпоративные потребности.

Таким образом, следует признать, что Energy Fuels не только диверсифицировала бизнес, но и очевидно сместила бизнес-приоритеты с урана на РЗМ.

#### Uranium Energy Corp. (UEC, США)

Компания начала переработку урана на руднике Christensen Ranch в Вайоминге в августе 2024 года. Этап важный, но для

выпуска товарного продукта — желтого кека — промежуточный: на Christensen Ranch только добывали продуктивные растворы методом скважинного подземного выщелачивания и осаждали уран на ионообменную смолу. Лишь в феврале 2025 года компания объявила о том, что она запустила сушку и упаковку в бочки концентратов на центральном перерабатывающем заводе Irigaray (также в Вайоминге). Это финальные операции в техпроцессе получения желтого кека. К 31 июля, концу финансового года у компании, производственная цепочка предприятий Christensen Ranch и Irigaray выпустила около 130 тыс. фунтов готового концентрата природного урана.

Затем, правда, Irigaray остановился на капитальный ремонт сгустителя и кальцинатора. Работа возобновилась 13 ноября, и до конца этого месяца завод выпустил еще 49 тыс. фунтов концентрата природного урана. Таким образом, по состоянию на 10 декабря 2025 года (более поздних релизов пока не было), Irigaray выпустил около 180 тыс. фунтов U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (69 тонн урана).

Урановые концентраты, произведенные на Irigaray, отправятся на конверсию на предприятие компании ConvergDun в Метрополисе (штат Иллинойс).

В сентябре 2025 года UEC учредила компанию United States Uranium Refining & Conversion Corp. (UR&C), нацеленную на изучение перспектив нового американского предприятия по переработке и конверсии урана. «В настоящее время цена конверсии составляет \$64–66 за 1 кг урана на спотовом рынке и примерно \$52 за 1 кг урана на долгосрочном рынке, что свидетельствует о серьезном дефиците предложения и о том, что цепочка поставок ядерного топлива в США является узким местом», — говорится в релизе компании. По замыслу UEC, проектная мощность конверсионного предприятия будет составлять около 10 тыс. тонн урана в год в виде гексафторида. Это более половины спроса в США, который, по данным компании, составляет 18 тыс. тонн в год. Таким образом, UEC — это третья уранодобывающая компания после Cameco и «Казатомпрома», которая намерена освоить новые передельные в топливном цикле.

В октябре 2025 года UEC инициировала допэмиссию и подняла в общей сложности \$233 млн. Компания намерена использовать чистую выручку от размещения на ускорение строительства конверсионного предприятия по переработке

и конверсии урана, для общих корпоративных целей и пополнения оборотного капитала. Таким образом, в урановые проекты компания деньги от допэмиссии вкладывать не планирует.

Отметим, что компания не только производит концентрат природного урана, но и покупает его. В релизе по итогам финансового 2025 года она сообщила, что «запасы на складах в США увеличатся еще на 300 тыс. фунтов  $U_3O_8$  (115,4 тонны урана. — Примеч. ред.) до декабря 2025 года по контрактам на покупку по цене \$37,05 за фунт». Судя по релизу, выпущенному 10 декабря, поставки еще не были выполнены и «планировались».

Компания сообщила, что продала 600 тыс. фунтов  $U_3O_8$  (2,3 тыс. тонн урана) по \$82,92 за фунт во втором квартале финансового 2025 года. Выручка составила \$49,8 млн. Затем, до конца первого квартала 2026 года, закончившегося 31 октября 2025 года, компания уран не продавала. Так как второй квартал финансового года включил ноябрь и декабрь 2024 года и январь 2025 года, невозможно наверняка сказать, был уран продан в прошлом или этом году.

Впрочем, как кажется, важно другое: уран компания продала из запасов — «физического портфеля». Продаж урана, произведенного Christensen Ranch и Irigaray, еще не было.

### Paladin Energy (Австралия)

Paladin Energy расконсервирует в Намибии рудник Langer Heinrich. Производство возобновилось в марте 2024 года на запасах складированной руды. В 2025 году компания работала над возобновлением горных работ.

В первом квартале 2025 года большие проблемы компании доставили неожиданные, не по сезону, ливни, случающиеся раз в 50 лет. Деятельность пришлось приостановить, так как складированная руда пропиталась водой и была нарушена химия техпроцесса на перерабатывающем заводе. Карьер, где предполагалось возобновить добычу, был затоплен, возникли задержки в поставке оборудования. Подъездные дороги и инфраструктура также были повреждены. Все это затормозило горные работы и наращивание объемов добычи. Однако команда предприятия смогла быстро восстановить работу перерабатывающего завода, а для добычи выбрали другой, незатопленный карьер. Добыча и доставка руды на завод началась в апреле 2025 года.

Весь второй квартал специалисты предприятия оптимизировали состав шихты, где смешивали складированную и добываемую руду. Во втором полугодии 2025 года основное внимание было уделено расширению карьера и вскрышным работам. Предполагается, что несколько небольших карьеров объединят в один общий. Это потребует от компании больших усилий и затрат на строительство.

Несмотря на сложности, в течение года Paladin Energy стабильно наращивала производство — с 745,5 тыс. фунтов в первом квартале 2025 года до 1,23 млн фунтов в четвергом. В итоге в 2025 году компания произвела немногим более 4 млн фунтов  $U_3O_8$  (1,54 тыс. тонн урана). Наращивать объемы производства на руднике Langer Heinrich австралийская компания намерена до середины 2026 года и выйти на полную производительность во втором его полугодии.

В сентябре 2025 года Paladin Energy привлекла с помощью допэмиссии 300 млн австралийских долларов (\$197,76 млн). Эти деньги компания намерена направить на доведение своего проекта развития в Канаде — Patterson Lake South — до стадии принятия финального инвестиционного решения.

В октябре компания намеревалась поднять еще 20 млн австралийских долларов.

Но, получив заявки на 138 млн австралийских долларов, в итоге удовлетворила их на сумму 100 млн австралийских долларов (около \$66 млн). Поскольку денег оказалось впятеро больше ожидаемого, компания потратит их не только на канадский проект, но и на пополнение оборотного капитала и наращивание объемов добычи и переработки на Langer Heinrich, а также на пополнение оборотного капитала Paladin Energy и геологоразведку.

Компания в 2025 году продала порядка 3,55 млн фунтов закиси-окиси (почти 1,37 тыс. тонн урана) и выручила более \$239 млн. За год она заключила два новых контракта. Таким образом, среди всех новых малых производителей Paladin Energy продемонстрировала, несмотря на природный катаклизм, самые стабильные результаты работы и самые весомые финансовые результаты в 2025 году.

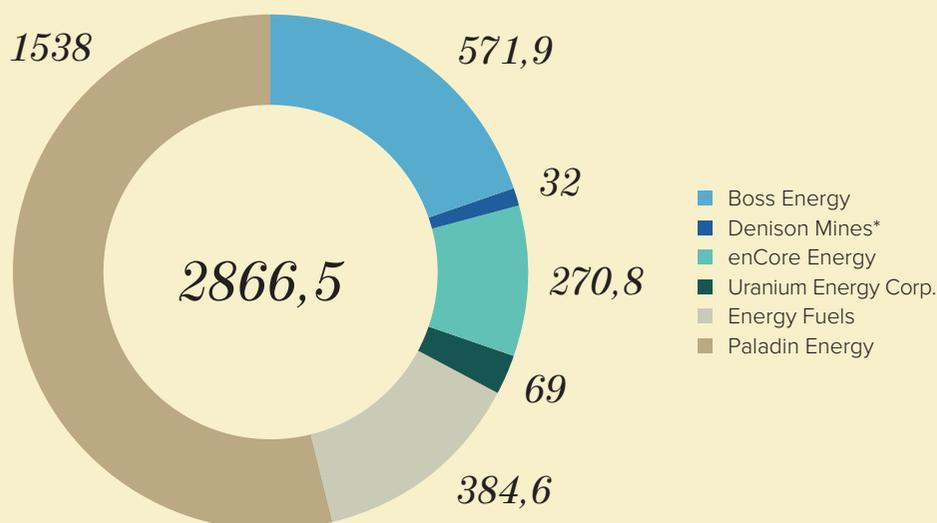
### Boss Energy (Австралия)

Компания весь 2025 год наращивала производство на австралийском руднике Hopewood. Процесс шел стабильно поступательно, объем выпуска концентрата в каждом следующем квартале был больше предыдущего. По итогам 2025 года, компания выпустила почти 1,49 млн фунтов  $U_3O_8$  (571,9 тонны урана). Операционная себестоимость производства то росла, то снижалась, составил



\* для компании Denison Mines данные приведены за три первых квартала 2025 года

### Объем производства в 2025 году, т урана



по итогам четвертого квартала 2025 года \$30 за фунт.

Но в декабре 2025 года компания сообщила о том, что обзор рудника Hopewood выявил существенные отклонения в предположениях, лежащих в основе расширенного ТЭО компании, выпущенного в 2021 году. Компания обнаружила меньшую непрерывность высококачественной минерализации, отсутствие «перекрытия минерализации» (по-видимому, имеется в виду верхний водоупорный слой) и меньшую выщелачиваемость. Это, а также уменьшение размеров скважинных полей повлияет на срок эксплуатации рудника и себестоимость добычи начиная с 2027 финансового года (то есть со второго полугодия календарного 2026 года). В итоге компания официально отозвала ТЭО и планирует выпустить новое в третьем квартале календарного 2026 года. По-видимому, она столкнулась с неподтверждением запасов и меньшей, по сравнению с планируемой, выщелачиваемостью (переходом урана из рудного пласта в продуктивный раствор). О проблемах косвенно говорит изменение содержания кислорода в ионообменной смоле. Если в четвертом квартале 2024 года содержание составляло 116 мг/л, то потом целый год оно падало, составив по итогам четвертого квартала 2025 года 77 мг/л.

Чтобы исправить положение, компания намерена пересмотреть геометрию геотехнологических полигонов СПВ и вовлечь в эксплуатацию месторождения — спутники Hopewood: Gould's Dam и Jason's.

Несмотря на пересмотр ТЭО, компания сохранила (по крайней мере, пока) прогноз по производству на 2026 финансовый год (1,6 млн фунтов  $U_3O_8$ , или 615,4 тонны урана). На том же уровне выпуск продукции останется и в 2027 финансовом году. Однако примерно на 15% вырастет полная себестоимость производства.

Концентрат компания продавала каждый квартал, по итогам 2025 года объем продаж составил неполные 1,12 млн фунтов (около 431 тонны урана). Выручка — чуть более \$92,7 млн. Кроме того, американская enCore Energy вернула Boss Energy долг: австралийская компания предоставила американской кредит в форме 200 тыс. фунтов урана. Возвращать его enCore Energy должна была в натуральной или денежной форме, по желанию Boss Energy, исходя из спотовой цены на момент предоставления займа (\$100,54 за фунт). Таким образом, денежный эквивалент долга составил \$20,1 млн. В августе 2025 года enCore Energy погасила задолженность и расторгла кредитное соглашение. По итогам 2025 года, компания, таким образом, заработала чуть более \$92,74 млн. На бирже в 2025 году компания деньги не поднимала.

#### enCore Energy (США)

Компания восстанавливает производство на рудниках Rosita и Alta Mesa. На Alta Mesa компания — оператор и владелец 70% проекта. Оставшиеся 30% — у Boss Energy. Проблема в том, что данные, приведенные enCore Energy и Boss Energy, не совпадают с официальными данными,

опубликованными Управлением энергетической информации (EIA) Минэнерго США. Например, в отчете за первый квартал 2025 года enCore Energy сообщает, что она «извлекла и переработала» чуть более 130 тыс. фунтов  $U_3O_8$ . Boss Energy в своем отчете за тот же период пишет, что на Alta Mesa было выпущено 98 тыс. фунтов. Однако в официальном отчете информслужбы Минэнерго США (EIA) за первый квартал 2025 года говорится, что Alta Mesa выпустила 69 тыс. фунтов, а Rosita вообще не работала, так что разница в показателях — чуть ли не вдвое.

Выяснить причины расхождений в статистических данных не входит в задачи статьи, поэтому ниже приведем данные из релизов enCore Energy, Boss Energy и EIA. По данным enCore Energy, компания «извлекла» во втором квартале 203 798 фунтов (по данным EIA, производство составило 179 536 фунтов), в третьем — 227 070 фунтов (206 231 фунт соответственно). По итогам четвертого квартала enCore Energy релиз не выпускала, но Boss Energy сообщила, что производство на Alta Mesa составило 143 тыс. фунтов. Поскольку, по данным EIA, производство на Rosita не возобновилось, будем считать, что это и есть тот объем, который выпустила enCore Energy в четвертом квартале. Таким образом, годовое производство enCore Energy находилось в вероятностном диапазоне от неполных 598 тыс. фунтов (230 тонн урана) до почти 704 тыс. фунтов  $U_3O_8$  (270,8 тонны урана, в подсчете объемов производства учтено наибольшее значение). Впрочем, какое бы значение ни было истинным, оно все равно очень невелико для мировой урановой торговли.

enCore Energy также продавала уран. Объем продаж по итогам трех кварталов 2025 года (за четвертый данных пока нет) составил 480 тыс. фунтов  $U_3O_8$  (184,6 тонны урана). Выручка от продаж за три квартала составила почти \$30,8 млн.

В августе 2025 года enCore Energy выпустила старшие конвертируемые облигации на сумму \$115 млн. Выпуск оказался очень успешным: изначально компания планировала привлечь \$75 млн. Годовой купон составил 5,5%. Облигации будут погашены в 2030 году. Компания погасила долг перед Boss Energy (о нем речь шла выше), а остаток намерена потратить на общие корпоративные цели. На развитие урановых проектов компания решила деньги не тратить вообще.



Расконсервация старых рудников сопровождается производственными проблемами различного свойства — от неподтверждения запасов до необходимости перестраивать поставки.

Компании торопятся запустить производство, не будучи оснащенными «предметами первой необходимости» — самосвалами для перевозки руды и серной кислотой. Такая торопливость оборачивается накладками, фальстартами и подозрениями в том, что компании выдают желаемое за действительное.

Из восьми рассматриваемых компаний только Paladin Energy продемонстрировала убедительные производственные результаты: стабильное наращивание выпуска и значимый уровень производства (более 1,5 тыс. тонн в год). Фактически Paladin Energy стала «большой» уранодобывающей компанией. Важный вопрос, сможет ли она сохранить производительность рудника в 2026 году.

Из всех рассмотренных предприятий только четыре смогли начать добычу новой руды. На двух с выпуском урана не задолго. TerraFame, судя по ее релизам, отказалась в ближайшем будущем заниматься производством урана. Полноценного запуска производства на Kayelekera надо подождать.

Общий объем производства «малыми» уранодобывающими компаниями в 2025 году составил около 2867 тонн\*.

Если сравнить это с объемом производства в мире в 2024 году (60213 тонн, данные World Nuclear Association, более свежих пока нет), то «малые» производители в совокупности добавили к нему 4,76%. Это уже различимая величина на мировом рынке, но очевидно, что ни один производитель, за исключением Paladin Energy, не может претендовать на то, чтобы хоть насколько-то заметно на рынок влиять.

От деятельности «малых» уранодобывающих компаний больше всего выиграла Намибия, так как именно там расположен перезапущенный и стабильно проработавший 2025 год Langer Heinrich.

Общий объем продаж «малыми» уранодобывающими компаниями составил чуть больше 2,46 тыс. тонн урана. Это меньше, чем объем производства за тот же период. Также следует учитывать, что продавали уран не только произведенный, но и купленный (так поступила Uranium Energy Corp.) Лидер продаж, как и производства, — Paladin Energy. На втором месте — Boss Energy. У прочих производителей объем продаж незначителен.

Из восьми рассматриваемых компаний две деньги в 2025 году не привлекали, три привлекли акционерный капитал, а три предпочли долговой, но не банковский, а облигационный — так деньги обходятся дешевле. Впрочем, Lotus Resources взяла и кредит, но лишь один и, по сравнению с объемом доэмиссии, небольшой.

Совокупная капитализация компаний, производивших в 2025 году уран или предельно близких к началу его производства (как Lotus Resources), выросла на 77%. Но «средняя температура» не отражает реальную ситуацию: динамика капитализации оказалась разнонаправленной. Если она и росла, то с разной скоростью. Лидер роста — американская Energy Fuels, которая переориентируется на РЗМ, ее капитализация выросла более чем втрое.

Несмотря на то что в США крупнейший в мире парк АЭС и много раз звучали громкие и пафосные заявления о необходимости избавиться от зарубежной зависимости (прежде всего, конечно, от России), именно американские компании меньше всего делают для того, чтобы запустить крупное и стабильное производство на своих рудниках, хотя деньги для этого у них есть. Они привлекают сотни миллионов долларов, но тратить их намерены не на развитие уранодобывающих предприятий, а на сегмент РЗМ, на строительство конверсионных мощностей (в США они как раз есть) и на корпоративные цели, то есть на зарплаты самим себе.

Тот факт, что американские урановые компании переориентируются на другие виды бизнеса, — одно из свидетельств того, что уран в 2025 году был не так интересен инвесторам, как годом ранее, и компании ищут новые ниши в поисках новых денег. Впрочем, учитывая возобновившийся рост цен на уран, не исключено, что инвесторы снова развернутся к урановому сегменту.

Текст: Ирина Дорохова  
Фото: ООО «Алмазные сенсоры»

# Кванты на службе геологоразведки

Как квантовые сенсоры помогают в геофизических исследованиях: введение в тему

**Чтобы находить экономически выгодные для отработки месторождения полезных ископаемых, приходится применять все более изощренные методы. Так, в геофизику пришли квантовые сенсоры. Приборы на их базе гораздо чувствительнее и позволяют зафиксировать аномалии, которые ранее применявшиеся приборы могли пропустить. Таким образом увеличивается вероятность обнаружить геологически интересный объект.**

## Просто сместить фокус

Идею квантовых сенсоров ученые почерпнули из квантовой информатики. Для обработки информации в квантовых процессорах используются методы, нацеленные на максимальную изоляцию квантовых объектов от внешнего мира: квантовые объекты настолько малы, что при взаимодействии с ним возникает нарушение квантового состояния кубитов, провоцирующее ошибки. Причинами могут выступать, например, давление, магнитное или электрическое поле.

## Справка

**Центры окраски в алмазе** — это дефекты в кристаллической решетке алмаза, возникающие из-за включения атомов других элементов, например азота или кремния, в кристаллическую решетку алмаза. Название они получили благодаря тому, что поглощают и переизлучают свет в узком частотном диапазоне с определенным цветом. Благодаря природному атомарному строению, наличию спина и других особенностей с центрами окраски в алмазе можно выполнять квантовые операции и передавать квантовое состояние на расстояние при помощи излучения. С помощью центров окраски в алмазе точно измеряют частоты, температуры, электрические и магнитные поля. Их используют, например, в биосенсорах — для измерения параметров живых клеток.

Как следствие, возникла идея сместить фокус внимания с обработки информации на детектирование ошибок. «Если вы сфокусируетесь на ошибках и, понимая их природу, сделаете их измеряемыми величинами, то создадите сенсоры», — говорит Алексей Акимов, руководитель научной группы квантового проекта, занимающейся квантовыми симуляторами и интегрированной фотоникой.

## Более точная геофизика

Идея использовать физические явления для изучения литосферы и поисков полезных ископаемых не нова. Занимается этим геофизика. Видов исследований множество: сейсмо-, магнито-, электро-, радиометрические и другие. Благодаря методам, пришедшим из квантовой информатики, квантовые сенсоры измеряют точнее. Они чувствительнее, производят точнее и потому показывают лучшие результаты, чем классические приборы. Так, современные квантовые магнитометры обеспечивают расстояние между точками съемки порядка 0,5–1 м и выполняют до сотни измерений в секунду.

## На разной базе

Квантовые сенсоры для геофизических исследований создают на разной физической основе — сверхпроводниках, холодных атомах, фотонах, центрах окраски в алмазе, интегральной оптике. Причем разные физические принципы подходят для разных сенсоров. Например, на холодных атомах и центрах окраски в алмазе разрабатываются сенсоры магнитного поля. Центры окраски в алмазе также используют для термометрии. Холодные атомы — для гравиметрии. А сенсоры на интегральной волоконной оптике определяют составы газов.

В России над квантовыми сенсорами, которые можно использовать в геологоразведке, работают несколько научных групп. Например, во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений разрабатывается квантовый гравиметр. Научная группа Алексея Акимова работает с азот-вакантными центрами окраски в алмазе и присматривается к сенсорам на холодных атомах. Его коллеги трудятся над интегрально-оптическими и фотонными сенсорами. «Сенсоры — развитие нашей научной деятельности, а не внешний заказ, — признает Алексей Акимов. — Они у нас получились, а дальше мы начали думать об их применении».

Некоторые квантовые системы, например центры окраски в алмазе, удобны тем, что многие манипуляции можно проводить при обычной комнатной температуре. Другие системы, например холодные атомы, как следует из названия, надо охлаждать — с помощью лазеров. Однако современные технологии позволяют устанавливать такие лазеры на чипе, поэтому устройство остается компактным. «Охлаждают только атомы в небольшом вакуумном объеме, весь прибор работает при комнатной температуре», — поясняет Алексей Акимов.

### Как это работает

Приборы на основе квантовых сенсоров используют на земле и с воздуха, чтобы выявить перспективные объекты на мало- или совсем не изученных площадях, создавая тем самым основу для дальнейших геологоразведочных работ. Магнитометры используют для поиска месторождений железной руды, а в составе электромагнитных систем опрокидывания по оси Z (ZTEM) — для поиска золота и полиметаллов. С помощью гравиметров определяют изменения в плотности, это помогает обнаруживать нефтяные и газовые месторождения, так как в местах их залегания плотность ниже. Впрочем, эти же приборы можно использовать и на более поздних стадиях геологоразведки, во время буровых работ, опуская их в скважины и измеряя показатели на разной глубине.

В России квантовые сенсоры в геологоразведке применяют около 10 лет. Так, квантовые магнитометры с рубидиевым датчиком использует компания «Геоскан». В 2017 году она выполнила заказ на аэромагнитную съемку в Восточном Казахстане. Заказчик искал золоторудное месторождение. Съемку вели с беспилотника на малой высоте. Сравнили результаты с наземной магнитометрией с применением обычных датчиков — и сделали выбор в пользу квантового. Объем выполненных работ за несколько полевых сезонов составил несколько тысяч погонных километров.

«Магниторазведка — это один из ключевых методов, позволяющий построить объективную структурную карту. Многие месторождения золота связаны со структурным паттерном, который хорошо виден в магнитном поле, — рассказывает президент компании «Космогеология» Сергей Кожевников, выступавший тогда на стороне заказчика. — Детальная карта магнитного поля дала возможность провести детальную почвенную геохимию и наземную электроразведку. Аномалии, выявленные во время этих исследований, позволили нам точно определить места для буровых скважин и точно пересечь золоторудную минерализацию».

В мире направление квантовой сенсорики для геологоразведки тоже активно развивается. Например, проект «Спутник», использующий большое количество квантовых сенсоров (магнитометры, гравиметры и проч.) для составления карт полезных ископаемых.

Согласно федеральному проекту «Прикладные исследования и перспективные разработки» национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» с 2026 года госкорпорация «Росатом» присоединяется к исследованиям и разработкам в области квантовых сенсоров. В этом направлении при координации «Росатома» и с участием ряда российских вузов, институтов и организаций планируется начало проведения НИОКР по разработке прототипов квантовых сенсоров. С 2029 года запланировано начало внедрения в отраслях экономики прототипов сверхвысокоточных датчиков и устройств, использующих квантовые эффекты, — с характеристиками лучше, чем на классических принципах. За счет внедрения и опытного использования квантовых сенсоров в 10 и более раз должна быть повышена точность измерений на предприятиях в ключевых отраслях экономики.

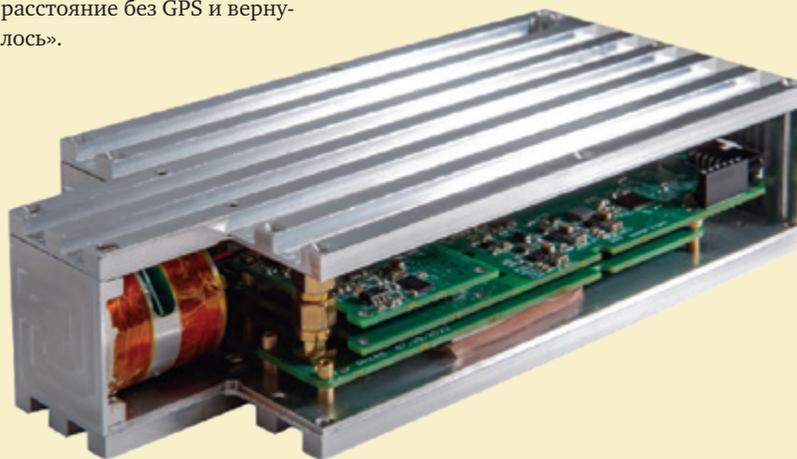
### Интерес есть

До прибора, пригодного для реальных геологоразведочных работ, команде Алексея Акимова пока далеко: «Надо интегрировать сенсоры в систему, а ее — в готовое откалиброванное устройство с понятной методикой работы», — говорит он. Его группа создала лабораторный прототип датчика. «Мы проверяли: если поднести к нему кусок металла, наш сенсор его детектирует, отличает магнитные металлы от немагнитных. К автомобилю датчик тоже подносили — сенсор реагирует», — отмечает Алексей Акимов.

Следующий этап — создание полноценного прибора в кооперации с заинтересованным заказчиком-недропользователем. Предварительный интерес и даже готовность купить несколько приборов есть.

### Кроме геологоразведки

Магнитометры можно использовать не только в геологоразведке, но и в навигации, причем не только морской, но и городской. «Сделать наземную навигационную сеть, которой не нужен GPS, кажется вполне неплохой идеей, — комментирует Алексей Акимов. — Примеры уже есть. В Австралии небольшое судно вышло из порта, прошло некоторое расстояние без GPS и вернулось».



# Квантовый маршрут

С 2020 года госкорпорация «Росатом» отвечает за реализацию дорожной карты по развитию высокотехнологичной области «Квантовые вычисления». Работа в данном направлении является основой квантового проекта «Росатома», экосистема которого объединяет 19 научных институтов и университетов, включая более 750 исследователей и инженеров.

Важной задачей первого этапа квантового проекта стало создание российского квантового компьютера: разработаны прототипы четырех вычислителей — на ионах, атомах, фотонах и сверхпроводниках. Россия вошла в число первых шести стран, создавших действующие квантовые процессоры

на 50 и более кубитов, и в число трех стран с действующими квантовыми процессорами на четырех основных платформах. В ходе контрольных экспериментов дорожной карты в 2025 году были представлены три квантовых вычислителя размерностью в 70 и более кубитов.

Реализация дорожной карты по квантовым вычислениям на 2025–2030 годы нацелена на достижение качественных эффектов развития квантовых технологий в России и овладение практикой их прикладного использования, в первую очередь в российской атомной отрасли. С 2026 года «Росатом» включается в исследования и разработки в области квантовых сенсоров.

# Квантовое измерение в новом масштабе

*Результаты реализации дорожной карты и стратегические планы развития квантовых вычислений в атомной отрасли*



По сравнению с 2020 годом, когда под эгидой правительства России только стартовала системная работа по развитию квантовых вычислений, а «Росатом» был определен ответственным за реализацию дорожной карты высокотехнологичной области «Квантовые вычисления», заметно принципиальное наращивание позиций нашей страны в этом направлении. Сегодня Россия уверенно приближается к группе лидеров квантовой гонки.

## От инноваций — к формированию индустрии

В январе 2026 года состоялась первая отраслевая Квантовая неделя, проведенная «Росатомом». «Квантовый марафон» прошел в рамках целой индустрии и стал первой в стране акцией, объединившей различные форматы обсуждения квантового будущего.

Центральным событием недели стала Первая отраслевая конференция по квантовым вычислениям, в которой приняли участие более 600 сотрудников

атомной отрасли. В фокусе дискуссий участников конференции находилось движение от квантовых инноваций к активной фазе апробации и внедрения квантовых вычислений, а затем к формированию полноценной отечественной индустрии. По общему мнению, именно такой переход определит содержание нового этапа отечественного квантового проекта на горизонте 2030 года.

В рамках конференции было подчеркнуто, что благодаря реализации дорожной карты по квантовым вычислениям с 2020 года наша страна значительно укрепила позиции в мировой квантовой сфере: несмотря на старт с существенным отставанием от мировых лидеров, удалось разработать прототипы квантовых вычислителей на четырех основных платформах — по этому показателю Россия, наряду с США и Китаем, входит в тройку лидеров. Важным достижением является реализация в стране, и прежде всего в атомной отрасли, проектов по практическому применению квантовых вычислений.

«Сейчас на первый план выходит задача создания прототипов квантовых процессоров, достаточно мощных для того, чтобы начать переход к практическому внедрению квантовых вычислений. Важно



### Алексей Лихачев

Генеральный директор  
госкорпорации «Росатом»:

“

Настало время переосмыслить масштаб квантового измерения, вывести его на более высокий приоритетный уровень. Нужен проект «Квантовый прорыв»

”

активизировать и масштабировать начатую в атомной отрасли работу по пилотированию квантовых вычислений, обеспечить тиражирование лучших практик в ключевых отраслях экономики России... На горизонте до 2030 года необходимо обеспечить создание конкурентоспособной квантовой отрасли в России, одним из важнейших элементов которой должно стать наличие действующих современных квантовых вычислений», — отметил в приветственном адресе Дмитрий Григоренко, заместитель председателя правительства РФ — руководитель аппарата правительства РФ.

«Квантовая тематика находится в сфере постоянного внимания правительства Российской Федерации. Развитие квантовых технологий — не просто перспективная область научной и инженерной мысли. Это один из ключей к решению задачи обеспечения технологического суверенитета и национальной безопасности, которая поставлена перед нами президентом страны... Россия входит в число мировых квантовых лидеров. Разрабатываются передовые образцы квантовых процессов, новые алгоритмы. По поручению президента России создается сетевой Квантовый университет... На повестке дня — построение в нашей стране суверенной квантовой индустрии с участием научных институтов и образовательных центров, промышленных компаний и корпораций, стартапов и инвесторов. Решение этой задачи требует серьезных обсуждений, тщательного анализа и выбора наиболее эффективных инструментов», — подчеркнул в приветственном слове Дмитрий Чернышенко, заместитель председателя правительства РФ по вопросам цифровой экономики и инноваций.

### Квантовый скачок

Генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев в ходе своего выступления

на пленарной сессии отметил, что достигнутые результаты дорожной карты по квантовым вычислениям открывают возможности выхода квантового проекта на следующий мощный виток. «Главное — горизонт планирования. Важно не только решить научную задачу в моменте, например достичь 70, 100 или 170 кубитов, но и посмотреть за горизонт десятилетий, попробовать найти решение завтрашнего и послезавтрашнего дня. Сегодня с учеными мы начали говорить о десятилетнем планировании с выходом на длительное целеполагание, чтобы мы понимали, к чему идем не только в 2035-м, но и в 2040–2045 годах», — сказал Алексей Лихачев. Руководитель «Росатома» подчеркнул необходимость максимально использовать возможности квантовых вычислений сегодня и в ближайшем будущем. «Настало время переосмыслить масштаб квантового измерения, вывести его на более высокий приоритетный уровень. Нужен проект "Квантовый прорыв"», — заключил он.

«Крупнейшие мировые компании уже заинтересованы в проведении пилотных проектов с использованием квантовых вычислений в задачах оптимизации и машинного обучения — в финансах, транспорте, логистике, на сложных производствах. А на горизонте 2028–2033 годов, по мнению аналитиков, квантовые компьютеры смогут соревноваться с классическими в эффективности выполнения реальных промышленных задач. На наших глазах квантовые технологии выходят из стен исследовательских лабораторий и становятся основой новой глобальной индустрии. Мы — «Росатом» и страна в целом — намерены быть в этой формирующейся технологической реальности не пассивными наблюдателями, а значимыми действующими лицами», — подчеркнула Екатерина Солнцева, директор по квантовым технологиям госкорпорации «Росатом».

Вопросу внедрения квантовых вычислений в атомной отрасли была посвящена сессия «Квантовый Росатом». Представители дивизионов госкорпорации, ставшие пионерами внедрения, поделились ходом реализации пилотных проектов по применению этой технологии для решения отраслевых задач. Основными сферами, где уже получены или ожидаются первые практические результаты на модельных задачах, названы оптимизация производственных и логистических процессов, сложные инженерные расчеты, ускорение машинного обучения, создание молекул и другие.

В ходе экспертной сессии «Квантовый человек» эксперты обсудили, как сформировать «квантовый» кадровый резерв и сделать Россию лучшей страной для реализации в профессиях будущего. «Мы выстроили образовательную экосистему, которая позволяет быстро наращивать кадровый потенциал. Занимаемся школьниками, студентами, повышением квалификации собственных сотрудников. В части кадрового обеспечения квантового проекта — по сути, новой отрасли — мы будем следовать принципам своей экосистемы», — объяснила Татьяна Терентьева,

заместитель генерального директора госкорпорации «Росатом» по персоналу.

Также в программу мероприятий Квантовой недели вошли авторские лекции, направленные на популяризацию квантовых технологий и повышение квантовой грамотности. Ведущие ученые квантового проекта рассказали о фундаментальных основах этого научного направления, устройстве квантовых вычислителей и перспективах квантового искусственного интеллекта. Особое внимание было уделено возможностям практического применения квантовых новаций. Так, ученый квантового проекта Илья Заливако рассказал: «Мы решали задачу в области теплопроводности с помощью ионного процессора. Для этого мы переложили ее на язык математики — создали систему дифференциальных уравнений, которую надо решить. Потом мы использовали один из известных квантовых алгоритмов, с помощью которых можно решать системы дифференциальных уравнений. Получили квантовые цепочки, то есть последовательность квантовых операций. Мы запустили их на квантовом компьютере и получили результаты — с какой вероятностью какое квантовое состояние получается. Затем мы запустили вариационный алгоритм, с помощью которого уточнили начальное решение и смогли приблизиться к истинному ответу. Повторив цепочку несколько тысяч раз, мы получили точный ответ».

### Для практических задач

На Форуме будущих технологий, который состоялся в Москве в феврале, квантовой тематике, в том числе практическому применению квантовых технологий, также было уделено значительное внимание. Генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев рассказал президенту России Владимиру Путину о развитии квантового проекта и представил первый опыт атомной отрасли по пилотному применению квантовых вычислений для практических задач.

«Росатом» начал работу над пилотным применением квантовых новаций, развернув масштабную отраслевую программу, в которую сегодня входит более 30 проектов. Поставленные перед квантовыми программистами задачи касаются оптимизации производственных процессов, моделирования химических и биохимических реакций, ИИ.

Так, для инновационного проекта атомной отрасли «Прорыв» с помощью квантовых вычислений решались модельные задачи по планированию топливообеспечения АЭС и моделированию теплопереноса в твердотельных конструкциях. В числе других квантовых задач для предприятий «Росатома» — оптимизация технологических цепочек добычи, переработки, производства и поставки, формирование производственного расписания, оптимизация календарного плана сооружения АЭС.

Ряд задач, например повышение точности автоматизированной медицинской диагностики, связан



### Екатерина Солнцева

Директор по квантовым технологиям  
госкорпорации «Росатом»:

“

На наших глазах квантовые технологии выходят из стен исследовательских лабораторий и становятся основой новой глобальной индустрии. Мы — «Росатом» и страна в целом — намерены быть в этой формирующейся технологической реальности не пассивными наблюдателями, а значимыми действующими лицами

”

с применением квантовой информатики для искусственного интеллекта, что сокращает время обучения нейросети, увеличивает точность расчетов, снижает энергозатраты.

Квантовые вычисления считаются перспективной технологией для решения задач биоэкономики, например моделирования и оптимизации химических реакций для повышения глубины переработки и уровня выхода годного продукта и моделирования целевых радиофармпрепаратов.



# Кванты берут в расчет

Направления развития квантовых технологий в России

Участники Первой отраслевой конференции по квантовым вычислениям в январе этого года обсуждали основные направления развития квантового проекта: будущее квантовых компьютеров, применение кван-

товых вычислений в атомной отрасли, подготовку специалистов, создание квантовых продуктов... Мы собрали прозвучавшие тезисы, показавшиеся нам наиболее интересными и важными.

## Стратегические задачи

- Помимо квантовой дорожной карты, рассчитанной до 2030 года, необходимо разработать долгосрочную программу развития российских квантовых технологий до 2035 года и на дальнейший период.
- Следует сформировать прорывной квантовый проект, обладающий большим масштабом и нацеленностью на значимый практический результат.
- Необходимо готовиться к быстрому росту вычислительных мощностей квантовых компьютеров, так называемому квантовому превосходству, которое, по экспертным оценкам, ожидается в период с 2028 по 2032 год. «Готовиться» — значит создавать алгоритмы, которые можно масштабировать, чтобы перейти от решения «пилотов» на простых системах к реальным задачам на сложной вычислительной архитектуре.

## Практические задачи

- «Росатом» реализует масштабную программу практического применения квантовых вычислений. Всего в отраслевом портфеле на разной стадии реализации уже более 30 проектов.
- Квантовый процессор подходит для решения задач оптимизации производства, моделирования химических реакций и физических процессов.
- Дивизионы «Росатома» ждут применения квантовых вычислений для оптимизации технологических цепочек добычи, переработки, производства и поставки; формирования производственного расписания, оптимизации календарного плана сооружения АЭС, моделирования теплопроводности и других задач.
- Для развития квантовой практики Минцифры России выразило готовность взять на себя оплату 80–90% расходов на внедрение квантовых решений в реальные проекты при условии софинансирования со стороны заказчиков.

## Квантовые продукты

- Продуктом может быть квантовый процессор (устройство), доступ к вычислительным мощностям процессора или проведение вычисления (услуги), а также результаты этих вычислений (достижение конкретных результатов в поставленной задаче).
- Российские образовательные программы и участие в проектах подготовки кадров в области квантовых вычислений потенциально являются перспективными экспортными услугами.
- Формировать линейку продуктов необходимо в логике экосистемы с учетом возможностей партнеров и требований регуляторов в разных странах.
- Рынок сбыта в области квантовых вычислений пока узкий. Многие страны плохо знакомы с ними, поэтому необходима популяризация квантовых технологий, ознакомление с квантовой экосистемой и в итоге формирование спроса.

## 107 задач и 360 кейсов

в 12 отраслях и 32 странах — мировая база задач и кейсов (по данным открытых источников)

47

квантовых алгоритмов созданы в России в части квантового программного обеспечения для использования в решении промышленных задач

8

организаций «Росатома» реализуют проекты по тестовому применению квантовых вычислений

## Подготовка кадров

- По инициативе «Росатома» в России создается сетевой Квантовый университет. Создание университета поддержано президентом России и вошло в перечень президентских поручений по итогам первого Форума будущих технологий.

На Конгрессе молодых ученых НИЯУ «МИФИ», НИТУ «МИСиС», МФТИ и другие вузы подписали соответствующее соглашение о намерениях. Проектный офис будет базироваться в МИФИ. Ожидается, что к проекту присоединятся МГУ им. М. В. Ломоносова и НИУ «ИТМО», а также зарубежные вузы из Китая, Индии и Беларуси. Университет станет сетевым образовательным центром в области квантовых технологий: он объединит в единую систему существующие программы вузовской подготовки квантового профиля. Предполагается, что выпускники Квантового университета станут разработчиками новейших квантовых систем и будут находиться на фронтире научного и инженерного поиска.

- В целях подготовки квантовых специалистов для производства «Росатом» разрабатывает программу дополнительного профессионального образования «Квантовые технологии и способы их применения на предприятиях».
- Минцифры России готово системно поддержать подготовку кадров по специальности «квантовый инженер».
- Школьники, приходящие в лучшие российские технические вузы, не уступают по способностям и уровню подготовки школьникам, поступающим в подобные зарубежные вузы (Стенфорд, Гарвард, Империял колледж и проч.).
- В России должно быть достаточно интересных научных и технических задач, чтобы подготовленным специалистам было где реализоваться. Это касается не только российских студентов, но и зарубежных.

## Взгляд в будущее

- Квантовые компьютеры с высокой долей вероятности не заменят обычные вычислители и будут предназначены для решения задач высокой сложности, которые недоступны классическим компьютерам или смогут дать значительно больший эффект. Возможно, появится корреляция между типом физической системы, на которой построен квантовый процессор, и типом решаемых на нем задач.
- Перенос искусственного интеллекта на квантовую основу может снять ограничения и риски, связанные с нехваткой вычислительных мощностей и высоким энергопотреблением.
- Высока вероятность того, что квантовые процессоры будут комбинироваться с классическими процессорами, суперкомпьютерами, процессорами на графических картах и т.д. Это необходимо учитывать при определении параметров продуктов.

## Создатели квантовых процессоров в России

19

научных институтов и университетов — организации дорожной карты и партнеры квантового проекта

> 750

исследователей и инженеров — команда квантового проекта

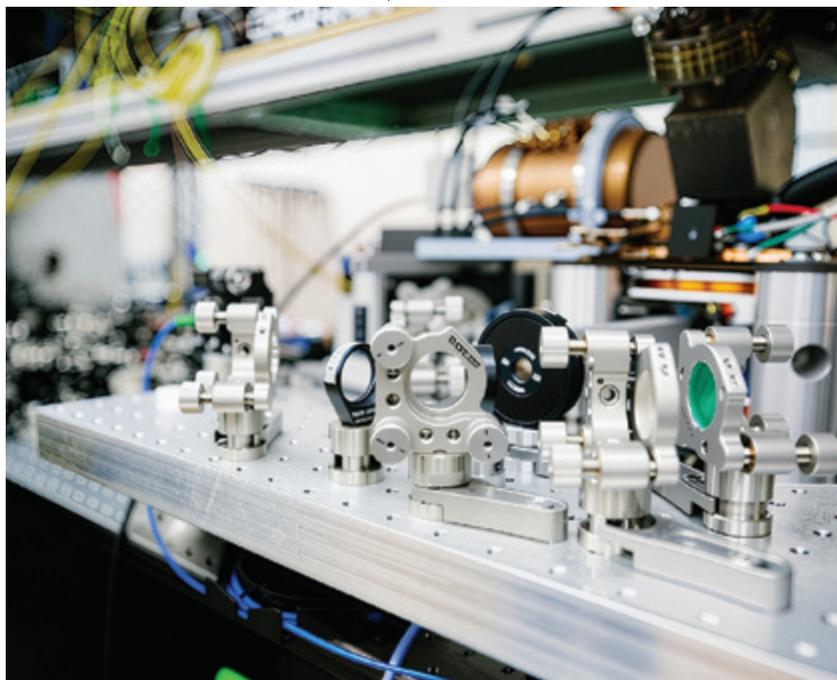
## Размеры семи российских квантовых процессоров по итогам 2025 года

Созданы в рамках дорожной карты по квантовым вычислениям:

- 72 кубита — на нейтральных атомах
- 72 кубита — на ионах кальция
- 70 кубитов — на ионах иттербия
- 35 кубитов — на фотонах
- 16 кубитов — на сверхпроводниках-флакониумах

Созданы вне дорожной карты:

- 40 кубитов — на сверхпроводниках
- 8 кубитов — на сверхпроводниках



Текст: Вероника Глушкова

Фото: Физический институт, медиациентр физического факультета МГУ, МИСИС

Николай Колачевский, научный руководитель дорожной карты по квантовым вычислениям:

## «Мы готовимся к перелому в вычислительной парадигме»



**В дорожной карте «Квантовые вычисления», за которую отвечает «Росатом», участвует много научных групп и организаций. Мы обратились с просьбой рассказать об итогах 2025 года и задачах на 2026 год к научному руководителю дорожной карты академику РАН Николаю Колачевскому.**

— Николай Николаевич, расскажите, каких интересных результатов удалось добиться за год.

— Коротко напомню предысторию. Работа в направлении квантовых вычислений стартовала в 2020 году, когда по решению правительства России и при координации «Росатома» ученые ряда научных институтов и университетов страны разработали соответствующую дорожную карту. Документ был утвержден, и можно сказать, с этого момента Россия

по-настоящему включилась в глобальную квантовую гонку. Начали мы с большого отставания от стран-лидеров, хотя определенные научные наработки в нашей стране уже были, в частности, имелись квантовые процессоры в 2 кубита.

Главной задачей первой дорожной карты, рассчитанной до 2024 года, было научное развитие и создание отечественного прототипа квантового компьютера. Это очень сложная научная задача — до сих пор в мире идет серьезная работа по созданию квантового компьютера с высоким качеством операций, например вычислителя в 100 кубитов с точностью операций 99,99%.

К началу 2025 года мы существенно продвинулись в решении этой задачи. Организациями квантового проекта «Росатома», в том числе возглавляемым мною Физическим институтом, МГУ им. М. В. Ломоносова и НИТУ «МИСИС», были созданы прототипы квантовых вычислителей на ионах, атомах, фотонах и сверхпроводниках. Тем самым Россия вошла в число первых трех стран (вместе с США и Китаем) с действующими квантовыми процессорами на всех четырех основных платформах. Вместе с тем США и Китай остаются безусловными лидерами сферы квантовых технологий, они с большим отрывом ушли вперед.

В 2025 году стартовала дорожная карта по квантовым вычислениям до 2030 года. Мы серьезно обсуждали ее с научными группами, проектировали результат, который может быть продемонстрирован к 2030 году. Дело в том, что обязательства — это большая ответственность, они должны опираться на реальную базу и при этом быть амбициозными, чтобы стимулировать результат качественно иного уровня.

Благо, у нас для этого создана хорошая база: в рамках дорожной карты приобретено исследовательское оборудование и оснащаются новые лаборатории, сформированы и укреплены команды, участвующие в дорожной карте, — у нас стало гораздо больше понимания, что надо делать и куда двигаться.

В новой дорожной карте уделено внимание развитию квантовых процессоров — до 300 кубитов к 2030 году, квантового ПО — запланирована разработка 54 новых квантовых алгоритмов в дополнение к 34, созданным на первом этапе квантового проекта. Но вызовом

нового этапа становится практическое применение квантовых вычислений. Да, квантовое превосходство для решения полезных задач еще не достигнуто, но мы уже сегодня должны готовиться к квантовой практике, чтобы потом не оказаться в отстающих. Ученым нужно учиться взаимодействовать с представителями производства и понимать их задачи. Равно как и промышленникам предстоит погружение в квантовые технологии.

#### — Сколько времени потребуется на это?

— Конечно, это процесс небыстрый. Но по инициативе «Росатома» уже в 2025 году здесь набран хороший темп. Представители научных групп проводят семинары для дивизионов атомной отрасли и других отраслей, мы знакомим коллег с квантовыми вычислителями, идет целенаправленная работа по поиску задач для решения с применением квантовых вычислений. И что очень важно, чтобы совместная работа шла быстрее, разрабатывается образовательная программа для сотрудников «Росатома» по квантовым вычислениям.

#### — А что сегодня определяет научную повестку дорожной карты?

— Научные группы работают над увеличением мощности квантовых вычислителей. Не просто количества кубитов, но и точности операций, способности к коррекции ошибок... Например, ученые, развивающие ионный процессор, говорят о том, что в архитектуре на оптических кубитах на ионах иттербия на длине волны 435 нм есть ограничения по времени когерентности. И нет возможности перешагнуть рубеж чуть выше 98% по достоверности двухкубитных операций. Чтобы его преодолеть, надо использовать другие методы, которые они уже активно прорабатывают.

Несмотря на ограничения, ионный квантовый вычислитель, созданный учеными Физического института, на сегодняшний день самый мощный в России. У него 70-кубитная архитектура на 35 ионах в кудитной конфигурации (кудиты — квантовые объекты, которые, в отличие от двухуровневых кубитов, имеют три и более рабочих состояний. — *Примеч. ред.*), на нем можно запустить полноценные алгоритмы. IBM заявляет, что может запускать до 5 тыс. двухкубитных операций на своем процессоре «Козодой» (Nighthawk). На процессоре Google «Ива» (Willow) — примерно 3 тыс. операций. Но надо понимать, что это не глубина алгоритма 3 тыс. операций, а показатель того, сколько вообще когерентность в квантовом компьютере позволяет запустить двухкубитных операций.

#### — А что у нас?

— Около 50 двухкубитных операций. С лидерами большой разрыв, но мы его сокращаем. Уже сегодня мы можем запускать довольно сложные и разнообразные алгоритмы, причем с коррекцией ошибок. В этом году физики РАН вместе с партнерами работали в направлении смягчения ошибок, и первые результаты соответствуют мировому уровню. Направление смягчения ошибок появилось только в 2025 году, раньше

мы на этом не фокусировались, и надо научиться грамотно использовать его возможности. Сделать полную матрицу ошибок квантовой системы, чтобы потом научиться их корректировать, — отдельная научно-техническая задача.

Ученые этой же научной группы реализовали самый большой в мире квантовый алгоритм на кудитах — 10-кубитный гейт Тоффоли (многокубитную логическую операцию. — *Примеч. ред.*) — и показали мировой рекорд. Научились перепутывать в кудитной архитектуре два и более куквартов (квантовых единиц информации, имеющих четыре стабильных состояния. — *Примеч. ред.*). За этим — огромная научная работа: надо подготовить софт, откалибровать систему, понять тонкие нюансы, которые возникают за счет сдвигов энергии уровней в системе. Теперь мы на уровне, который приближает нас к практическому использованию. Опубликовали об этом блестящую статью в журнале *Physical Review Letters*.

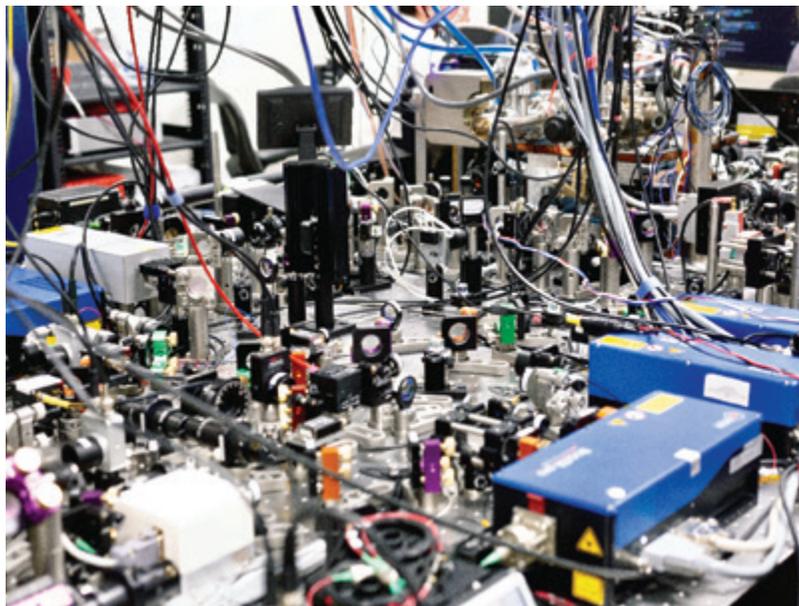
Еще одно направление — развитие исследовательской базы. В лабораториях РАН сейчас в финальной фазе монтаж оптических столов под квантовые компьютеры. Это означает полную готовность к тому, чтобы размещать квантовый компьютер больше 100 кубитов в современной инфраструктуре.

#### — Как продвигается команда, работающая с нейтральными атомами?

— Я горжусь результатами, которые показали в 2025 году коллеги из МГУ им. М. В. Ломоносова в рамках квантовой дорожной карты. Они переделали архитектуру своего компьютера на нейтральных атомах: изменили схему возбуждения, чтобы создать ридберговскую блокаду — это ключевое условие для реализации двухкубитной операции на нейтральных атомах. Суть такая: чтобы два кубита взаимодействовали и один кубит знал о существовании и состоянии

#### На фото

В 2025 году ученые МГУ повысили размерность прототипа квантового вычислителя на одиночных нейтральных атомах рубидия до 72 кубитов



второго, лазерами один из кубитов переводится в высоковозбужденное состояние, атом становится большим, вплоть до одного микрона, и начинает настолько сильно влиять на соседний атом, что тот реагирует на изменения, которые происходят в первом. То есть один атом блокирует возможность операции на втором атоме. Так вот, коллеги изменили систему возбуждения: поставили новые лазеры, стабилизировали их, получили гораздо лучшие характеристики процесса возбуждения в ридберговское состояние.

Затем они изменили вычислительные структуры. Раньше у них был единый массив атомов — прямоугольник 10 на 5 атомов, и они пытались проводить в нем двухкубитные операции. Это сложно, потому что, когда много соседей, тяжело сделать глобальный пучок для возбуждения. Поэтому они сделали регистр памяти из 72 атомов — прямоугольник 9 на 8 атомов. А под ним сделали вычислительный регистр из маленьких «прямоугольничков», куда они вытаскивают по два атома с помощью оптических пинцетов, проводят над ними операции и возвращают обратно. Очень напоминает архитектуру обычного компьютера, у которого есть процессор и память. Правда, процессор пока маломощный — три зоны по два кубита. Плюс из-за своей специфики атомные кубиты пока «живут» не так долго, как хотелось бы, — всего несколько секунд, и качество операций надо улучшать, но то, что им удалось, — существенное достижение. Это позволяет масштабировать систему. Можно не 72 кубита ставить в память, а 300 или 500, насколько мощности лазера хватит, а вычисления проводить на вычислительном регистре. Тогда открывается довольно понятная,

хотя и непростая дорога к системам в 100, 300 и так далее кубитов.

— **Расскажите, пожалуйста, про сверхпроводники.**

— В этом направлении есть хорошие новости. В рамках дорожной карты в НИТУ «МИСИС» было продемонстрировано 16 кубитов в процессоре на флаксониумах с хорошей точностью двухкубитных операций, 98,7%. Это соответствует хорошим международным показателям. Есть сложности, которые предстоит преодолеть, они в большей степени носят технологический характер: надо сделать криогенные усилители на чипе и высокочастотную электронику, увеличить время когерентности, улучшить качество однокубитных операций, потому что у сверхпроводящих платформы больше сложностей именно с ними.

В целом у нас в стране есть три научные группы, которые на разных технологических базах развивают сверхпроводниковые процессоры, в том числе упомянутый МИСИС, он работает в рамках дорожной карты. У всех трех групп серьезные планы по развитию. Это, я считаю, характеризует наш потенциал в стране.

Что еще важно. В России научились делать криостаты растворения для сверхпроводниковых вычислителей. В них можно создавать температуру на уровне 20 мК. Этого достаточно для создания сверхпроводящих цепей. Такие делали в Советском Союзе, но мы эти технологии в большой степени растеряли. Около четырех лет назад Минобрнауки России запустило проект по научному приборостроению, в рамках которого удалось создать такой криостат. Это открывает

**На фото**

Ученые МИСИС занимаются разработкой процессоров на новом типе сверхпроводниковых кубитов — флаксониумах



возможности для развития сверхпроводниковых платформ в целом по стране.

— **Интересно узнать про флаксоны.**

— Флаксоны (особый тип сверхпроводящих кубитов. — *Примеч. ред.*) на сегодняшний день — это главный конкурент классических сверхпроводниковых кубитов. Ученые дорожной карты из МИСИС продемонстрировали малокубитную систему на флаксонах с высокими показателями когерентности. Вместе с тем пока флаксоны находятся в разряде перспективных платформ.

— **Они не лучше «обычных»?**

— Это одно из направлений развития сверхпроводниковых вычислителей. Ученые во всем мире, как и у нас в стране, ищут новые подходы и решения, которые позволят серьезно продвинуться на новый уровень качества процессоров, хотя это непростая задача. И направление флаксонов в этом смысле является интересным.

В квантовых вычислениях вообще много интересных направлений. Поэтому в дорожную карту заложены дополнительные проекты, которые нужны, чтобы в развитии текущих платформ не упустить перспективные исследования. Ведь в целом это сфера только формируется, и мы должны обладать наработками по целому спектру направлений.

— **А что сейчас в мире мейнстрим?**

— Сверхпроводниковая платформа на трансмонах и ионная платформа на чипах. Ряд зарубежных компаний, к примеру IBM, уже предлагают свои сверхпроводниковые «квантовые машины» для продажи.

— **Зачем? Какие задачи решают покупатели?**

— В основном академические: тренировка, изучение интеграции с суперкомпьютерами, составление алгоритмов для многокубитных квантовых компьютеров. Ставят квантовые компьютеры рядом с ЦОДами, развивая интеграцию квантовых вычислений с суперкомпьютерами. Приобретая квантовые компьютеры, страны, у которых не было разработок в этой области, по сути, вступают в квантовую гонку.

— **В части квантового железа нам пока продавать нечего?**

— В рамках дорожной карты к 2030 году будут созданы два промышленных квантовых вычислителя. Но, как исследователь, я заинтересован в том, чтобы практическое применение немножко отложилось вправо.

— **Почему же?**

— Как только появится четкое понимание того, что надо предпринять и какие надо сделать шаги для создания «коробочного» квантового вычислителя, это

станет делом инженеров, и роль ученого уйдет на второй план — он должен будет заниматься новым направлением, «смотреть на далекие звезды». Но будет плохо, если все останется только в контуре исследований. Стране надо, чтобы хотя бы часть этих исследований перешли в железо и алгоритмы, которые потом будут использоваться для практических задач.

— **Какими вы видите практические задачи из сегодняшнего дня? Понятно, что через год это представление может измениться.**

— Это самый сложный вопрос. В мире нет полного понимания, где будут использоваться квантовые компьютеры. Но есть масса ожиданий, причем у самых сильных игроков, IBM и Google, что практическое применение даже без превосходства начнется в ближайшие три года. Области, в которых предсказывают практическое применение, — то, что я читаю в профильной литературе, — ближе всего к исследованиям в физике: ферромагнетики, спиновые материалы. Может быть, расчет сложных молекулярных соединений, потому что атомы в молекуле — это суть квантовые объекты и взаимодействие в атоме — квантовое. Именно поэтому квантовый компьютер неплохо моделирует квантовое взаимодействие в атоме.

Еще есть ожидание, подтвержденное рядом масштабируемых примеров, что можно будет на квантовых процессорах решать задачи квадратичной оптимизации, то есть логистики, улучшения производственных процессов. Они, по сути, однотипные: у тебя есть довольно сложный граф, и ты должен искать в нем оптимальные пути. «Яндекс. Карты» — один из хороших примеров задач квадратичной оптимизации, когда надо связать две точки через потенциально очень разные пути. Вот те направления, которые в мире сейчас продвигаются.

Также все понимают, что универсального квантового компьютера в том виде, в каком изначально обсуждалось, — мол, у нас вместо обычного компьютера будет квантовый, — не будет. Это даже по суперкомпьютерам видно: есть на GPU, на CPU, есть с искусственным интеллектом, есть те, которые считают потоковые данные, и это совершенно разные направления. Мы сейчас готовимся к некоему перелому в вычислительной парадигме, подобному появлению больших языковых моделей. Видимо, какие-то задачи будут отдаваться специализированным вычислителям, и квантовые вычислители смогут там занять свою нишу.

— **Давайте свернем с общей квантовой истории на конкретно ионный процессор, который ближе вам. Какие задачи он может решать?**

— Фокус ионного вычислителя — задачи оптимизации. Например, он может выполнять алгоритм Гровера. Он практически значим и связан с расшифровкой бинарной строки. Но тут встает вопрос большой ресурсоемкости: количество задействованных кубитов быстро растет с увеличением объема входных

**«Вызовом нового этапа становится практическое применение квантовых вычислений. Мы уже сегодня должны готовиться к квантовой практике, чтобы потом не оказаться в отстающих. Ученым нужно учиться взаимодействовать с представителями производства и понимать их задачи. Равно как и промышленникам предстоит погружение в квантовые технологии».**

данных, поэтому для него надо не 3–4, а 100 кубитов запускать.

Мы уже решали задачи, связанные с факторизацией, логистикой, есть наработки для решения линейных уравнений. Для проекта «Прорыв» «Росатома» посчитали некоторые задачи теплопроводности. Они, конечно, тестовые, но с практическим оттенком.

Еще одна практически значимая история — менять верхний слой нейросети на квантовый слой и распознавать числа, буквы. В Физтехе это тоже делают. Насколько это перспективная история, сказать не могу. По ощущениям, пока мы далеки по мощностям от больших языковых моделей и других систем, которые этим занимаются сфокусированно.

Есть довольно большой стек задач и гипотез, которые мы в рамках обязательств по дорожной карте должны в ближайшие годы проработать. Хочется найти так называемые масштабируемые алгоритмы. Суть их в том, что ты на «игровой» задаче показываешь практически значимый результат, а потом, при появлении более мощного железа, которое, надеемся, появится через три — пять лет, можно будет алгоритм масштабировать с прицелом на то, что он будет работать эффективнее классического.

Именно в этом состоит философия упомянутой мною программы внедрения квантовых вычислений в атомной отрасли. Тестовые проекты здесь касаются оптимизации различных производственных процессов, моделирования химических и биохимических реакций, ИИ.

— А просчитывать молекулы? Ваш коллега Илья Семериков говорил, что на ионном процессоре такие расчеты делали.

— Да, делали. Что надо сегодня: у вас есть сложная молекула, и примерно понятно, что она делает. И есть ощущение, что если к ней присоединить углеводородную цепочку или радикал или перегруппировать,

то это может усилить или ослабить действие основного препарата. Искусственный интеллект научился с высокой степенью достоверности отвечать на вопрос, будет ли новая молекула устойчивой. Если она неустойчива, то химик может месяц пытаться синтезировать, прежде чем поймет, что это невозможно. И задача квантового вычислителя такая же: понять, насколько то или иное атомарное или молекулярное соединение стабильно.

— Как?

— Мы сейчас в глубокую физику уйдем. Давайте расскажу про ферромагнетики, у них спины неким чудесным образом выстраиваются все в одну сторону. Это тоже квантовый материал: любой постоянный магнит — это квантовый материал. Природа так решила, что всего три материала являются ферромагнетиками — железо, никель и кобальт. Но к ним добавляют самарий, неодим и т.д., и надо ответить на вопрос, сохранятся ли магнитные свойства, усилятся или исчезнут. На компьютере это посчитать очень-очень сложно, потому что это волновые функции, взаимодействие орбиталей и точка Кюри: когда при нагреве ты ее проходишь, все магнитное чудо разваливается, и у тебя в руках просто кусочек железа.

— А как это можно посчитать?

— Ну как... Это очень сложно и описывается очень большой матрицей. Если у потенциальной кривой есть минимум, значит, скорее всего, состояние будет стабильным. Это нормальная молекулярная физика начинается.

Еще есть интересная задача расчета свертывания белков. Длинная молекула как-то сворачивается и остается стабильной, да еще и дает доступ к некоторым внешним связям. Те, кто занимается квантовой химией, некоторые шаги в эту сторону делают.

— Квантовые компьютеры смогут это рассчитывать?

— Задачи, которые люди считают практическими, могут быть решены с помощью очень хорошо проработанных пакетов программ на суперкомпьютерах. Квантовые компьютеры пока к этим возможностям не подошли.

— Надо же с чего-то начинать.

— Надо убедить людей, что надо с чего-то начинать. Люди в основном заняты решением своих задач, а им приходится делать большой шаг назад, редуцировать свою задачу до достаточно примитивной, чтобы ее можно было приспособить к квантовому процессору. Это неплохо, происходит взаимное погружение, но процесс требует усилий. Пока мы говорим про молекулы, то ученые взаимообогащаются. А если речь идет о логистике? Квантовому физику вникать в оптимизацию перевозок и движение контейнеров? Прямо скажем, не его профиль.

Нужны специальные «мостики» между этими двумя сторонами, и хорошо, что у нас они есть, к примеру группа дорожной карты под руководством Алексея Федорова. Это высокое искусство — определить направление, которое будет тебя обогащать в научном плане и интересно с практической точки зрения. Приходится иногда какие-то барьеры внутренние ломать, когда, например, люди тебе говорят, что у них на решение задачи есть от трех до шести месяцев, и если за этот период задачу не решить, то им неинтересно. Я их понимаю, они в процессной деятельности, у них снег падает, и надо оптимизировать движение грузовиков на снеготопивные точки, а мы тут с квантовыми компьютерами. Договорились, что будем продолжать. Посмотрим, какую из их задач можно приспособить к квантовым компьютерам, кем из наших людей можно в хорошем смысле пожертвовать, чтобы подключить к обсуждению.

#### — Это жертва?

— Квантовых алгоритмистов во всей стране, наверное, всего около сотни. В Физическом институте есть четыре хороших алгоритмиста. Если я на взаимодействии с внешними сторонами выделю двух, то у меня останутся только два. И надо понимать, что работая с ними, наши ученые не потратят время на то, чтобы получить публикацию в *Physical Review Letters* или *Nature*. Многие ученые думают, как красиво сделать эксперимент, как красиво его обыграть, тратят на это годы своей жизни. В это время заниматься чем-то совсем другим почти невозможно.

#### — Какие задачи стоят на 2026 год?

— Во-первых, мы должны выполнить показатели по числу кубитов. Второе важное направление — повышение качества операций. Мы все хотим, чтобы на квантовом компьютере можно было производить реальные вычисления и запустить алгоритм — тестовый, оригинальный — любой. Без повышения качества операций сделать внятный алгоритм невозможно. Третье направление, к которому мы близко подошли, — это коррекция ошибок и то, что мы для этого можем сделать не в железе, а в софте. И, если говорить конкретно про нашу группу (развивающую платформу на ионах иттербия. — *Примеч. ред.*), то четвертое направление — это оригинальные алгоритмы. Мы будем прорабатывать и дальше продвигать нашу кудитную историю. Мы написали транслятор, то есть «переводчик» из стандартного квантового языка на наш, кудитный, он распределяет задачи по нашей кудитной архитектуре. Думаю, результаты будут хорошими. Есть понимание, что четырехуровневые системы выигрышны для нас. Наконец, пятое направление — технологическое: нам надо сфокусироваться на технологиях. Если говорить про трансмоны, то это улучшение технологии создания чипов и криогенной части. Понятно, как делать, осталось сделать. По ионам — это ловушки. Мы сделали первые однокубитные операции в планарной системе. Это лишь самые первые шаги в сторону

систем, которые страны-лидеры уже коммерциализуют. Но мы намерены активно работать в этих направлениях.

#### — Насколько это сложно?

— Это уже в чистом виде гонка технологий, подобная той, которую мы наблюдаем в микроэлектронике. Если бы мне 20 лет назад сказали, что будут интегральные системы в 7–10 слоев с толстыми диэлектриками, конденсаторами и детекторами на чипе, с подведенными к ионам волноводами, что можно будет устойчиво взаимодействовать со свободно висящими ионами в карманном устройстве, что они там будут жить неделями, я бы это воспринял как очень-очень-очень далекую научную цель. А сейчас это стало простым делом. Мы к этому пока делаем первые шаги. В разработке планарной технологии мы находимся в той же фазе, что и в 2020 году в работе с кубитами. Разрыв пока большой. И он не преодолевается только с помощью ученых, потому что есть еще проблемы микроэлектроники: литографии, травления, материалов, шлифовки, контроля качества и вообще культуры работы. К сожалению, в этих технологических задачах прыжком ничего не получится сделать, даже если очень хочется быстрее и лучше. Надо двигаться поступательно — невозможно сразу воспроизвести сложную систему, пока не разберешься в нюансах.

#### — Так что же делать?

— Последовательно работать. Обрастать людьми, которые имеют вкус к технологической деятельности, мы таких сильно подрастеряли за последние годы. У них своеобразная модель труда: они не ученые, у них грантов нет, но нет и серийного производства, на котором они зарплату бы получали, они привязаны к единичным установкам. Поэтому им нужны хорошие зарплаты.

Нужно создавать помещения, специально приспособленные под квантовые компьютеры. Чем больше кубитов, чем выше точность, тем выше требования к помещению по вибрации, температуре, влажности, доступу к энергоснабжению. Любой сбой в электропитании приведет к неприятным последствиям для качества вычислений.

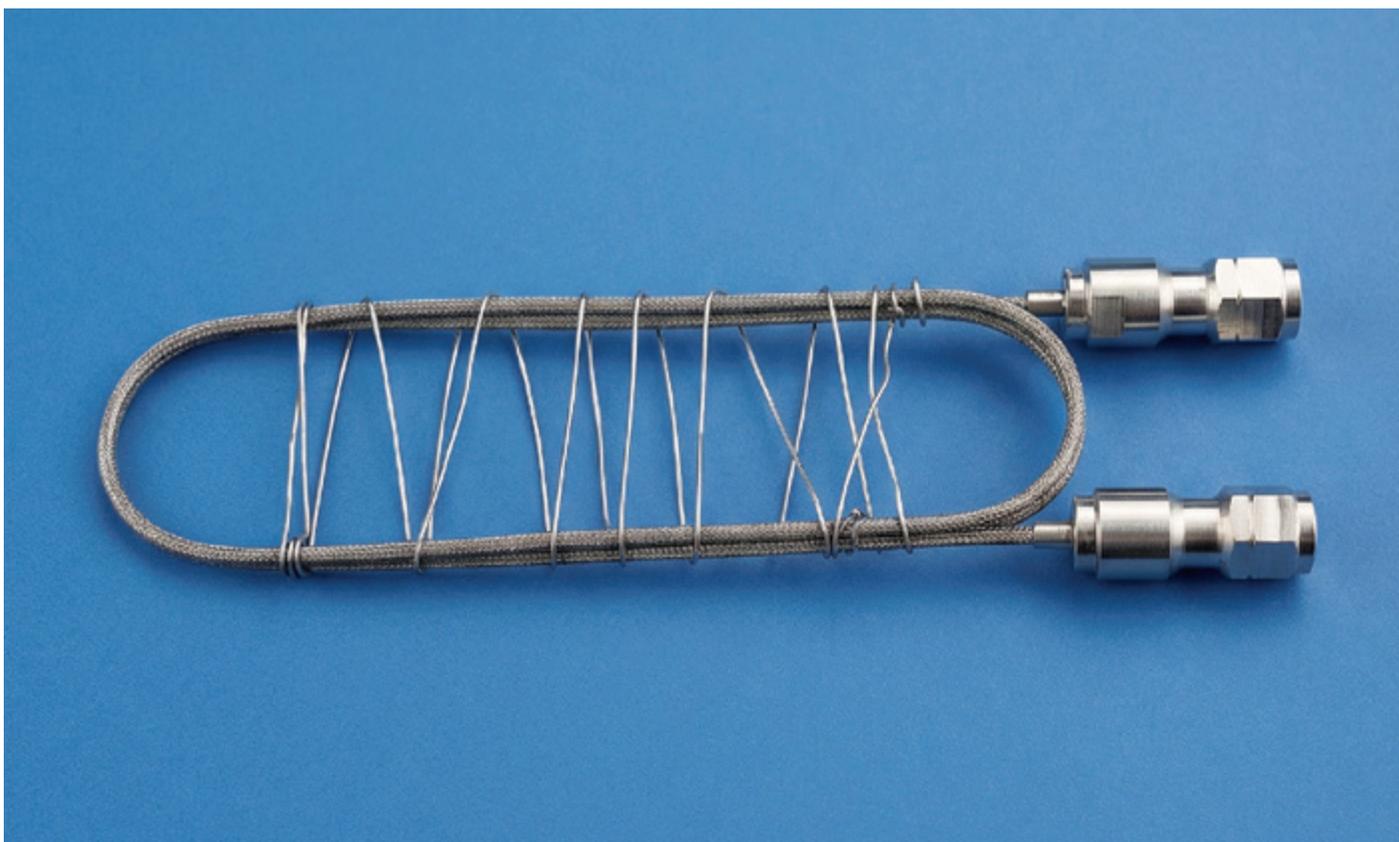
Резюмируя: на 2026 год я смотрю вполне оптимистично. Не вижу препятствий к тому, чтобы мы сохранили набранный темп. Развитие очень сильно зависит от мотивации, поэтому то, что в мире квантовая тема движется, — это, конечно, сильный мотиватор. Ученые квантового проекта, а это молодые ребята, видят, что направление живое, к ним большой интерес. С одной стороны, это утомительно, когда у тебя раз в две недели визит гостей в лабораторию, с другой стороны, это здорово, значит, тобой интересуются. Ученый — это творческая профессия. Если творческой профессией интересуются, за счет этого она и живет. Деньги имеют потолок мотивации. Люди работают активно и увлеченно не только за деньги, но и потому, что это интересно.

Текст: Алексей Комольцев

Фото: Nano Banana AI / газета «Страна Росатом»

# Коаксиальная, сверхпроводящая, своя

*Еще один шаг к российскому квантовому компьютеру*



**Сверхпроводимость — свойство некоторых материалов при низких температурах утрачивать электрическое сопротивление и проводить ток без потерь. Это может быть полезно как для создания высоких магнитных полей (например, в токамаках), так и для сверхточной передачи сигнала в квантовых компьютерах. Одна из разработок ученых Бочваровского института — коаксиальная сверхпроводящая кабельная сборка, позволяющая преодолеть технологическую зависимость в этой области от зарубежных поставщиков. Об этой разработке «Вестнику атомпрома» рассказал заместитель директора отделения — начальник управления по разработке технологии сверхпроводящих материалов института Максим Алексеев.**

## Анатомия технологии

Основной профиль нашего научного отделения — низкотемпературные сверхпроводящие материалы, этой тематикой мы занимаемся уже не одно десятилетие. В настоящее время осваиваем технологию высокотемпературных сверхпроводников второго поколения. Накоплен большой опыт создания сверхпроводящих стрендов из ниобий-титана (NbTi), которые применяются в экспериментальных термоядерных установках, ускорителях частиц, медицинских томографах.

Сверхпроводящий ниобий-титановый сплав может быть использован в коаксиальных кабелях квантовых компьютеров. В кристате квантового компьютера такой коаксиальный кабель работает при температуре в несколько милликельвинов (около  $-273$  °C).

В целом такой тип кабеля широко применяется для передачи высокочастотных сигналов. Самый

известный в быту пример — антенный тв-кабель. Коаксиальный кабель состоит из центрального проводника в виде жилы, окруженной изолятором, и внешнего трубчатого проводника. Центральный проводник расположен вдоль геометрической оси внешнего трубчатого проводника, то есть соосно (коаксиально, от латинского термина *coaxialis*, означающего «имеющий общую ось»), отсюда и название. Центральный проводник обычно изготавливается из меди, алюминия, стали. Внешний проводник тоже обычно производится из меди — в виде плетеной сетки, фольги. Сверху внешний проводник покрывается диэлектриком, наружным слоем, который защищает все внутренние компоненты и обеспечивает механическую прочность провода.

Для создаваемых прототипов квантовых компьютеров востребованы специальные, очень тонкие и чувствительные коаксиальные кабели: с их помощью передается сигнал, свидетельствующий о сохранении или изменении состояния ключевых элементов таких компьютеров — сверхпроводящих кубитов.

Сверхпроводящие кубиты функционируют при температурах ниже температуры жидкого гелия. Кабель должен передавать сигнал с минимальными энергетическими потерями за счет сверхпроводящего материала. Но при этом материал проводника должен обладать низкой теплопроводностью. Такое сочетание свойств получить достаточно сложно. Например, высокочистая медь, которая используется для обычных коаксиальных кабелей, обладает низкими потерями при передаче сигнала, но имеет высокую теплопроводность (не случайно медь широко используют для отвода тепла). В составе квантового компьютера это неизбежно даст отрицательный эффект, поскольку даже незначительная передача тепла по кабелю приводит к негативному воздействию на сверхпроводящий кубит.

Но решение для квантовых компьютеров было найдено — это коаксиальный кабель с центральным и внешним проводником из сверхпроводящего ниобий-титанового сплава, который наряду с низкими потерями имеет низкую теплопроводность. В мире изготовление таких изделий освоили очень ограниченное количество предприятий. Наиболее успешной является японская компания, поставляющая такие коаксиальные кабели по всему миру. В том числе коаксиальные кабели производства этой компании используются в российских прототипах квантовых компьютеров.

Мы посчитали интересным и перспективным взяться за разработку такого наукоемкого изделия. К тому же ниобий-титановый сплав был нам хорошо знаком по сверхпроводниковой тематике. В результате мы подали заявку и в 2021 году через Единый отраслевой тематический план (ЕОТП) госкорпорации «Росатом» начали НИОКР по освоению перспективной технологии. Вскоре ее актуальность стала еще более очевидной: после 2022 года кабель иностранного производства стал малодоступен для российских

---

## **«Сверхпроводящий ниобий-титановый сплав может быть использован в коаксиальных кабелях квантовых компьютеров. В криостате квантового компьютера такой коаксиальный кабель работает при температуре около $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Мы посчитали интересным и перспективным взяться за разработку такого наукоемкого изделия».**

---

специалистов, занимающихся квантовыми компьютерами. Поскольку работы по квантовой тематике в России ведутся активно, наши коллеги-квантовики остро нуждаются в этом компоненте.

Первые три года в рамках ЕОТП с ЧУ «Наука и инновации» мы разрабатывали технологию изготовления непосредственно коаксиального кабеля двух типоразмеров. С 2024 года заказчиком стало АО «ТВЭЛ», которое поставило задачу разработать конечное изделие, то есть коаксиальную кабельную сборку, которая представляет собой отрезок коаксиального кабеля необходимой длины (обычно до полуметра), оснащенный с обеих сторон соединителями или коннекторами, при помощи которых сборка надежно подключается к элементам квантового компьютера.

### **Спектр задач и решений**

Ранее при разработке сверхпроводников мы, как правило, выполняли договоры на НИОКР, в которых сами являлись автором и разработчиком конечного изделия по договору, в том числе при масштабировании технологии на производственном предприятии.

Но в данной работе разработкой конструкции и технологии конечного изделия (сверхпроводящей коаксиальной кабельной сборки) занималась внеотраслевая компания — Особое конструкторское бюро кабельной промышленности (АО «ОКБ КП»). Подобные изделия относятся к области радиотехники и СВЧ, что не входит в компетенции предприятий госкорпорации «Росатом». Несмотря на это, наш институт являлся головным исполнителем и нес ответственность за результат перед заказчиком (сначала ЧУ «Наука и инновации», затем АО «ТВЭЛ»).

Непосредственно бочваровцами проводились разработка и изготовление ключевых элементов коаксиального кабеля — центральной жилы (центральный проводник) и капиллярной трубки (внешний проводник). Материал для обоих компонентов — сверхпроводящий ниобий-титановый сплав. Было необходимо освоить два типоразмера жилы и два типоразмера капиллярной трубки.

Несмотря на наш многолетний опыт работы с этим сплавом, возникли трудности при разработке технологии получения этих изделий: чтобы снизить затухание сигнала в коаксиальном кабеле, жила и капиллярная трубка, кроме требуемой геометрии, должны иметь максимально высокое качество поверхности. При этом капиллярная трубка предполагает наличие высокого качества именно внутренней поверхности.

Опыта изготовления капиллярных трубок такого размера из сплава NbTi на момент начала работы у ученых Бочваровского института не было. Имеющийся парк оборудования позволял получать трубки минимальным диаметром 8 мм. Поэтому за деформированием трубки из NbTi до конечных диаметров пришлось обратиться в стороннюю организацию. С этой задачей при активном участии наших ученых-технологов справилось нижегородское предприятие АО «МИЗ-Ворсма», которое специализируется на производстве медицинских игл. Однако эти иглы изготавливаются из стали, которая по физико-механическим свойствам сильно отличается от сплава ниобий-титан. Поэтому нашим специалистам совместно с заводчанами пришлось решить серьезный спектр научно-технологических задач, прежде чем удалось получить капиллярные трубки с требуемыми геометрией и качеством внутренней поверхности. Аналогов данной продукции в настоящее время в России не существует. Разработка технологии получения капиллярных трубок из NbTi является предметом нашей общей гордости.

При разработке технологии получения центральной жилы в виде ниобий-титановой проволоки с высоким качеством поверхности специалистами института Бочвара было опробовано и применено множество различных технологических усовершенствований, связанных с подбором эффективной смазки, разработкой режимов деформации, внедрением

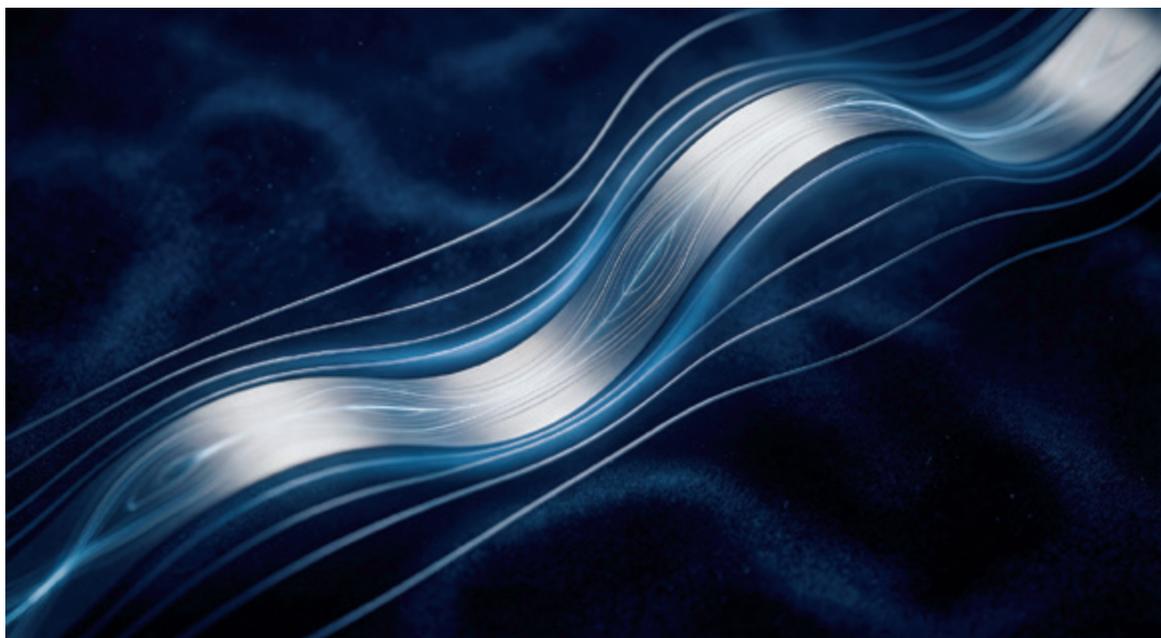
ультразвуковой очистки в специальных моющих растворах.

Итак, за изготовление непосредственно коаксиального кабеля отвечал контрагент института Бочвара — АО «ОКБ КП». Предприятие обладает богатым опытом (кабели для ракетно-космической отрасли, атомного судостроения и др.) и является одним из флагманов кабельной промышленности России. Мы передавали им проволоку и капиллярные трубки из NbTi. Специалисты АО «ОКБ КП» наносили на проволоку слой диэлектрика (изоляции), устойчивого при криогенной температуре, а затем затягивали изолированную проволоку в капиллярную трубку. В итоге после нескольких дополнительных операций получался коаксиальный кабель. Хочется отметить очень хороший сформировавшийся климат взаимодействия специалистов нашего института с представителями контрагентов.

### Надежность соединения

После получения кабеля предстояло разработать, изготовить и испытать конечное изделие — коаксиальную кабельную сборку. Кабельная сборка представляет собой отрезок кабеля с прикрепленными с обеих сторон соединителями (коннекторами).

Известные мировые производители в качестве соединителей используют коммерчески доступные коннекторы из бериллиевой бронзы. Для изготовления кабельных сборок они присоединяют коннекторы к кабелю при помощи пайки. Поскольку рабочей температурой коаксиального кабеля в криостате квантового компьютера являются милликельвины, то при помещении кабеля в криостат из комнатной температуры он испытывает перепад в 300 градусов. В месте соединения материалы кабельной сборки имеют различные коэффициенты температурного расширения



(сплав NbTi, бериллиевая бронза, припой), при таких сильных перепадах температуры в местах паяного соединения образуются трещины, и, как следствие, возрастает затухание сигнала.

Чтобы справиться с этой проблемой, было принято решение разработать свои уникальные отечественные соединители, исключая возможность трещинообразования при термоциклировании (от комнатной температуры до температуры жидкого гелия), с использованием удобного механического соединения вместо трудоемкой пайки. Такие соединители были разработаны. В АО «ОКБ КП» изготовили опытную партию коаксиальных кабельных сборок четырех типов: двух типоразмеров с нашими коннекторами и двух типоразмеров с покупными коннекторами. По результатам проведенных приемочных испытаний все типы кабельныхборок достигли требуемых по техническому заданию параметров, в том числе величины затухания при температуре 4 К вплоть до частоты 20 ГГц. Однако в процессе термоциклирования (охлаждения от комнатной температуры до температуры жидкого гелия) после 10 циклов у кабельныхборок с припаянными покупными соединителями наблюдалось возрастание величины затухания, то есть происходило ухудшение ключевой эксплуатационной характеристики. При этом после 10 термоциклов величина затухания в сборках с нашими новыми соединителями оставалась неизменной, то есть ухудшения свойств не происходило. Таким образом, была подтверждена правильность выбранного технологического решения по разработке нового отечественного коннектора для сверхпроводящих коаксиальных кабелей. Более того, данная разработка обеспечивает возможность достаточно оперативного присоединения коннектора к кабелю при помощи обычного динамометрического ключа. Это исключает трудоемкие операции по нанесению гальванического слоя меди и последующей пайки, которые необходимо проводить при монтаже коммерчески доступных соединителей из бериллиевой бронзы.

Нужно отметить, что по результатам выполнения НИОКР получено три РИД, опубликована научная статья.

По нашему приглашению в приемочных испытаниях принял участие представитель лаборатории искусственных квантовых систем МФТИ. По итогам испытаний была дана положительная оценка полученным результатам и примененным техническим решениям.

Следующим важным шагом для нашей команды являются реальные испытания разработанных коаксиальных кабельныхборок в криостате сверхпроводящего квантового компьютера. В первую очередь такие испытания планируется провести на квантовых компьютерах МФТИ и ООО «СП «Квант».

### Перспективы спроса и масштабирования

У разработанных нами сверхпроводящих коаксиальных кабельныхборок есть хорошие перспективы для коммерциализации. Создание сверхпроводящих

# 3 РИД

получено по результатам НИОКР

## до 500 м

сверхпроводящего коаксиального кабеля двух типоразмеров (в год) позволяет выпускать сложившаяся в процессе реализации НИОКР кооперация нескольких предприятий

квантовых компьютеров идет по всему миру. Очевидно, что сейчас спрос на такие изделия формируют научные лаборатории, занимающиеся квантовыми вычислениями, но со временем будет появляться рынок квантовых компьютеров и комплектующих к ним. При этом такие кабельные сборки могут быть востребованы и в других устройствах, где в условиях криогенных температур важны низкие энергетические потери при передаче сигнала и низкая теплопроводность.

Сложившаяся в процессе реализации НИОКР кооперация нескольких предприятий позволяет осуществлять выпуск сверхпроводящего коаксиального кабеля двух типоразмеров до 500 м в год. На настоящий момент такой производительности более чем достаточно, чтобы покрыть нужды российских лабораторий квантовых вычислений. При этом в рамках выполненной НИОКР уже изготовлено 200 м кабеля двух типоразмеров.

Дополнительным положительным результатом выполненной НИОКР стала заинтересованность со стороны ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск) в изготовлении нашим институтом капиллярных трубок, близких по размерам к тем, которые были разработаны для коаксиальных кабелей. Такие трубки ИЯФ СО РАН планирует использовать для создания низкоомных контактов между сверхпроводящими катушками в вигглерах и ондуляторах синхротронов.

**«У разработанных нами сверхпроводящих коаксиальных кабельныхборок есть хорошие перспективы для коммерциализации. Такие кабельные сборки могут быть востребованы в устройствах, где в условиях криогенных температур важны низкие энергетические потери при передаче сигнала и низкая теплопроводность».**

Текст: Наталья Самойлова

Фото: «Росатом»

# Женский потенциал высоких технологий

Международные инициативы «Росатома» в интересах женщин



**В России, как и во многих других странах, женщины составляют значительную часть научных и инженерных кадров. В то же время в высокотехнологичных отраслях, в числе которых и атомная, потенциал женщин во всем мире пока используется не в полной мере. При этом в российской атомной промышленности доля женщин составляет 32%, что на 8% больше общемировых показателей. Рассказываем, как Женское сообщество «Росатома» объединяет партнеров из разных стран, развивает международную кооперацию и укрепляет диалог между странами.**

Женщины — ученые и инженеры — были пионерами в развитии ядерных и радиационных технологий. Достаточно вспомнить Марию Склодовскую-Кюри и Лизу Мейтнер, которые в числе других исследователей заложили фундамент современной ядерной физики, или нашу легендарную соотечественницу Зинаиду Ершову — одну из основателей радиохимии в СССР. Эти женщины-первопроходцы бросали вызов общественным представлениям своего времени о роли и возможностях женщин. К сегодняшнему дню во многих странах обеспечены равные права для женщин и мужчин, однако несмотря на это мировое сообщество признает, что в ряде областей, в том числе в STEM (от англ. science, technology, engineering and mathematics — «естественные науки, технология, инженерия и математика»), женщины представлены недостаточно, особенно на руководящих должностях.

Сегодня в условиях стремительного технологического развития и демографических изменений роль женщин приобретает особое значение. Повышение

инновационной активности, достижение технологического суверенитета и лидерства напрямую зависят от привлечения и полноценного использования интеллектуального потенциала специалистов. И женщины являются мощным кадровым ресурсом для решения этих задач. Благодаря реализации Национальной стратегии действий в интересах женщин на 2023–2030 годы в России появляются новые профессии для женщин, и это напрямую связано с внедрением искусственного интеллекта, автоматизацией производств, развитием передовых технологий.

Председатель Совета Евразийского женского форума (ЕЖФ) при Совете Федерации, сенатор РФ Галина Карелова уверена: «Развитие высоких технологий стимулирует появление новых трендов на рынке труда, их необходимо учитывать и использовать, в том числе в интересах женщин». Выступая на сессии «Женщины в мире высоких технологий: куда ведут глобальные тренды?», которая состоялась в рамках международного форума «Мировая атомная неделя» (World Atomic Week), организованного госкорпорацией «Росатом» в сентябре прошлого года, она отметила, что с внедрением новых технологий, снижающих физическую нагрузку, многие профессии стали более доступными для женщин. «Это открывает новые окна возможностей, в том числе в высокотехнологичных и наукоемких отраслях, для женщин всех возрастов. Востребованность высококвалифицированных кадров высока, женщины могут смело конкурировать на рынке труда при наличии цифровых компетенций и навыков работы с инструментами искусственного интеллекта, но при условии непрерывного обучения».

С учетом этих реалий, рассказала Галина Карелова, Совет ЕЖФ разработал ряд проектов и программ, которые помогают женщинам повышать уровень своих знаний и находить новые ниши для самореализации. Одним из таких проектов в портфеле Совета Евразийского женского форума является проект, реализуемый Женским сообществом «Росатома» при поддержке госкорпорации «Росатом», «Женщины в высокотехнологичных отраслях: новые возможности», в рамках которого развивается российская и международная кооперация женщин в промышленности и технологиях в различных индустриях.

## Ценный капитал

Атомный ренессанс сегодня переживает вторую волну: мы наблюдаем политически и экономически

обоснованное динамичное развитие отрасли в мировом масштабе. Это прагматичный выбор государств в пользу чистой и надежной энергии. Он обусловлен как необходимостью выполнения заявленных целей по достижению углеродной нейтральности, так и развитием перспективных ядерных энергетических технологий, в том числе малых модульных реакторов и энергосистем четвертого поколения. Задачи эффективного развития атомной отрасли, как и других высокотехнологичных отраслей, требуют притока высококвалифицированных кадров и более широкого вовлечения женщин.

В настоящее время в мировом ядерном секторе, по данным МАГАТЭ, доля женщин составляет 24%. Российская атомная отрасль в этом отношении демонстрирует позитивный пример для мирового сообщества. Заместитель генерального директора госкорпорации «Росатом» по персоналу Татьяна Терентьева отмечает: «Наши женщины становятся первыми. Еще лет двадцать назад сложно было представить, что лицо атомной отрасли может быть женским. Сегодня в «Росатоме» женщины составляют треть от всех сотрудников отрасли. Причем 20% из них занимают руководящие должности, а 35% заняты научной деятельностью. Это не просто цифры, это отражение того, как женщины вносят вклад в развитие отрасли и высоких технологий».

Женское сообщество «Росатома» выступает одной из ключевых площадок для профессионального развития и реализации потенциала сотрудниц госкорпорации и жительниц территорий расположения объектов атомной отрасли. Сообщество ведет работу по поддержке женского лидерства, развивает программы наставничества и способствует расширению участия женщин в научно-технической и управленческой сферах. При этом Женское сообщество «Росатома» сотрудничает с ведущими российскими промышленными компаниями и профессиональными женскими сообществами, выступая лидером в этой повестке, вовлекая их в повестку и передавая свой опыт.

Расширение и углубление международного сотрудничества — важная часть работы сообщества, являющегося организатором и ключевым участником мероприятий, направленных на развитие потенциала женщин в высокотехнологичных отраслях, а также укрепление межстранового диалога и кооперации. В 2025 году Женским сообществом «Росатома» организовано свыше 300 международных и российских площадок для профессионального развития женщин, повышения их социальной активности и межстрановой кооперации в странах-партнерах и регионах России. В Казахстане запущена лаборатория карьеры Women Career Lab, объединившая 120 женщин-специалистов, а программу наставничества в формате менторинг-сессий «Женщины в STEM» поддержали более 80 экспертов из 20 стран.

### Лучшие практики

На уже упоминавшейся сессии «Женщины в мире высоких технологий», прошедшей в рамках World Atomic

### Примеры инициатив и программ некоторых стран, представленные в Международном обзоре лучших практик поддержки женщин в промышленности и технологиях

#### Египет

Сеть Women in Green Hydrogen, основанная в 2022 году, которая через менторство, технические воркшопы и адвокатию способствует карьерному росту женщин в стратегической для Египта сфере возобновляемой энергетики.

#### Казахстан

Проект Techno Women, который с момента основания в 2022 году обучил более 1500 женщин и поддержал создание 300+ стартапов, 40% из которых относятся к высокотехнологичным областям, демонстрируя эффективность модели, которая уже была успешно масштабирована на другие страны региона.

#### Марокко

Ежегодный буткемп Her STEM Path, где школьницы получают уникальный практический опыт работы с передовым оборудованием, что в результате побуждает 89% выпускниц выбирать STEM-карьеру.

#### Эквадор

Программа Techstars для женщин-предпринимателей при поддержке IDB Lab предлагает женщинам — основательницам стартапов в сфере финтех и цифровых услуг не только менторство, но и прямые инвестиции в размере \$120 000 на компанию.

Week, был представлен Международный обзор лучших практик поддержки женщин в промышленности и технологиях 16 стран — членов Международного совета по поддержке и развитию женщин в промышленности и технологиях. В сборник вошли более 180 инициатив и программ, направленных на вовлечение женщин в STEM, развитие лидерских программ и поддержку женского предпринимательства.

Председатель Совета Евразийского женского форума при Совете Федерации, сенатор Галина Карелова подчеркнула, что издание этого сборника — пример международной солидарности и социальной ответственности: «Он свидетельствует не только о новой тенденции, но и об общности подходов в разных странах к развитию потенциала женщин и больших возможностях международного сотрудничества в этой сфере». Галина Карелова выразила надежду, что издание этой «белой книги» даст новый импульс совместным программам, которые помогут женщинам ярче проявлять себя в атомной отрасли.

В книге собраны кейсы, аналитические обзоры и примеры масштабируемых инициатив, которые демонстрируют как уникальные подходы отдельных стран, так и общие закономерности: разрыв между уровнем женского образования и карьерными возможностями, барьеры выхода на руководящие позиции, необходимость создания устойчивой экосистемы

поддержки. «Совместными усилиями мы провели масштабную аналитику, проанализировав представленность женщин в ключевых отраслях экономики данных стран, и выработали рекомендации на основе аудита существующих практик», — сообщила Александра Рябых, член Совета Евразийского женского форума, координатор проекта ЕЖФ «Женщины в высокотехнологичных отраслях: новые возможности», соучредитель фонда «Объединение женщин атомной отрасли», руководитель Женского сообщества «Росатома».

Татьяна Терентьева в своем выступлении на сессии отметила, что проделанная работа позволила выявить рабочие инструменты по поддержке женщин и собрать передовые практики женских сообществ. «Документ станет настольной книгой для тиражирования опыта и лучших компетенций женщин 16 стран. Важно отметить, что работа над документом будет продолжаться на ежегодной основе и пополняться новыми главами присоединившихся стран», — сообщила Татьяна Терентьева.

Действительно, к концу 2025 года в состав Международного совета по поддержке и развитию женщин в промышленности и технологиях вошли Кыргызстан, Беларусь, Намибия и Танзания, таким образом количество стран расширилось до 20. Страной-наблюдателем в Совете стал Алжир. Это значит, что уже в текущем году к сборнику лучших практик прибавятся новые главы с аналитическими данными по поддержке женщин в высокотехнологичных отраслях новых стран-участниц.

### Драйвер для экономики

В октябре 2025 года Женское сообщество «Росатома» и Конгресс женщин Кыргызстана совместно провели в Бишкеке форум-диалог «Партнерство для устойчивого развития экономики», объединивший женщин-лидеров из разных отраслей двух стран. Мероприятие, собравшее более 150 участников в очном и более 700 в онлайн-формате, показало, что женское сотрудничество превращается в драйвер экономики.

Эксперты из России и Кыргызстана отметили важнейший тренд: сегодня активизация женского потенциала в экономике стала осознанной государственной стратегией обеих стран. Подходы и внедряемые практики реализуются в целях повышения экономической активности женщин, вовлечения большего числа женщин в стратегические сектора. Речь идет о промышленности, технологиях, инновациях, цифровизации, то есть о том, что влияет на экономическое развитие и становится приоритетной зоной роста. Исторически политика, проводимая в интересах женщин, была связана исключительно с проблемами неравенства и улучшением положения женщин. Сегодня же в контексте повестки устойчивого развития речь идет о расширении возможностей всех женщин и девочек и возможности представить наглядные примеры успешных карьерных траекторий.

«Сегодняшняя площадка полезна для наших стран, у нас общая история, большой потенциал в развитии экономики. «Росатом» — символ дружбы наших стран, госкорпорация вносит большой вклад в поддержку женщин, этот потенциал мы будем возвращать и развивать наши партнерские дружественные отношения. Россия — стратегический партнер нашей страны и главный инвестор, начиная от предпринимательства и заканчивая зеленой энергетикой», — отметил заместитель директора Национального агентства по инвестициям при президенте Кыргызской Республики Дамирбек Бикулов.

### Все начинается с атома

В ноябре 2025 года в Джакарте прошел форум женщин высокотехнологичных отраслей «Кооперация для устойчивого развития промышленности и технологий», организованный Женским сообществом «Росатома» в партнерстве с Индонезийским ядерным обществом (NIMNI) и при поддержке госкорпорации «Росатом», Совета Евразийского женского форума и Национального агентства исследований и инноваций Индонезии. Форум объединил в открытом диалоге студентов и женщин — лидеров атомной и смежных отраслей. Мероприятие стало площадкой для передачи уникального опыта и прогрессивных взглядов на развитие женской повестки.

«Все начинается с атома» — такими словами был дан старт масштабному открытому диалогу женщин-лидеров из 17 стран мира. Женщины являются ключом развития атомных технологий, подчеркнул в ходе форума Джарот Сулиштио Вишнуброт, основатель NIMNI.

150 участников — представителей атомной промышленности, технологического сектора экономики, медицины, образовательных и научных организаций в очном формате обсудили развитие высокотехнологичных отраслей и вклад женщин во все процессы трансформации экономики.

Соорганизатор форума Гени Рина Сунарио, руководитель департамента по развитию женского потенциала NIMNI, председатель (в 2024–2025 гг.) Международного совета по поддержке и развитию женщин в промышленности и технологиях, отметила: «Наши страны разделяют твердую приверженность развитию науки, технологий и инноваций посредством расширения прав и возможностей женщин. Под эгидой Международного совета по поддержке и развитию женщин в промышленности и технологиях и в тесном партнерстве с NIMNI и Женским сообществом «Росатома» этот диалог служит мостом, соединяющим учреждения, отрасли и, самое главное, людей, среди которых женщины — ученые, инженеры, новаторы и политики, — верящие, что технологии должны служить человечеству. Наше сотрудничество отражает растущую роль женщин в формировании будущего высокотехнологичных отраслей — от ядерной энергетики до цифровых технологий».

В ходе форума состоялась международная менторинг-сессия «Женщины в STEM» на базе Университета

обороны Республики Индонезия. Более 180 студентов технических специальностей из разных университетов и колледжей Индонезии обсудили с экспертами, какими компетенциями должна обладать женщина-лидер в STEM, как добиваться поставленных целей и бороться со стереотипами и барьерами по отношению к женщинам в инженерных и технических специальностях, выстраивать свою карьерную траекторию. Спикерами выступили в том числе женщины, которые являются настоящими ролевыми моделями для женщин в «неженских» профессиях «Росатома».

Выступая на сессии, Три Мумпуни, член Совета попечителей Национального агентства исследований и инноваций Индонезии (BRIN), отметила: «Лучшие технологии и человеческий капитал — это «Росатом» в России. Российские технологии нам очень помогают. Россия не только развивает технологии, делится опытом, но и дает образование нашим соотечественникам».

## Движущая сила прогресса

В декабре 2025 года в Астане состоялся II Международный конгресс женщин в промышленности и технологиях, где женщины-профессионалы из шести стран обсудили международные тренды интеграции женщин в промышленный сектор экономики, развитие проектов наставничества для молодых специалистов и реализацию межстрановых инициатив в рамках глобальной женской повестки.

На пленарной сессии конгресса представители женских профессиональных сообществ России и Казахстана выдвинули инициативу о создании консолидированного плана мероприятий и инициатив женщин 20 стран — участниц Международного совета по поддержке и развитию женщин в промышленности и технологиях и их дальнейшей методологической поддержке в рамках председательства Казахстана в Совете в 2026 году с учетом всех тематик рабочих групп: женское предпринимательство, женщины в науке, женщины и девочки в STEM.

Открывая конгресс, заместитель председателя Агентства Республики Казахстан по атомной энергии Тимур Жанткин отметил, что 2025 год был важным для

Казахстана: в стране приступили к строительству атомной электростанции «Балхаш» совместно с «Росатомом». «Проект — драйвер развития для местных компаний. Порядка 30% работ будет реализовано с привлечением казахстанских предприятий и специалистов. Это станет стимулом для создания в Казахстане полноценной атомной отрасли, новых рабочих мест и роста квалификации местных кадров. При строительстве АЭС потребуется до 10 тыс. рабочих, а обслуживать ее будут около 2 тыс. человек. И тут все пути открыты нашим уважаемым женщинам, чей профессионализм и компетенции становятся движущей силой прогресса».

В ходе работы конгресса Ядерное общество Казахстана и Женское сообщество «Росатома» при поддержке госкорпорации «Росатом» и Совета Евразийского женского форума провели практическую лабораторию наставничества Women Career Lab, в ходе которой более 120 молодых девушек вместе с ведущими экспертами исследовали стереотипы при выборе профессий в промышленном секторе экономики, актуальные тенденции на рынке труда и вызовы будущего, а также выработывали индивидуальные карьерные планы. Участницы получили уникальную возможность разобрать свою карьеру на «частицы» и выявить набор навыков и компетенций, которые позволят построить успешную карьеру.

«Первая карьерная лаборатория Women Career Lab стала логичным продолжением нашего сотрудничества с женщинами-профессионалами Казахстана, поскольку развитие наставнического направления и поддержка девушек в промышленности и технологиях — важный трек нашей деловой кооперации. Проект стал отправной точкой формирования института женского наставничества в промышленном секторе России и Казахстана, представил палитру карьерных возможностей в различных отраслях. И, конечно, учитывая Год рабочих профессий в Казахстане, мы сделали фокус на продвижение среди молодых девушек и женщин рабочих специальностей. Лаборатория объединила экспертов из ведущих промышленных компаний, производств, научных институтов и профессиональных ассоциаций. По итогам мероприятия достигнута договоренность тиражировать лучшие практики в другие страны-партнеры», — поделилась Александра Рябых.

Глобальные результаты деятельности Женского сообщества «Росатома» демонстрируют высокий запрос на конкретные инструменты профессионального роста и международный обмен опытом, и дальнейшая работа нацелена именно на решение этих практических задач.

Будет усилена работа по карьерному наставничеству и тиражированию успешных практик через Международный совет по поддержке и развитию женщин в промышленности и технологиях и презентованный обзор лучших практик. Форматы, доказавшие свою эффективность и получившие

большой запрос со стороны партнеров и участников, такие как карьерные лаборатории Women Career Lab, отраслевые дискуссии по зеленой энергетике и ядерной медицине, получают развитие, в том числе в рамках подписанных дорожных карт. Уже в апреле этого года в Минске пройдет белорусско-российский форум женщин в высокотехнологичной медицине. А получивший высокие охваты и большой отклик со стороны стран БРИКС Первый международный конкурс женских экологических проектов стран БРИКС «Зеленое будущее» состоится во второй раз с участием женщин из стран БРИКС+.

# «Сосредоточенное внимание — это ваш сознательный выбор»

*Быстрый дофамин против глубокого чтения: меняет ли изобилие информации человеческий мозг?*



**Влада Тулявко**

Сотрудница  
НИИ молекуляр-  
ной и клеточной  
медицины РУДН

**Постоянная информационная перегруженность и новые форматы потребления контента порождают новые вызовы для нашей психики. О том, стали ли мы меньше читать, почему клиповое мышление — это не всегда плохо и как не потерять себя в море цифровой информации, мы поговорили с Владой Тулявко, сотрудницей Научно-исследовательского института молекулярной и клеточной медицины РУДН.**

— Как бы вы сформулировали ключевой вызов, с которым сталкивается наш мозг в эпоху цифрового информационного изобилия?

— Если попробовать сформулировать кратко, то ключевой вызов цифровой эпохи — это контроль внимания в процессе потребления информации. Ведь если раньше мы имели дело с дефицитом данных (основной проблемой было информацию найти), то сейчас проблема — вычленив информацию из «белого шума». Поэтому самая большая сложность сегодня — не только сфокусировать внимание, но и контролировать этот фокус.

Активная, если не сказать агрессивная цифровая среда всячески этому препятствует. Бесконечные уведомления, многообразие каналов получения информации активируют то, что принято называть ориентировочным рефлексом, — заложенный природой механизм реагирования животных и человека на новые, неожиданные или значимые раздражители. В результате перегружаются механизмы фильтрации, что приводит к хроническому переключению вместо устойчивой фокусировки.

— Правда ли, что мы имеем дело не просто с большим объемом информации, а с качественно новым способом ее подачи (клиповость, алгоритмические ленты, уведомления)? В чем главное отличие?

— Безусловно, мы наблюдаем здесь качественный сдвиг. Упомянутые клиповость, алгоритмические ленты и уведомления меняют не объем, а паттерны взаимодействия мозга с информацией. Есть хорошая метафора: в библиотеке не просто стало больше

книг; наша библиотека теперь сама решает, не только какую книгу вам дать, но и на какой странице ее открыть, и даже контролирует скорость переворачивания страниц.

Тут любопытно было бы разобраться, что первичнее, «курица или яйцо»: мы испытываем потребность в клиповой информации из-за роста ее объемов или умные маркетологи и контент-мейкеры поняли, что залог успешной конкуренции в разбухающем информационном поле — давать максимум информации в единицу времени?

Так или иначе, мы совершенно определенно находимся в самом центре процесса изменения восприятия. Информация подается сжатыми блоками. Даже в рамках одного новостного канала ты не всегда можешь контролировать ее поток и содержание. С появлением социальных сетей и новых форматов, таких как короткие видео, люди постепенно стали к этому привыкать. И теперь, если ты постоянно поглощаешь информацию в таком виде, сложно сфокусировать внимание, когда сталкиваешься с контентом более крупного объема. Переизбыток информации требует от мозга постоянной фильтрации и быстрой реакции. Это не просто поведенческая привычка, взятая из воздуха. Это результат продолжающейся прямо сейчас адаптации человеческих механизмов восприятия.

— Когда мы говорим: люди не читают книги, что чаще всего стоит за этим — отсутствие времени, смена формата (аудиокниги, статьи) или что-то еще? Существует и другая версия, что как раз читаем мы гораздо больше, учитываякратно возросший информационный поток, но ведь это чтение другого качества?

— Последняя гипотеза куда ближе к истине. Люди объективно сейчас читают гораздо больше. Если 200 лет назад умение читать и грамотность были привилегией, то сейчас это, за отдельными исключениями, базовый навык. И каждый день вокруг нас очень много текста: вывески, подписи, навигация. Даже на шариковой ручке, которую я держу в руках, есть текст. Более того, вся наша коммуникация во многом свелась к тексту. Раньше она была по преимуществу устной, а количество бумажных писем и документов — ничтожным по сравнению с валом сообщений, которые мы сегодня пишем и читаем в течение дня.

Семейные и родительские чаты, рабочие коммуникации, социальные сети — все это текст.

Другое дело, что это чтение другого качества. Раньше мы имели дело с целостным потреблением текстовой информации. Сегодня она имеет дисперсный характер. Это разные формы нейронной активности. Глубокое чтение задействует участки мозга, отвечающие за устойчивое внимание, оценку контекста, эмпатию и рефлексивность. Скроллинг (назовем так этот новый тип потребления текстовой информации) активирует реактивное внимание: вы как бы сканируете информацию без удержания глобального контекста. Давайте будем учитывать еще, что сегодня часто текст сопровождается визуалом. Это выключает из работы участки мозга, которые отвечают за фантазию, достраивание событий.

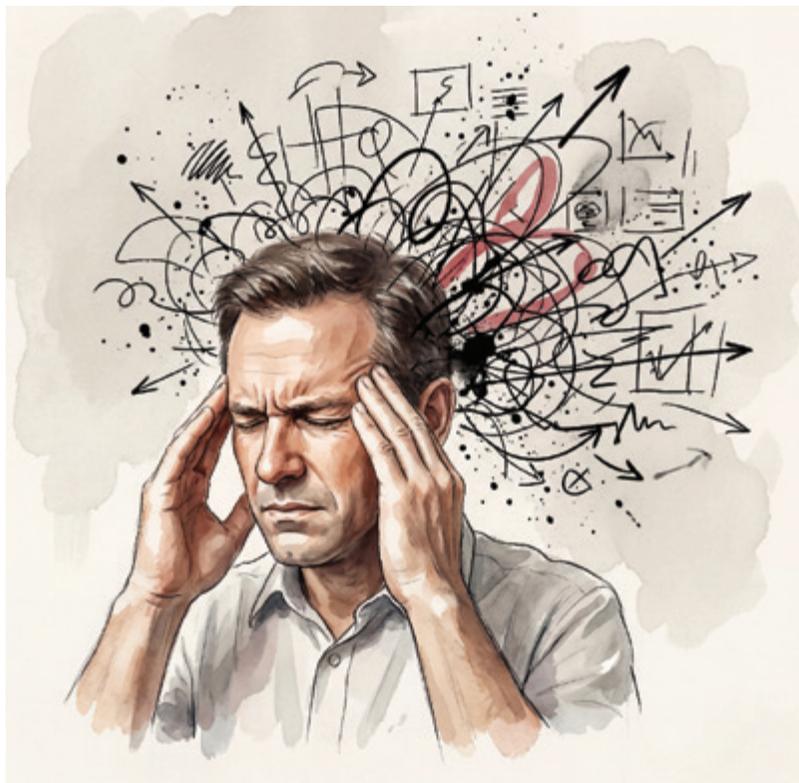
И отсутствие времени тут совершенно ни при чем. Работает другая нейрохимия. Ключевую роль в системе вознаграждения мозга играет нейромедиатор дофамин. Так вот, книга дает медленный дофамин, а скроллинг — быстрый. Ничего удивительного, что мозг выбирает путь наименьшего сопротивления.

— Существуют ли научные доказательства того, что регулярное глубокое чтение книг (художественной и научно-популярной литературы) является для мозга чем-то вроде когнитивной тренировки? Какие именно способности оно развивает (например, эмпатия, концентрация, построение сложных ментальных моделей)?

— Здесь важно разделить понятия. Глубокое чтение я понимаю как длительное и законченное погружение, когда ты, находясь даже в метро, читаешь книгу, не отвлекаясь на постоянные уведомления. В чем отличие от коротких новостей? Удерживая в голове разных персонажей, их мотивы, исторический контекст событий, ты не просто погружаешься в сложный мир, а отчасти и воссоздаешь его.

Существует понятие, которое переводится с английского как «сеть пассивного режима работы мозга» (default mode network). Это взаимодействие нейронов и связей, которые отвечают за покой в состоянии бодрствования. Если называть структуры, то это префронтальная кора, задняя поясная кора и несколько извилин больших полушарий. Все они вместе отвечают за моделирование реальности, автобиографическую память, трактовку смыслов. Если мозг находится в бодром состоянии и не перегружен информацией, эта система работает легко, переключается между потоками, хорошо регулирует все, что вы получаете. В состоянии информационного перегруза эта система подавляется.

Именно эта сеть активируется во время чтения художественной литературы, когда ты без визуальной картинки пытаешься все представить и проанализировать. Это же время какого-то творчества: когда ты что-то можешь придумать, новую работу, новую тему. Инсайт новой идеи возникает при снижении



активности исполнительных сетей. Когда они не перегружены, мы можем прорефлексировать, проанализировать предыдущую информацию и выдать какой-то новый результат. Глубокое чтение тренирует именно эту способность к рефлексии и моделированию сложных систем в голове.

— Происходит ли обратное: есть ли данные, указывающие на прямую причинно-следственную связь между отказом от чтения книг и резким снижением когнитивных функций? Или речь скорее об упущенной возможности для развития?

— Скажем так, однозначных и убедительных доказательств связи между чтением книг и интеллектуальными способностями нет. Однако иногда встречается термин «эффект когнитивного недоразвития». В этом контексте обычно говорят, что если в наш мозг долгое время не поступают задачи, которые связаны с длительной фокусировкой внимания, с абстракцией и абстрактным мышлением, то когнитивные функции будут развиваться медленнее.

В этом смысле нейронные связи очень похожи на мышцы. Без постоянной нагрузки мышечная ткань деградирует. То же самое с памятью: чтобы нам запомнить какую-то информацию, нам нужно ее «прокатить» по одним и тем же связям между нейронами до четырех раз, чтобы она перешла в разряд долгосрочной. Поэтому отказ от чтения — это скорее упущенная возможность для развития определенных «мышц» мозга, что в долгосрочной перспективе может замедлить когнитивное развитие, хотя и не ведет к мгновенной деградации интеллекта.



А вот убедительные доказательства обратного (что систематическое глубокое чтение укрепляет когнитивный резерв) действительно есть. Исследования показывают, что люди, регулярно читающие книги, демонстрируют на 30–40% более медленное снижение памяти и исполнительных функций в пожилом возрасте.

— Можно ли считать полноценной заменой книге другие форматы: длинные статьи, научные обзоры, качественные документальные фильмы или подкасты, сериалы, которые называли в свое время «новым романом»? Что мозг теряет и что приобретает в этих форматах?

— Я думаю, что частично да, можно. Если мы говорим про подкасты, это довольно эффективный формат, если слушать их внимательно. Слуховое внимание и образность мышления довольно активно используются, если это именно аудиоподкаст, без видео. Процессы в целом похожи: и чтение книги, и прослушивание книги, и прослушивание подкаста однозначно требуют активного воображения. Впрочем, с подкастами есть нюанс: в зависимости от ведущего и гостя информация структурируется по-разному, не всегда это логическая цепочка событий. Аудиокнига, скорее всего, будет более упорядочена. Если говорить про сериалы, то они однозначно помогают в нарративном восприятии. Это способ мышления, при котором мы упорядочиваем свой опыт, собираем информацию в виде единых историй.

Однако полностью заменить книгу другими форматами мы вряд ли можем. Если вы не можете

воспринимать визуальную информацию, но у вас хорошо воспринимается слуховая, то аудиокниги — хорошая альтернатива бумажному носителю. Но полностью исключить текст нельзя, если мы хотим развивать абстрактное мышление и языковые навыки. И в целом я бы сказала, что дело не в иерархии форматов, а в когнитивном разнообразии, которое работает с разными участками нашего мозга.

— Какую роль играет тип контента: соцсети, короткие видео, новостные ленты — как они тренируют наше внимание и память? Это другая «мускулатура» мозга?

— Короткие информационные сообщения, которые мы преимущественно потребляем сегодня, учат нас быстро переключаться. Это тот навык, который вызвал бы большой стресс у человечества еще лет двести назад. За счет чего это происходит? Мы научились фокусироваться не на логической глубине и связи событий, а на распознавании паттернов. Ты сортируешь новость по небольшим группам, опираясь на небольшое количество критериев. Отношение к каждой группе при этом сформировано заранее и не возникает в результате прочтения и анализа конкретной новости.

Это действительно другая «мускулатура»: мы тренируем скорость реакции и классификации, хотя и теряем в глубине удержания контекста. Раньше этого умения не было у человека в принципе. Пользоваться им мы научились сравнительно недавно. И продолжаем учиться. И если не терять при этом других важных навыков, то можно стать лучшей версией себя.

— Как постоянный поток фрагментированной информации и привычка к многозадачности меняют нашу способность к сосредоточенному вниманию? Это обратимо?

— Все-таки многозадачность — это не про то, что ты параллельно решаешь много каких-то задач, а про то, что ты быстро между ними переключаешься. И вот что нам точно стоит «прокачать» — это способность возвращаться к задаче. Ведь если ты занимаешься чем-то, что требует глубокого погружения, то паратройка оповещений, на которые ты отвлекся, полностью убивают концентрацию. Есть распространенное мнение, что на возвращение в это состояние требуется порядка 20 минут.

А еще вспомним, что дофаминовая система адаптируется к микровознаграждениям, формируя предпочтительные быстрых переключений перед устойчивой фокусировкой. Но это не фатально. Если ты хочешь сохранить навык сосредоточенного внимания, ты его сохранишь. Это вопрос сознательного усилия. Я, например, сравнительно давно полностью отключила все оповещения на своем телефоне, потому что моя система переключения внимания не справляется с ними.

— Влияет ли это на память: становимся ли мы более зависимы от внешних «хранилищ» (интернет)

и ослабевают ли наша внутренняя, глубинная память?

— В современном мире нам вроде и не требуется скрупулезно запоминать факты. Важно знать, где их найти, и уметь верифицировать их. Все остальное за нас делают цифровые помощники. Так что зависимость от внешних хранилищ — реальный феномен, который в свое время получил название «эффект Google», или «когнитивный аутсорсинг». И он связан с перестройкой стратегий кодировки и поиска информации: мозг запоминает не содержание, а «где найти». Как будто бы абсолютно рациональное решение, но имеющее последствия. Выше мы уже говорили, что перевод информации в долговременную корковую память — процесс трудоемкий. Фрагментированное потребление контента плюс ожидание помощи от внешних ресурсов в этих условиях — всего лишь адаптивная экономия ресурсов. Но при этом информация остается в «буфере» рабочей памяти и не интегрируется в связные ментальные модели. В результате мы становимся эффективными навигаторами, но менее тренированными в удержании сложного контекста в уме.

— Что такое информационная усталость или цифровая перегрузка с точки зрения нейрофизиологии? Есть ли у мозга физиологические механизмы защиты от этого?

— Говоря по-научному, информационная усталость — это нейрометаболическое истощение префронтальной коры и передней поясной извилины, отвечающих за когнитивный контроль. При этом истощаются запасы глутамата в синапсах, накапливаются продукты метаболизма, растет уровень кортизола.

Симптомы информационной усталости, думаю, знакомы всем хорошо. Знакомо же чувство дискомфорта, пустоты, если в наушнике даже во время прогулки с собакой что-то не бубнит? Это маркер информационной усталости: мозг активно цепляется за любые внешние раздражители. Еще один симптом — снижение эмпатии, когда ты настолько перегружен, что не можешь воспринимать информацию от близких и адекватно на нее реагировать. Возникают и более серьезные проблемы — кризис идентичности, экзистенциальные вопросы, потеря чувства смысла.

Механизмы защиты, конечно, есть, и они тоже хорошо известны: подавление реакции на внешние повторяющиеся стимулы и обработки новой информации, функционирование сети пассивного режима работы мозга в покое, сон. Другое дело, что не все и не всегда могут ими воспользоваться в полной мере.

Поэтому появляется еще один механизм — прокрастинация. Это буквально и симптом цифровой усталости, и шлюз, через который организм пытается ее сбросить. По сути, листание контента — это попытки активировать свою дофаминовую систему, получить чувство эйфории, но в миниатюре.

---

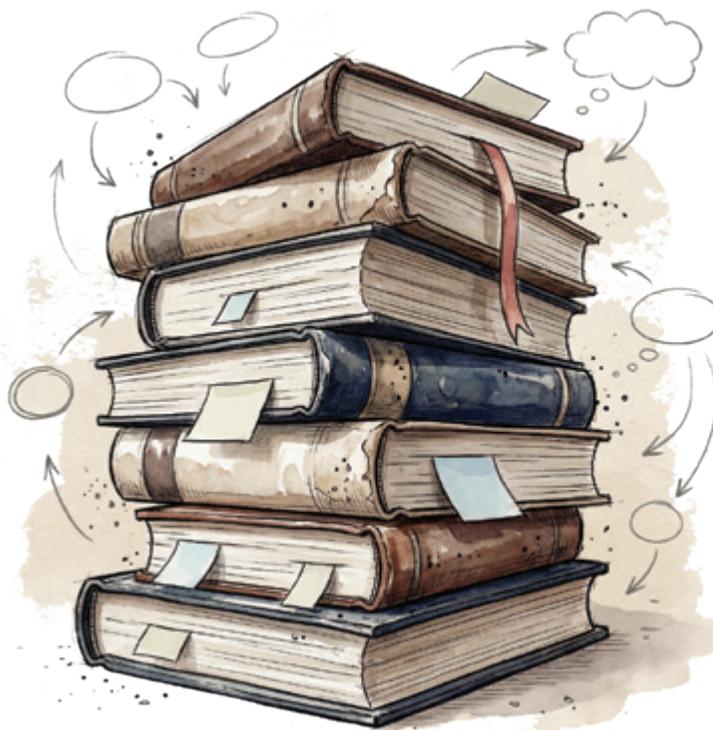
**«Ключевой вызов цифровой эпохи — это контроль внимания в процессе потребления информации. Если раньше мы имели дело с дефицитом данных, то сейчас проблема — вычленив информацию из «белого шума». Поэтому самая большая сложность сегодня — не только сфокусировать внимание, но и контролировать этот фокус».**

---

— Какие советы по информационной гигиене вы могли бы дать нашим читателям?

— Безусловно, есть какой-то дежурный набор советов. Отключите ненужные уведомления: 10–15 минут без стимулов активируют сеть пассивного режима работы мозга. Чередуйте форматы: после клипового контента — длинное чтение, цифровой детокс и прочее. На самом деле, очень важно найти именно тот способ, который помогает отдыхать именно вам: библиотеки, кино, выставки, прогулки. Кому-то помогает просто в тишине попить вкусный чай.

А главное — почаще спрашивайте себя: кто управляет моим вниманием, я или интерфейс? Потому что, повторяюсь, то, как вы будете взаимодействовать с вашим цифровым окружением, — это прежде всего ваш сознательный выбор.

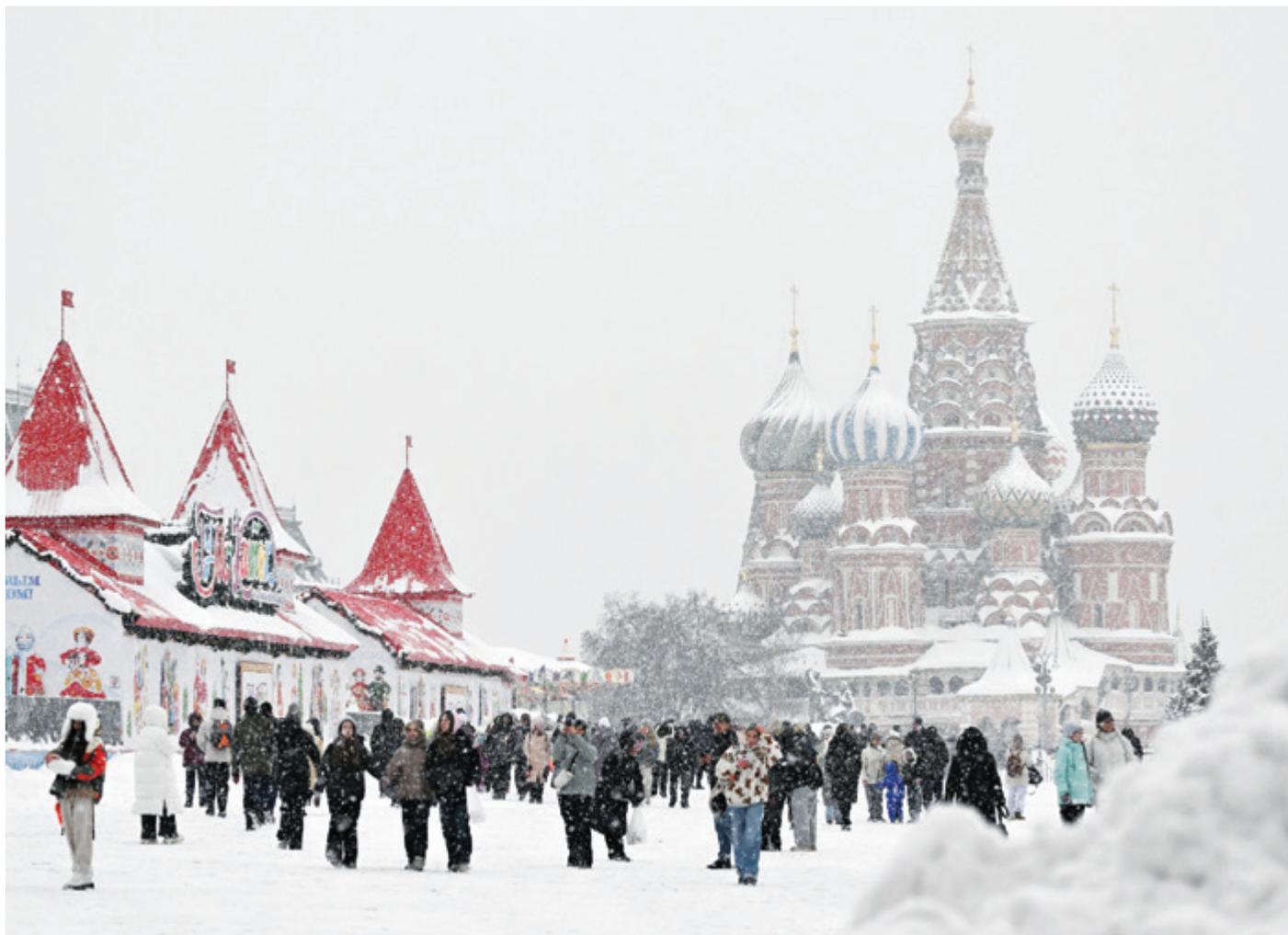


Текст: Мария Хохлова

Фото: РИА Новости, ЕРА / Максим Шипенков, Freepik

# Зимний стресс-тест

*Метеорологи объясняют, что стоит за погодными аномалиями прошедшей зимы*



**Заморозило, завалило снегом и чуть не сдуло ветром. Такие жалобы этой зимой звучали от жителей многих регионов нашей страны, в том числе атомных городов. Капризы погоды коснулись как морозостойких сибиряков, так и жителей средней полосы и даже южан. В самых «небезучих» регионах столбики термометров неделями держались на отметке  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже. Высота сугробов в разы превышала норму, свирепствовали циклоны. Разбираемся, как это связано с глобальным потеплением, есть ли плюсы у снегопадов и нужно ли ждать очередных погодных неприятностей весной и летом.**

## Сюрпризы от «Фрэнсис»

В Озерске с 6 по 14 января почти круглые сутки валил снег, спецтехника работала в три смены, но город все равно напоминал огромный сугроб. Затем ударили морозы, самыми холодными стали дни с 15 по 23 января, температура падала до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

В Обнинске проблемы начались тоже на излете новогодних каникул, с 8 января, когда пожаловал балканский гость — циклон «Фрэнсис». В городе свирепствовала метель, за сутки выпало 60% месячной нормы снега, скорость порывов ветра доходила до 18 м/с. Пока пешеходы прятались по домам, водители стояли в пробках. ГИБДД настоятельно рекомендовала автомобилистам пересесть на автобусы. За первый месяц года в Калужской области выпало 25 мм снега, это

значительно превысило средние показатели по региону. А с 13 января ударили аномальные морозы, среднесуточная температура была ниже климатической нормы на 7 °С и более.

Метеорологи, проанализировав температуры января за период с 1991 по 2020 год на территории всей страны, пришли к выводу, что январь 2026-го был аномальным.

«Погодно-климатические аномалии обусловлены комбинацией крупномасштабных процессов и сложных обратных связей в системе «океан — земля — атмосфера». Это и атмосферные блокинги (малоподвижные антициклоны и циклоны), и изменение траекторий циклонов из-за смещения климатических поясов, и влияние океанических течений. В России аномалия была отрицательной и составила –1,7 °С. Европейская часть страны столкнулась с сильным похолоданием. Значительные отрицательные аномалии отмечались в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) и Центральном федеральном округе (ЦФО). При средней по СЗФО аномалии –3,8 °С в Калининградской, Мурманской и Тверской областях они достигали –6 °С. В ЦФО (в Брянской, Орловской и Смоленской областях) — до –5 °С. В азиатской части страны, на севере Уральского федерального округа (УФО) и Сибирского федерального округа (СФО), отмечается заметная (до –5 °С) аномалия температуры. Дальний Восток, напротив, оказался теплее нормы (на 1,3 °С). Особенно заметно это проявляется к северу от южной границы Якутии. В Магадане и Оймяконе зарегистрированы рекордно высокие температуры января с отклонениями от нормы +6 и +8,5 °С», — комментирует ведущий научный сотрудник отдела динамической метеорологии и климатологии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова» Марина Клюева.

## Уроки зимы

На фоне лютовавших морозов сотрудники Северского зоопарка запустили операцию по спасению птиц. Призывали горожан наполнять кормушки в парках, скверах и дворах. Учили, что синиц, поползней и дятлов надо подкармливать несоленым салом и нежареными семечками. Что для воробьев, щеглов, зеленушек и голубей нет ничего лучше проса и овса. А снегирям, свиристелям и дроздам пережить морозы помогут ягоды рябины, калины и яблоки.

В Зеленогорске 40-градусные морозы держались больше двух недель. Суровые зимы в Сибири — дело привычное, но такие затяжные январские холода удивили даже местных жителей. Программы новостей были наполнены советами докторов, как не получить обморожение, объявлениями для школьников всех возрастов об отмене занятий и сюжетами о коммунальных бедах. В топе проблем были сугробы, спецтехника не успевала вывезти еще прошлогодний снег, накопившийся с конца декабря. С наступлением морозов проблему усугубили поломки машин-снегоуборщиков.

В Глазове морозы ударили 15 января и длились около полутора недель, ночами температура падала до –38 °С. При этом обычно в первый месяц года столбики термометров в Удмуртии редко опускаются ниже отметки в –14 °С. Местные, непривычные к такой погоде, попадали в неприятные ситуации. Так, в конце месяца один пожилой житель региона «прославился» тем, как отогревал свою машину. Он пытался согреть моторный отсек бытовым электрическим обогревателем. В результате случился короткое замыкание и пожар, который тушили силами МЧС.

А вот водители крупногабаритного транспорта, пользующиеся ледовыми переправами через Каму, из-за морозов почувствовали себя в большей безопасности, чем обычно. Лед на реке стал гораздо толще и крепче. Власти региона увеличили грузоподъемность переправ. На некоторых участках она выросла в пять раз, с 2 до 10 тонн.

## Морозы — это к теплу

Эксперты-метеорологи считают, что такие погодные аномалии не что иное, как симптомы глобального потепления.

«На фоне наблюдаемого роста средней глобальной температуры у поверхности Земли в регионах отмечаются большие разнонаправленные естественные колебания как температуры воздуха, так и других характеристик. Отрицательные аномалии (то есть сильные морозы) не противоречат надежно установленному потеплению климата, обусловленному антропогенным воздействием на климатическую систему. Со временем число отрицательных аномалий температуры будет уменьшаться, но с разной скоростью, в зависимости от региона. Что касается твердых осадков, то зимой в условиях глобального потепления их количество будет расти, особенно в регионах, расположенных в умеренных и высоких широтах», — поясняет Марина Клюева.

Доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции Института экологии РУДН им. Патриса Лумумбы, член редколлегии научного интернет-журнала «Отходы и ресурсы» Татьяна Ледашева тоже профессионально интересуется погодой. Больше всего Татьяну волнует влияние погоды на состояние экосистемы Земли.

«Глобальное потепление — это лишь один аспект глобального изменения климата. Это не линейный процесс, его динамика различна, — рассуждает Татьяна Ледашева. — Это хорошо видно даже при анализе данных по среднемесячным температурам Москвы за последние 150 лет. Легко заметить, что происходит своего рода раскачка, рост амплитуды колебаний. Есть и другие признаки трансформаций климата — изменение влажности и скорости движения воздушных масс из-за вырубki лесов, перераспределение водных ресурсов; и это тоже является причиной учащения необычных и даже экстремальных явлений. Мы можем уверенно предположить, что



среднегодовая температура продолжит постепенно расти и количество экстремальных погодных явлений, таких как бури, ураганы, смерчи, тропические ливни, будет только увеличиваться. В атмосфере постоянно изменяются направления движения воздушных масс под влиянием огромного числа принципиально непредсказуемых на современном уровне развития науки и технологий факторов».

### И чистит, и загрязняет

Член Общественного совета базовой организации государств — участников СНГ по экологическому образованию, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции Института экологии РУДН Владимир Пинаев уверяет, что от морозов и снега пользы гораздо больше, чем вреда. Так, морозные зимы препятствуют распространению некоторых инвазивных, в том числе ядовитых, видов растений, насекомых и даже змей, которые в процессе глобального потепления расширяют ареал обитания и перемещаются из южных областей на север. А снег, по его мнению, является прекрасным природным фильтром.

«Осадки — часть круговорота воды, без них экосистема «сломается», — объясняет Владимир Пинаев. — Снежный покров позволяет насытить влагой почву, не дает земле промерзнуть слишком сильно, что повредило бы растениям. Снег особенно эффективен в очистке воздуха. Снежинки имеют огромную площадь поверхности и сложную ветвистую структуру. Это делает их идеальными «сетями» для захвата взвешенных частиц и аэрозолей. Они эффективно собирают загрязнители как при формировании в облаке, так и при падении. В результате с осадками

захватываются оксид серы и азота, озон, сажа, пыль, свинец, кадмий, ртуть, различные стойкие органические загрязнители. Просто лежа на земле, снег продолжает захватывать загрязняющие вещества из нижних слоев атмосферы. Он выступает как гигантский фильтр-накопитель, запирая загрязнения в своей толще и не давая им снова подняться в воздух. Поэтому в морозную снежную погоду нам так легко дышится. Кроме того, снег покрывает почву, дороги и строительные площадки, предотвращая подъем пыли и мелких частиц ветром. Это один из самых значимых положительных эффектов зимой в городах и промышленных зонах».

Вместе с тем Владимир Пинаев предостерегает от излишнего оптимизма по отношению к «снежному фильтру». Он называет осадки мостом, переносящим загрязнения из атмосферы в гидросферу и литосферу.

«В сильно загрязненных, промышленных районах при накоплении загрязняющих веществ в снегу и длительном их там «хранении» между ними происходят химические реакции, приводящие порой к появлению даже более токсичных загрязнителей, — объясняет Владимир Пинаев. — И, конечно, при таянии снега все они одновременно попадают в почву и водоемы и могут вызвать «залповые» выбросы загрязнений весной или при оттепели. Отмечу, что на снегоплавильных пунктах есть очистные сооружения, минимизирующие воздействие талого снега при сбросе в водоемы».

### Северное сияние идет на юг

Жители некоторых промерзших насквозь городов стали свидетелями разных рукотворных и нерукотворных чудес. Так, в конце января в разгар 30-градусных

морозов в теплицах озерской городской станции юннатов зацвели каллы. Фотографии нежных белых цветов разлетелись по всем городским пабликам и осели в виртуальных галереях сотрудников и воспитанников как предвестники вожденной весны. Перед окончанием цветения ботаники их срезали и делали изысканные букеты.

А в Глазове благодаря атипичным холодам и высокой влажности местных жителей ждал сюрприз от небесной канцелярии в виде световых столбов. Это красивое оптическое явление для региона редкость. В Железногорске и Ангарске к столбам успели привыкнуть. Горожане часто видели, как они длинными лучами расходятся от уличных фонарей. А в ночь на 20 января полстраны наблюдало полярное сияние. Небо светилось красным, зеленым и фиолетовым. Явление заметили в Омской, Тюменской и Иркутской областях, в Забайкалье, Бурятии и Красноярском крае. Снимками делились даже жители южных и западных городов — Сочи, Ростова-на-Дону, Калининграда и Перми.

«Такие оптические явления в атмосфере, как световые столбы и гало, всегда сопутствуют морозной погоде. В атмосфере содержится влага в виде мельчайших ледяных кристаллов, которые отражают, преломляют и рассеивают свет солнца, луны или наземных источников света. В Сибири они возникают часто, поскольку зимой там обычно устанавливается малооблачный антициклон. Для европейской части страны более характерны облачные циклоны с осадками, но и здесь бывают периоды морозной антициклональной погоды с необходимыми атмосферными условиями для возникновения таких явлений. Возможность наблюдать северное сияние определяется тем, насколько активно Солнце воздействует на магнитное поле Земли. Если при этом небосвод не застилают облака, его можно увидеть в разных регионах, как это случилось в минувшем январе. Тогда Солнце находилось на пике активности, и магнитное поле Земли подвергалось частым и сильным атакам заряженных частиц, испускаемых светилом. Вклад в распространение полярных сияний к югу вносит и постепенное движение магнитного полюса в сторону Евразии», — рассказывает ведущий метеоролог Гидрометцентра России Марина Макарова.

### Зима на максималках

Бытовых последствий у морозов и аномальных снегопадов было много. Лопались трубы отопительных и водопроводных систем, рвались облепленные наледью провода. Из-за наледи, снежных заносов и плохой видимости случались аварии на дорогах. Погодные аномалии сказывались и на здоровье людей. «Длительный период низких температур увеличивает количество случаев обострения хронических болезней сердца и сосудов. Холод повышает вязкость крови, сужает сосуды и увеличивает артериальное давление, способствуя развитию гипертонии, инсультов и инфарктов. Экстремально низкие температуры создают дополнительный психологический

стресс, влияющий на эмоциональное состояние и психическое здоровье. Это усугубляет распространенность депрессий и тревожных расстройств, увеличивая потребность в медицинской помощи. Холодный воздух снижает иммунитет дыхательных путей, повышая восприимчивость организма к инфекциям верхних дыхательных путей и вирусным заболеваниям, таким как грипп и ОРВИ», — объясняет Марина Клюева.

### В ожидании тепла

Конечно, всех нас волнует, ждать ли дальнейших погодных сюрпризов. Но объяснения специалистов скорее обнадеживают. «Атмосфера — очень подвижная среда, обладает условно короткой «памятью», порядка пары недель, и то если вдруг не появятся какие-либо источники возмущений, например сильное извержение вулкана, которое заставит внести существенные коррективы в прогнозы. По характеру погодного события, которое вы наблюдаете в одной конкретной точке, нет смысла делать выводы о том, что будет в следующем сезоне. Атмосферные течения очень быстро «забудут» о том, что было зимой. Поэтому говорить о лете и тем более осени очень преждевременно», — подчеркивает Марина Макарова. Единственный риск, по прогнозам синоптиков, это сложный весенний паводок в регионах, где выпало много снега.

«Подводить итоги пока рано, март в большинстве регионов страны — зимний месяц. Мониторинг проводится постоянно, отслеживается уровень промерзания почвы, количество осадков, высота снежного покрова, количество влаги в снеге — то, что, безусловно, повлияет на весенние процессы. Согласно предварительному прогнозу весеннего половодья, сезон будет сложнее предыдущего, особенно в Центральном, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах», — отмечает Марина Макарова.





# Искусство делиться

*Люди и дело: как мечты становятся проектами*

**Если атомная отрасль начинается с урана, то просветительская деятельность, конечно же, с людей. Мы решили поговорить с тремя сотрудниками ИЦАЭ об их пути в профессии, знаковых проектах и планах на будущее.**

## Языком Эйнштейна

В 22 городах присутствия сети ИЦАЭ работают около сотни человек: руководители центров, менеджеры, системные администраторы. Добавим сюда московский офис и необходимые любой организации бухгалтерию и юристов. Вклад каждого сотрудника важен и уникален. И все же если попытаться сформулировать перечень ключевых должностей, то одной из первых в этом списке будет должность программного директора.

Его работа всегда на виду. Ведь именно он отвечает за то, какую тему в следующий раз будут «разбирать на атомы» эксперты в Ижевске или Саратове, кто

из просветителей-суперзвезд станет главным героем фестиваля науки «Кстати» в Екатеринбурге или Воронеже, какими новыми форматами и просветительскими проектами будут удивлять посетителей центров в Челябинске и Калининграде.

Никита Перфильев занимает пост программного директора сравнительно недавно, с 2022 года. При этом, по его собственным словам, весь его профессиональный путь неразрывно связан с организацией мероприятий. «Начинал я в воронежском Областном молодежном центре, занимаясь абсолютно разными форматами: от образовательных семинаров и школ актива до крупных фестивалей вроде «Студенческой весны». В какой-то момент, почувствовав профессиональный потолок, я принял предложение перейти в Информационный центр по атомной энергии в Воронеже на позицию менеджера. Первая неделя стала настоящим погружением: нужно было изучить экспонаты, понять механику научной коммуникации и логику построения мероприятий. Неделя прошла, а потом началась пандемия коронавируса», — рассказывает Никита Перфильев.



**Никита  
Перфильев**



**Виталий  
Долгопольный**



**Павел  
Чекмарев**

Переезд в «цифру» простым не был. «Раньше офлайн и онлайн казались мне параллельными мирами, а технический продакшен — «темным лесом».

Пандемия заставила осваивать все с нуля: съемку, свет, звук, сценарии, монтаж. Эти навыки оказались универсальными: сегодня даже офлайн-мероприятия оцениваю через призму продакшена — фон за спикером, его расположение на сцене, качество микрофона. Оказалось, организация события и техническая реализация пересекаются глубже, чем казалось: выпадение одного компонента может обернуться провалом. Успех зависит от слаженной работы контента и подачи», — говорит Никита Перфильев. Именно в период пандемии появились медиапроекты «Наука в мемах», «Что пошло не так», «Пойми атомщика», «Вечер научных страшилок» — мини-сериал в стилистике хоррора о разоблачении мифов. Некоторые из них и сейчас — настоящая визитная карточка мероприятий ИЦАЭ.

Первым крупным мероприятием воронежского ИЦАЭ после отмены локдаунов стал фестиваль науки «Кстати», который в городе к тому моменту не проводили около 10 лет. «Мы открыли обновленный центр именно этим событием, а вскоре меня повысили с позиции менеджера до руководителя центра. В команде собрались молодые специалисты, следящие за трендами: мы начали создавать контент в формате скетчей, рилсов, мемов. Вместо простых афиш снимали двухдневные сюжеты, монтировали их — запустили мини-фабрику контента», — рассказывает программный директор ИЦАЭ.

«Мы поняли: информация лучше усваивается через эмоции. Юмор и интерактив — так мы искали и, кажется, нашли новый язык общения с молодой аудиторией. Мероприятия в новом формате стали альтернативой вечернему досугу: не бар, а наука с друзьями», — убежден Никита Перфильев. Позже, уже после его переезда в Москву на позицию программного директора сети ИЦАЭ, наработки воронежского центра начали внедряться по всей стране.

В качестве знаковых для себя проектов уже на посту программного директора сети Никита Перфильев отмечает фестиваль науки «Кстати» в Воронеже, который традиционно проходит в формате «Наука и юмор». «Интерес к нему рос в геометрической прогрессии: за несколько лет мы поднялись со 100 до 1000 гостей. Все дело, думаю, в сбалансированном коктейле познавательного и развлекательного контента», — отмечает он. Дискуссионный клуб «Убеди меня», стартовавший всего два года назад и двигавшийся поначалу со скрипом, сегодня объединяет 40 школьных команд только в Курске. В планах — отдельная «лига любителей поспорить» для

учителей. Наконец, проект Science Talk. Задуманный много лет назад как рассказ о воронежской науке, он трансформировался в настоящую просветительскую платформу для студентов. Чуть позже у него появился спин-офф Science Talk. Kids, где спикерами становятся школьники. В 2025 году вся линейка Science Talk была отмечена премией «Знание» как лучший просветительский проект в регионах.

Предмет особой гордости — проекты на стыке искусства и науки. Речь, прежде всего, о моноспектакле «Курчатов», один из показов которого прошел в историческом доме отца-основателя отечественной атомной отрасли в Озерске, и об иммерсивном спектакле о Гагарине, поставленном на месте его приземления, в Парке покорителей космоса недалеко от Саратова.

«Сегодня все наши форматы постепенно складываются в единую экосистему: атомные практикумы (занятия для школьников), интеллектуальные игры, дебаты, публичные выступления Science Talk. Это своего рода сортер, где каждый следующий элемент подпитывает и дополняет предыдущий. Мы можем уже не просто транслировать знания, а содействовать выращиванию новых популяризаторов науки, амбасадоров атомной отрасли, которые будут зажигать



сердца будущих ученых и инженеров на сценах по всей стране», — убежден Никита Перфильев.

### Переоткрывая «цифру»

Директор по информационным технологиям сети ИЦАЭ Виталий Долгополый — один из старожилов сети: он начал работать в области «атомной» популяризации с февраля 2010 года, то есть когда сеть ИЦАЭ в ее нынешнем виде еще не существовала как отдельная структура. «С 1 июля 2010 года я официально перешел в штат ИЦАЭ Ростова-на-Дону на должность системного администратора. Ростовский центр стал третьим в сети, и мы открывались практически одновременно с Калининградом. Все было новым и неизведанным — никто не рассказывал, что именно нужно делать. Мы сами формировали цифровую инфраструктуру центра. К счастью, у меня был отличный руководитель — Алексей Стратонович Боровик, человек, проработавший в отрасли, кажется, всю жизнь, много знающий и в высшей степени компетентный. Мало-помалу я сначала дорос до старшего системного администратора, а затем и вовсе перебрался в Москву и возглавил ИТ-функцию в ИЦАЭ», — рассказывает Виталий Долгополый.

Одним из первых крупных общесетевых цифровых проектов, который реализовывался по инициативе и под руководством Виталия Долгополого, стало внедрение платформы «1С-Битрикс». По его словам, это был непростой выбор: продукт изначально был ориентирован на коммерческие задачи, и его пришлось дорабатывать с учетом требований некоммерческой просветительской организации. «Но самое сложное оказалось не в технической реализации, а во внедрении и преодолении сопротивления пользователей. Результат — сегодня «Битрикс» стал единой цифровой основой для всех внутренних процессов сети ИЦАЭ, от бухгалтерии до программ мероприятий», — отмечает Виталий Долгополый.

Пандемия коронавируса, разразившаяся в 2020 году, стала настоящим испытанием для всех, в том числе для сети ИЦАЭ. «Впрочем, для нас это послужило и дополнительным толчком в развитии, — утверждает Виталий Долгополый. — До этого в ИЦАЭ практически не было опыта проведения онлайн-мероприятий. А к первому крупному фестивалю науки в таком формате после спешного перевода всех на карантин нам пришлось подготовиться всего за неделю. Это потребовало срочной закупки камер, звукового оборудования, настройки систем для проведения прямых эфиров», — рассказывает он. Пандемия дала мощный импульс цифровизации всей сети. В результате ИЦАЭ не просто переоткрыл для себя онлайн. Была создана интегрированная телекоммуникационная среда, объединившая все центры на территории страны. Это позволило запустить масштабные межрегиональные проекты: интеллектуальные игры BrainShaker с участием сотен команд из разных городов, дебаты «Убеди меня», регулярные телемосты между центрами. «Особенно важной стала автоматизация игровых процессов: мы создали систему, позволяющую одному

оператору обрабатывать результаты до 100 команд в режиме реального времени», — отмечает Виталий Долгополый.

В момент, когда сеть ИЦАЭ «вышла в онлайн», особое внимание нужно было уделять безопасности. «Пришлось столкнуться с постоянными хакерскими атаками на все наши сервисы: DDoS-атаки, боты с попытками подбора паролей, попытки кражи персональных данных сотрудников, — рассказывает Виталий Долгополый. — Самая длительная атака, которую выдержал наш сайт, длилась около четырех суток».

Этот опыт оказался крайне полезен после начала геополитического кризиса 2022 года. Впрочем, по словам ИТ-директора сети, еще до этого, ориентируясь на возможные риски, в ИЦАЭ начала создаваться собственная ИТ-инфраструктура. «Мы перешли с зарубежных почтовых сервисов на собственные серверы, и когда лицензии начали отзываться, а сервисы закрывать, мы уже были готовы», — отмечает он.

Один из флагманских цифровых проектов сети ИЦАЭ прямо сейчас — создание собственного приложения. «Мы руководствовались двумя соображениями. Во-первых, уход зарубежных сервисов (Google Forms, Timerpad) лишил нас инструментов для регистрации участников и сбора персональных данных в соответствии с законодательством. Во-вторых, мы хотели выстраивать коммуникацию с аудиторией на своих условиях — гибко управлять контентом, сегментировать базу по интересам, оперативно тестировать новые функции», — рассказывает Виталий Долгополый.

Изначально планировалось создать нативное мобильное приложение, но после анализа рынка был выбран его веб-аналог (PWA). «Это решение оказалось более практичным: во-первых, мы избежали необходимости разрабатывать отдельные версии для iOS и Android; во-вторых, устранили «барьер входа» в виде необходимости скачивать приложение весом в сотни мегабайт. Пользователь получает доступ по QR-коду — моментальная авторизация, расписание мероприятий, возможность участия в викторинах и играх без установки», — поясняет он.

Приложение разделено на две версии: для посетителей и для педагогов. Педагогическая версия содержит дополнительный функционал для работы с группами детей. В основе лежит система меток (около 100 категорий по тематике мероприятий), позволяющая сегментировать аудиторию и таргетированно приглашать людей на профильные события. Параллельно развивается геймификация: викторины, игры на сайте, сквозная система наград и цифровой аватар пользователя.

«Разработка приложения — это непрерывный процесс, — уверен Виталий Долгополый. — Остановка означала бы смерть продукта: меняются тренды, устройства, ожидания пользователей. Мы постоянно

QR-код для входа  
в веб-приложение  
ИЦАЭ



адаптируем функционал, добавляем новые игровые механики, следим за тем, чтобы приложение оставалось живым и интересным».

### «Мерчачечная»

«То, чем я занимаюсь, коллеги называют „мерчачечной“», — смеется Павел Чекмарев, отвечающий в ИЦАЭ за разработку и изготовление сувенирной продукции. Выпускник МЭИ по специальности «коммуникации», до прихода в ИЦАЭ он успел поработать в «Вертолетах России», ОАК и ОСК, где тоже плотно занимался сувенирной продукцией.

«В ИЦАЭ мы работаем с полным циклом: от идеи и разработки дизайна до реализации и распространения мерча, — рассказывает Павел Чекмарев. — Еще до моего прихода в ИЦАЭ здесь уже был очень классный опыт разработки сувенирной продукции, а главное — своя идеология. Она, как мне кажется, перекликается с идеологией атомной отрасли. Первый критерий — нужность. Мы стараемся делать продукцию, которая будет использоваться в повседневной жизни, а не пылиться на полке. Бутылки, кружки, сумки, рюкзаки, одежда — важно, чтобы человек хотел использовать эту вещь каждый день. Второй критерий — экологичность. Мы отдаем предпочтение материалам вторичной переработки. Мои любимые примеры — несессеры из старых баннеров, которые иначе отправились бы на свалку, и «вечные карандаши» с графитовым стержнем, который не требует заточки и практически не изнашивается», — говорит он.

По мнению Павла Чекмарева, сувенирная продукция — это не просто артефакт, а дополнительный язык коммуникации. «У нас есть линейка атомных занятий для школьников, каждое из которых посвящено отдельной теме: космос, экология, квантовые технологии и проч. Для каждого направления мы придумали уникальную графему-иконку и на их основе изготовили набор джибитсов — особых пластиковых значков. Участники, прошедшие курс атомных занятий, за каждое из них получают свой значок и силиконовый браслет, чтобы собрать коллекцию. Так мы вводим дополнительный элемент геймификации в нашу работу», — рассказывает «главный по сувенирке» в ИЦАЭ.

Другой пример — мерч для спикеров. Согласитесь, никто не будет каждый день носить футболку или толстовку, сделанную пусть и из отличных материалов, но с огромным брендом по всей поверхности. «Ребята придумали свои слоганы: «Красиво атомы сложились», «Я радиоактивен, и ты тоже», «Расщепляй и властвуй». Логотип ИЦАЭ тоже есть, но расположен он скромно, например на рукаве. И это работает. Не раз уже видел наших спикеров в мерче ИЦАЭ на чужих подкастах или мероприятиях», — говорит Павел Чекмарев.

Не секрет, что новогодние праздники — это своеобразный чемпионат для специалистов, занимаю-



щихся сувенирной продукцией. «Раньше мы дарили светящиеся гирлянды, елочные украшения, advent-календари. Но хотелось чего-то по-настоящему своего и оригинального. Так пришли к идее создания собственной коллекции новогодних персонажей. Первым стал Дед Мороз, визуально отсылающий к Игорю Курчатову, продолжила линейку Мария Кюри в образе Снегурочки, а в минувшем году мы придумали снеговиков, в оформлении которых использовали элементы фирменного стиля 80-летия атомной промышленности», — рассказывает Павел Чекмарев.

О своих планах он говорит так: «Мы находимся в постоянном поиске новых материалов, новых форматов и новых идей. Наши гости растут, меняются их вкусы, меняются тренды, и мы будем меняться вместе с ними. Не изменятся только наша приверженность практичности и ответственности перед окружающей средой. Ну и желание удивлять».

Среди историй без малого сотни сотрудников Информационных центров по атомной энергии нет ни одной похожей. Кто-то стремился в просветители давно и упорно, едва ли не с того момента, как впервые оказался на одном из мероприятий ИЦАЭ. Кто-то, наоборот, в популяризацию попал почти случайно, чтобы остаться здесь на годы. Одно объединяет этих людей: как и урану, им свойственно делиться — новыми знаниями, новыми впечатлениями, новыми мечтами.



**Текст:** Федор Буйновский,  
обозреватель «Вестника атомпрома»

# Алгоритм, который знает тебя лучше тебя

*Как искусственный интеллект, обученный на наших данных, стал нашим вторым «я»*

**Попробуйте провести простой эксперимент: откройте ленту рекомендаций в любимом стриминговом сервисе и спросите себя, когда вы в последний раз выбирали фильм сами, без подсказки. Вспомните, как карта на экране смартфона предложила маршрут быстрее, чем вы успели подумать, куда свернуть. Заметьте, что реклама в браузере знает о вашем желании купить новые кроссовки раньше, чем вы сами его осознали. Все это — не совпадения, а работа алгоритмов, для которых мы давно перестали быть загадкой.**

Именно этой тревожной прозрачности человека перед машиной посвящена книга французского философа и публициста Гаспара Кёнига «Конец индивидуума». Ее центральный вопрос звучит обманчиво просто: что станет со свободой воли и самой идеей личности, если мы продолжим — добровольно и с удовольствием — делегировать все больше решений искусственному интеллекту? Кёниг не пишет очередной манифест против технологий. Он отправляется в настоящее путешествие, от лабораторий Кремниевой долины до стартапов Шэньчжэня, чтобы разобраться, можно ли жить с алгоритмами и не раствориться в них.

## Путешествие философа: от кабинета к конвейеру

Книга Кёнига — это не академический трактат, а репортаж с элементами философского расследования. Автор покидает свой парижский кабинет и едет по миру, беседуя с разработчиками, нейробиологами, предпринимателями, юристами и чиновниками. Его маршрут охватывает США, Китай, Израиль, Великобританию и континентальную Европу. В каждой стране искусственный интеллект влетен в свой собственный политический и культурный контекст:

рыночный оптимизм Кремниевой долины, где ИИ обещает рай потребителя, соседствует с китайскими системами социального рейтинга, где алгоритм решает, достоин ли гражданин кредита или поездки на поезде.

Такой формат делает книгу живой: Кёниг не демонизирует технологии и не впадает в наивный восторг. Он ищет мост между стремительным техническим прогрессом и философской традицией автономии субъекта — той самой идеей, что человек является автором собственной судьбы. Именно поэтому его путешествие — не просто журналистика, а попытка ответить на вопрос, который ставили еще Кант и Милль, но которого не существовало в их словаре: как быть свободным, если машина предугадывает каждый твой шаг?

## Конец свободного выбора?

Фокус внимания автора книги направлен не на те проблемы, о которых привыкла тревожиться большая часть публики. Кёниг не столько боится массовой безработицы из-за роботизации, сколько куда более тонкой угрозы: ИИ подрывает саму основу личности — ощущение, что мы сами делаем выбор. Когда алгоритм, обученный на наших данных, предсказывает наше поведение точнее, чем мы сами, человек постепенно превращается из субъекта в объект — из того, кто решает, в того, за кого решают.

Механизм этой трансформации прост и потому опасен. Алгоритмы, подстраиваясь под наши предпочтения, привычки и слабости, не просто угадывают желания, они формируют их. Персонализированная лента новостей сужает горизонт, рекомендательная система подталкивает к «оптимальному» потреблению, а кредитный скоринг незаметно определяет жизненные возможности. Человек, данные которого предсказуемы, перестает удивлять, в том числе самого себя.

Кёниг видит в этом угрозу не только для отдельного индивида, но и для либеральной демократии в целом. Если свобода воли оказывается иллюзией, а поведение человека — результатом алгоритмической оптимизации, то под вопросом оказываются и гражданская ответственность, и смысл прав человека, и сама идея демократического участия. Зачем голосовать, если машина «знает лучше»?

### «Миф о суперинтеллекте» и возвращение тела

Одна из самых интересных линий книги — разбор «мифа о суперинтеллекте». Массовая культура и часть технологической элиты рисуют сценарий, в котором ИИ рано или поздно обретет сознание, превзойдет человека и либо поработит его, либо уничтожит. Кёниг относится к этому нарративу скептически, и его скептицизм хорошо аргументирован.

Философ напоминает: человеческое мышление — это не только вычисление. Оно укоренено в теле, в эмоциях, в хрупком биологическом гомеостазе. Мы думаем не только мозгом, но и руками, кожей, интуицией, болью. Без «плоти» ИИ может обрабатывать информацию, но не мыслит и не желает так, как человек. Машина не боится смерти, не чувствует стыда, не любит — а значит, не может по-настоящему понимать мир, в котором все эти вещи имеют значение.

Этот аргумент служит важным переходом: настоящая опасность, по Кёнигу, не в восстании машин, а в том, что мы добровольно согласимся жить по их подсказкам и стандартам. Не ИИ нас победит — мы сами сложим оружие свободы, потому что так удобнее.

### Комфортная клетка: зависимость и инфантилизация

Повседневность уже полна примеров этой «тихой капитуляции». Навигатор выбирает маршрут — и мы разучиваемся ориентироваться в городе. Рекомендательные сервисы формируют вкус — и мы забываем, каково это — зайти в книжный магазин и наугад взять книгу с полки. Алгоритмы подбирают нам партнёров, музыку, новости, маршруты пробежки, время сна. Каждая из этих услуг по отдельности кажется мелочью, но в совокупности они выстраивают архитектуру жизни, в которой для личного решения остается все меньше места.

Кёниг называет этот процесс структурной инфантилизацией. Удобство и оптимизация, которые обещают алгоритмы, рожают лень и иного порядка: мы все реже тренируем критическое мышление, все реже рискуем и ошибаемся. А ведь именно ошибка — двигатель познания и роста. Человек, который никогда не блуждает, не открывает новых улиц.

Мысль Кёнига доведена до логического предела: комфортный мир алгоритмов может оказаться цифровой антиутопией — обществом с властью без демократии, искусством без художника, жизнью без приключения.

И самое тревожное в этой антиутопии то, что она не требует диктатора: мы строим ее сами, скачивая очередное приложение.

### Рецепт Кёнига: вернуть человеку данные и ответственность

Кёниг — не луддит и не алармист. Его вывод на удивление конструктивен: ИИ нужно не отменять, а ставить на службу человеку, сохраняя автономию субъекта. Технологии должны расширять наши возможности, а не заменять нашу волю.

Конкретные предложения философа вращаются вокруг нескольких принципов. Во-первых, человек должен оставаться хозяином своих данных — не в декларативном, а в практическом смысле: понимать, какие данные собираются, как используются, и иметь реальную возможность от этого отказаться. Во-вторых, алгоритмы, принимающие решения, затрагивающие жизнь людей, должны быть прозрачными и оспоримыми. Если машина отказала вам в кредите, вы имеете право знать почему и возразить.

Но, пожалуй, самая глубокая идея Кёнига — это защита права на заблуждение. Свобода включает возможность выбирать неэффективное, странное, нерациональное. Мир, в котором алгоритм всегда подсказывает «правильный» ответ, — это мир, из которого вычтена сама суть человеческого опыта: поиск, сомнение, открытие через ошибку.

### Послесловие в эпоху чат-ботов

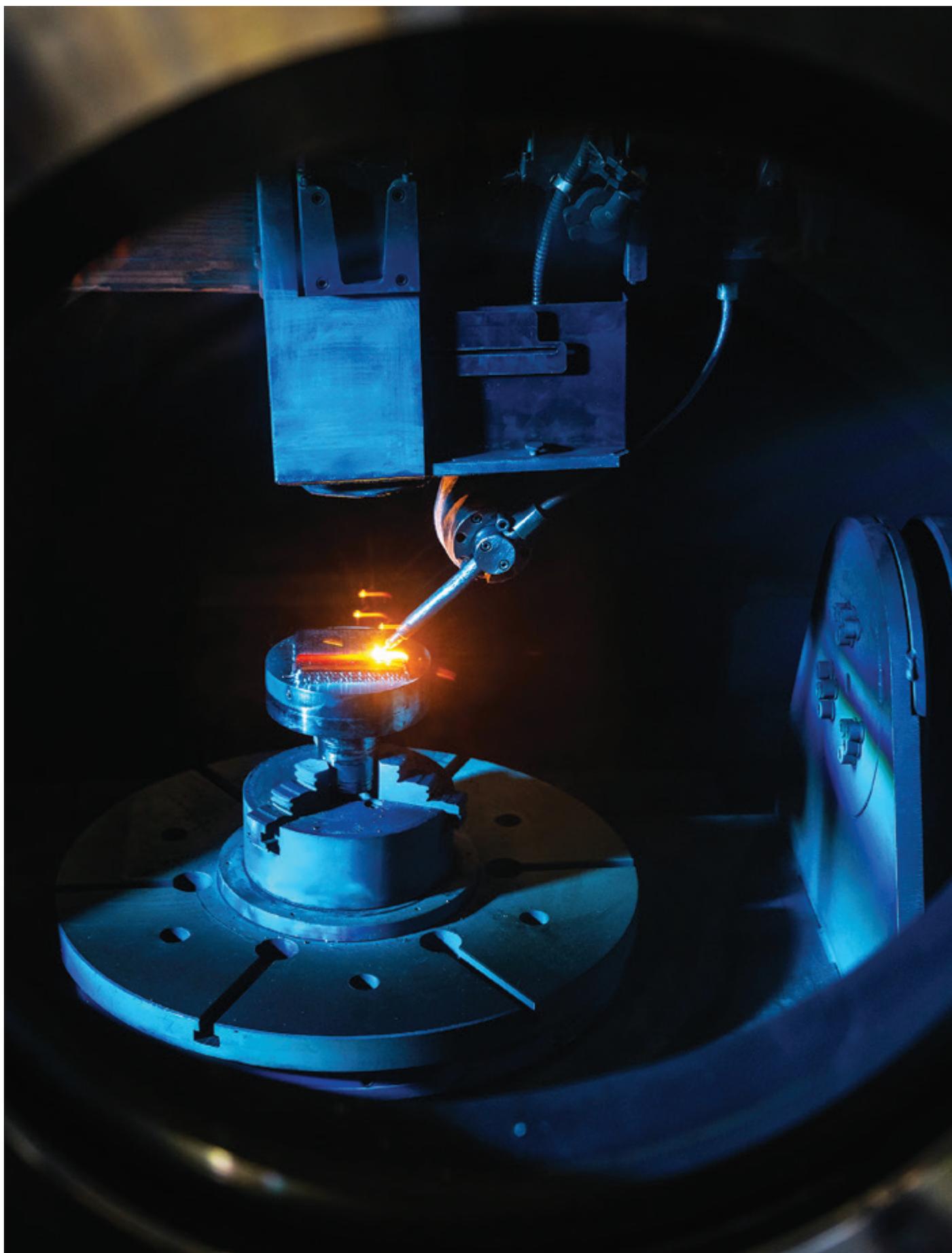
Книга Кёнига вышла до нынешнего бума генеративного ИИ — до ChatGPT, Midjourney и волны массовой автоматизации, которая за считанные месяцы изменила десятки профессий. Но именно поэтому она звучит сегодня не устаревшей, а пророческой. Все, о чем предупреждал философ, происходит быстрее, чем он, вероятно, ожидал. Чат-боты пишут за нас письма, генеративные модели рисуют за нас картины, алгоритмы принимают за нас кадровые решения. Каждый день граница между «помощником» и «надсмотрщиком» становится чуть менее различимой.

Где проходит эта граница? Сколько решений мы готовы отдать алгоритмам, прежде чем перестанем быть теми, кто решает? Кёниг не дает окончательного ответа, и, пожалуй, в этом честность его книги. Он лишь предлагает задуматься прежде, чем нажать «Принять все».

Если индивидуум исчезнет, это произойдет тихо. Не будет заговора машин и бунта роботов. Будет лишь бесконечная череда маленьких повседневных уступок, каждая из которых покажется разумной, удобной и совершенно безобидной. Книга Кёнига — это приглашение заметить эти уступки, пока еще не поздно.

Фото: Топливный дивизион «Росатома»

В феврале Росстандарт утвердил три новых национальных стандарта в области технологий аддитивного производства, разработанных «Росатомом»



Создаем инновационные решения,  
которые определяют настоящее  
и формируют устойчивое будущее

# ВРЕМЯ ТМК



[tmk-group.ru](http://tmk-group.ru)

