

# ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№1 | январь-февраль | 2025

*Главная тема*

## **Уран: от прошлого к будущему**

*Становление, развитие,  
достижения, перспективы  
урановой промышленности*

*В номере*

Атомное образование	28
Композитные материалы	42
Проекты в области ВИЭ	48



# Уважаемые читатели!

Отправной точкой в истории отечественной атомной отрасли стало постановление ГКО «Об организации работ по урану», подписанное 28 сентября 1942 года. Уран — основа атомной промышленности. Хотя на добычу урана и производство топлива из него приходится лишь 5–10% цены электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, от этого металла всецело зависит долгосрочная устойчивость всей мировой атомной энергетики. Материалы главной темы номера рассказывают об итогах работы Горнорудного дивизиона «Росатома» в 2024 году и планах на будущее, практике геологоразведки, истории становления и развития добычи урана в нашей стране и некоторых тенденциях мирового уранового рынка.

Одной из ключевых задач «Росатома» является подготовка кадров: для дальнейшего развития традиционных и новых бизнесов госкорпорации необходим постоянный приток образованных, квалифицированных, мотивированных специалистов. Для этого выстраивается системная работа на разных уровнях непрерывного образования, начиная со школьного. Читайте о просветительских, образовательных и научных проектах для школьников, педагогов и студентов, а также о решении задачи по повышению компетентности персонала в условиях перехода к новой технологической платформе атомной энергетики.

Кроме того, вы узнаете о множестве направлений — от музыки до биотехнологий, — в которых находят применение композитные материалы, о развитии российских проектов в области ВИЭ и о том, какие научные прорывы 2024 года считают самыми значимыми молодые ученые.

**ВЕСТНИК  
АТОМПРОМА**

№ 1, январь-февраль  
2025 года

Информационно-  
аналитическое издание

Фото на обложке  
Wikipedia

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

**Выпускающий редактор**  
Еременко О. В.

**Дизайн и верстка**  
Бабич А. Е., 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, ин-  
формационных технологий и массовых  
коммуникаций

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

Тираж 1980 экземпляров.  
Цена свободная.  
Подписано в печать: 11.02.2025

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-001/25.

## Содержание

Главная тема  
КОРОТКО

**Больше чем просто металл** 4  
*Уран — основа атомной промышленности*

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**«Росатом Недра» идет на разведку** 6  
*Горнорудный дивизион обеспечивает будущую добычу урана*

ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА

**«Месторождения не открывают, их делают»** 12  
*Ветеран урановой геологоразведки Михаил Шумилин о том, как найти уран и почему месторождение — это понятие экономическое, а не геологическое*

НАША ИСТОРИЯ

**Урановая летопись** 18  
*История зарождения, становления и развития отечественной урановой промышленности*

МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ

**Вскрытие урановых «консервов»** 26  
*Урановые компании перезапускают рудники*

Атомное образование

**«Атомный урок»: нескучно о естественно-научном** 28  
*Просветительский проект об атомной отрасли для педагогов и школьников*

**От «Истока» — к большой науке** 32  
*Формирование кадрового резерва атомной отрасли: проекты на разных уровнях непрерывного образования*

Подготовка кадров

**Кадры на новом уровне** 36  
*Как строится многоуровневая система подготовки персонала в условиях перехода к новой технологической платформе атомной энергетики*

Поколение IV

**Без риска для будущих поколений** 40  
*Радиоэкологические аспекты эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах и замыкания ядерного топливного цикла*

Материалы

**Созвездие композитов** 42  
*Практическое применение новых материалов: сегодня и завтра*

Зеленая энергетика

**Солнце, ветер и вода** 48  
*Почему генерация электроэнергии в России низкоуглеродна и каковы дальнейшие перспективы развития сектора ВИЭ*

ИЦАЭ

**Под знаком ИИ** 52  
*О научных итогах 2024 года и том, каких прорывов стоит ждать в 2025-м, рассказывают спикеры сети ИЦАЭ — молодые ученые, представляющие самые разные области человеческого знания*

Особое мнение

**Настроить связь и выиграть** 56  
*Как коммуникации могут решить задачи бизнеса*

# Больше чем просто металл

Одна из ключевых составляющих атомной отрасли — сложнейшего научно-промышленного комплекса — связана с добычей урана, основного топлива для ядерных реакторов. В последние годы объем мирового производства составляет 55000–65000 тонн металлического урана в год.

В докладе «Обзор ядерных технологий — 2024» МАГАТЭ отмечает, что три года подряд пересматривает в сторону повышения свой ежегодный прогноз потенциального роста ядерной энергетики в предстоящие десятилетия, и подтверждает возобновление интереса к этому мощному и надежному виду низкоуглеродной генерации. Это объясняется необходимостью развития источников, которые представляют собой альтернативу ископаемому топливу, в условиях прогнозируемого увеличения глобального спроса на электроэнергию.

Сегодня в ядерной энергетике активно развиваются новые технологии, для некоторых из них требуется меньше урана, для других в качестве топлива могут использоваться материалы, которые сейчас относятся к ядерным отходам. Увеличение производства ядерной энергии не обязательно повлечет пропорциональное увеличение спроса на добываемый уран. Тем не менее ожидается,

что спрос на него все равно возрастет. МАГАТЭ прогнозирует, что в следующем десятилетии индустрия столкнется с растущим спросом на ядерное топливо. Это связано с расширением программ строительства АЭС как в странах с существующей ядерной энергетикой, так и в странах-новичках (к 2035 году число стран, эксплуатирующих АЭС, может увеличиться примерно на 30%: к 31 стране может добавиться еще 10–12).

Российская сырьевая база урана значительна и позволяет стране ежегодно входить в десятку крупнейших мировых производителей. Горнорудный дивизион «Росатома» обладает уникальными компетенциями и осуществляет весь комплекс работ: от геологоразведки, опытных и проектных работ до рекультивации и вывода производственных объектов из эксплуатации. Устойчивость позиций Горнорудного дивизиона на рынке урана обеспечена стабильным спросом на продукцию со стороны российской атомной отрасли, диверсифицированной минерально-сырьевой и производственной базой и системной работой по повышению эффективности бизнеса.

Подробнее о вчерашнем, сегодняшнем и завтрашнем дне урановой промышленности — в главной теме номера.

Текст: Ирина Дорохова  
 Фото: ППГХО / Евгений Целуйко, АО «Хиагда», webmineral.ru, «Росатом Недра»

# «Росатом Недра» идет на разведку

Горнорудный дивизион обеспечивает будущую добычу урана



**«Росатом Недра» (ранее — «Атомредметзолото») входит в десятку крупнейших производителей урана в мире. Процессы и события в компании прямо влияют на положение дел на рынке. Поэтому с первым заместителем генерального директора, исполнительным директором АО «Росатом Недра» Виктором Святецким мы поговорили об итогах 2024 года и планах на ближайшие годы — это те пазлы, из которых складывается картина рынка. Много внимания уделили и теме геологоразведки — заделу на будущее.**

## Итоги прошлого года

— Каким для уранодобывающих предприятий Горнорудного дивизиона «Росатома» был 2024 год?

— Очень напряженным, очень плотно работали все специалисты и в управляющей компании, и на дочерних предприятиях. Прошлый год — хороший пример того, что, если всем вместе навалиться, с задачами можно справиться. По нашему основному продукту, урану, мы все обязательства выполнили и даже чуть-чуть перевыполнили. Выполнение планового задания по добыче урана — 102%. Да и в целом дивизион достиг целевых финансово-экономических показателей КПЭ.

— Давайте начнем с ППГХО.

— На комбинате (раньше предприятие называлось Приаргунский горно-химический комбинат, в обиходе его продолжают называть комбинатом. — *Примеч. ред.*) план также выполнили. Все приложили к этому максимальные усилия. Вели добычу, как и раньше, на рудниках № 1 и 8. Кроме того, в прошлом году мы начали подготовку к освоению нового месторождения — Широудкуйского. Его еще в советское время отрабатывали, потом отработку приостановили, лицензию сдали, потому что цены на природный уран были низкими, а себестоимость отработки высокой. Сейчас цены поднялись, потребности в уране растут, поэтому будем его отрабатывать. Продолжаем работы на «главной урановой стройке страны» — руднике № 6, потому что за горизонтом 2030 года именно он возьмет на себя основную задачу по добыче урана. Люди, которые сейчас работают на первом и восьмом рудниках, будут плавно переходить на рудник № 6.

— Что сделали на шестом руднике в прошлом году?

— Основные вехи, которые мы планировали, достигнуты: построили здание подъемной машины ствола 20В, здание подъемной машины ствола 19РЭШ и здание главной вентиляционной установки. Продолжается осушение рудника, вода откачана до уровня седьмого горизонта. Идет строительство ствола 19РЭШ ниже шестого горизонта: строим ствол вслед за откачкой воды, идем в графике.

— Про добычу угля расскажите, пожалуйста.

— Как обычно, отгружали на нашу ТЭЦ (которая снабжает теплом и электроэнергией комбинат

и Краснокаменск), потребителям в Забайкальском крае и часть на экспорт — Китайской Народной Республике. В целом производственная программа была выполнена на 119%. На ТЭЦ продолжается модернизация: мы обновляем турбины и ремонтируем котлы. Получен паспорт готовности к отопительному сезону, станция бесперебойно работает. За электроэнергию, которую ТЭЦ поставляет в энергосистему Забайкальского края, предприятие получает дополнительную выручку.

— Переходим к «Хиагде».

— Отработали ударно. В этом году они стали лидерами по объему добытого урана в стране — более 1000 тонн. На «Хиагде» продолжали в течение года работы по промышленному освоению Дыбрынского месторождения. Они разделены на два этапа. В прошлом году мы завершили первый, начали там промышленную добычу. В этом году готовимся к сдаче второго этапа, после чего Дыбрынское месторождение будет полностью введено в промышленную эксплуатацию. Но уже сейчас Дыбрынское месторождение обеспечивает львиную долю производственной программы на «Хиагде». До этого основной вклад делало Вершинное месторождение. Так каждый год: если мы, условно, 1 тыс. тонн добываем, то должны подготовить более 1 тыс. тонн запасов к отработке. Так мы соблюдаем нормативы и обеспечиваем выполнение производственных планов следующих периодов.

Для поддержания производительности и развития предприятия нам необходима дополнительная инфраструктура, поэтому в течение прошлого года строили вспомогательные объекты. Построили гараж: автопарк растет, а в суровых условиях «Хиагды» нужны защищенные стояночные боксы и ремонтные мастерские. В этом году вводим гараж в эксплуатацию. Также в связи с ростом численности персонала мы расширили вахтовый поселок. Добавили порядка 60 мест и спортзал. Это позволит нам размещать то количество сотрудников, которое, как мы видим, будет нужно нам в 2025–2026 годах. Комфортное размещение — важная часть нашей работы, потому что борьба за кадры острая, в Забайкальском крае у нас много конкурентов, поэтому хочется создать условия, на которые люди придут к нам работать.

— Что на «Далуре» сделали в прошлом году?

— «Далур» дал в 2024 году сверхплановые объемы, поэтому хотелось бы поблагодарить и поздравить далурчан с успешным завершением года. Из значимых событий: «Далур» подготовил и ввел в эксплуатацию опытно-промышленную установку на Добровольном месторождении, в апреле этого года ждем первую продукцию. Это первые серьезные шаги в освоении Добровольного. Также мы завершили строительство локальной сорбционной установки на Хохловском месторождении урана. Построена прирельсовая база, по которой получено заключение о соответствии построенного объекта капитального строительства и начаты пусконаладочные работы.

## на 102%

выполнено плановое задание по добыче урана Горнорудным дивизионом

## > 1000 тонн

урана добыло АО «Хиагда», предприятие стало лидером по добыче урана в стране

## Планы на 2025 год

— Расскажите, пожалуйста, подробнее, что будете делать в этом году. Давайте так же начнем с ППГХО.

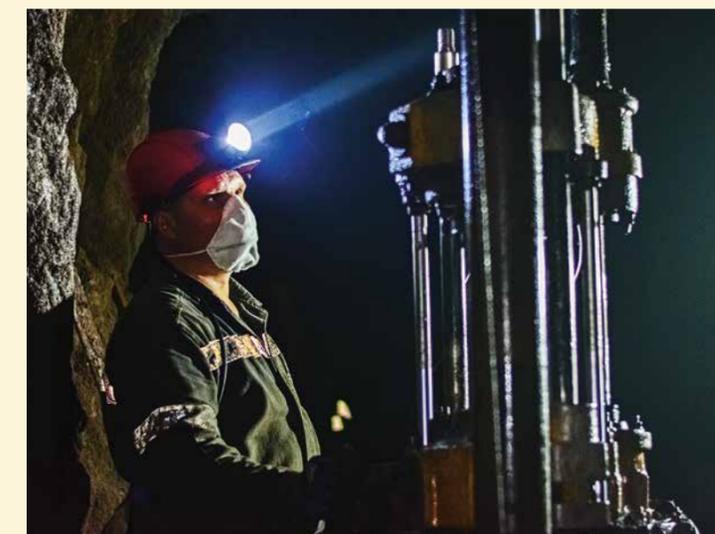
— Продолжаем добывать уран на первом и восьмом рудниках, основное направление развития по-прежнему строительство рудника № 6. В этом году продолжаем работы по его расконсервации. К концу 2025 года мы должны опуститься до 12-го горизонта, всего их 16. В 2025 году мы возобновляем проходку ствола 20В. В свое время он был пройден на глубину около 140 м, мы его обследуем, приводим в безопасное состояние и начинаем проходческие работы дальше. Ствол 19РЭШ уже пройден на всю глубину, это порядка 960–980 м.

— С какого горизонта начнется отработка?

— С пятого и шестого, с шестого будет выдаваться руда. Это верхний каскад горизонтов, мы планируем работать одновременно на двух каскадах, чтобы увеличить производительность отработки. Нижний

## На фото

Горные работы на руднике № 8, ППГХО



## «Ждем от Минприроды и Роснедр предложений по площадкам. Это могут быть Саяны, Чукотка, Карелия. Надо работать с геологами и искать потенциальные новые площади. Новые! К 2050 году мы должны найти что-то серьезное. Для нас важно определить новые площади и ускорить подготовку якутского Элькона»

каскад — 10–12-й горизонты. Потом верхний каскад постепенно будет опускаться до 9-го горизонта, а нижний — до 16-го. Отработку, как раньше и планировали, начинаем в 2029 году.

— Что планируете на Широндукуйском месторождении?

— В этом году мы планируем получить лицензии на Широндукуйское месторождение на ППГХО и на Тетрахское на «Хиагде», о нем чуть позже. В 2024 году мы получили распоряжение правительства о проведении обоих аукционов, получили приказ Роснедр об условиях проведения этих аукционов, они назначены на февраль. Так как Широндукуйское уже обрабатывали и степень разведанности очень высокая, лицензией предусмотрена геологоразведка только по ходу отработки. После аукциона мы получаем лицензии, горные отводы и сразу начинаем строить горные выработки. На Широндукуе это четвертый горизонт и уклон с поверхности. В 2025–2026 годах мы должны все сделать и в 2027 году выдать первую продукцию. Широндукуй будем обрабатывать с использованием инфраструктуры рудника № 1: стволы 1К и 12В будут задействованы для проветривания, выдачи руды.

— Широндукуй большое месторождение?

— Нет, порядка 8 тыс. тонн урана. Но это все равно порядка 10 лет отработки с минимумом затрат. Запасы рудника № 1 истощаются, поэтому, вводя Широндукуй, мы продляем срок его эксплуатации. До вывода на полную мощность рудника № 6 Широндукуй поможет нам поддержать объемы добычи. Есть еще небольшие участки на флангах действующих месторождений, их тоже будем смотреть. Ничего не оставим из того, что можно взять!

— Перейдем к «Хиагде» и Тетрахскому.

— Тетрахское, в отличие от Широндукуя, никогда не было лицензировано. Его разведали еще в 1980-х годах, последним, поэтому, когда ставили на баланс запасы Хиагдинской группы, его не учли. Находится Тетрахское между нашей центральной площадкой

и Дыбрынским месторождением, вдоль дороги, по которой мы едем на Дыбры. Поэтому надо будет только построить отворот и сразу можно начинать готовить месторождение к отработке. В следующем году проведем дополнительную геологоразведку, проект геологоразведочных работ заканчиваем. По результатам будем делать ТЭО временных кондиций, ставить запасы на баланс. По предварительным данным, там 6–7 тыс. тонн урана. Месторождения пластового типа на «Хиагде» все небольшие, 4–6 тыс. тонн, заканчиваются быстро, поэтому Тетрахское хорошо поддержит существующую производительность «Хиагды», которую мы планируем на ближайшие годы.

— А после Тетрахского что будет?

— Логика такая: сейчас мы готовим к освоению Намаруское месторождение. Заканчиваем проектирование, оформляем земли, в 2026 году уже должны начать добывать. После Намаруского осваиваем Кореткондинское месторождение. А затем переходим на Тетрахское. И все, после него Хиагдинское рудное поле будет отработано.

— Сколько, получается, месторождений обрабатываете?

— Сейчас в отработке Хиагдинское, Источное, Количиканское, Вершинное и Дыбрынское, потом те, о которых я говорил. Мы их отработаем в 2030–2035 годах.

— А дальше что?

— Переходим в Витимский урановорудный район.

— Давайте тогда сначала про ближайшие планы «Далура», а потом вернемся к Витиму.

— У «Далура» две основные задачи. Первая — в этом году будем сдавать в промышленную эксплуатацию Хохловское месторождение с локальной сорбционной установкой, о которой я говорил выше. Вторая — проведение в 2025–2026 годах опытно-промышленных работ на Добровольном. Наша задача — как можно быстрее отработать половину запасов опытно-промышленного участка, чтобы определить все параметры для основного производства. Мы должны понять режимы, как закислять пласт, какая у него кислотоёмкость, верно ли подобраны расстояния между скважинами или надо сетку скважин скорректировать, какая миграция урана в растворе, фильтрация и т. д. На это нам отводится два года. Мы увидим качество продукции, что надо докрутить, чтобы разработать ТЭО постоянных кондиций, защитить запасы и строить предприятие для промышленной эксплуатации. Предварительно планируем ввод в промышленную эксплуатацию Добровольного месторождения на 2028–2029 годы.

— На «Хиагде» внедрили мобильную сорбционную установку, на «Далуре» хотят построить мобильную сорбционно-десорбционную. Ключевой

плюс — снижение затрат и времени, так как такие установки не считаются объектами капитального строительства. На Добровольном будете мобильные установки использовать?

— Это точно будут модульные установки, где максимум работ по созданию укрупненных модулей будет сделан на заводе, а затем шеф-монтажники смонтируют их на площадке. То качество, которое обеспечивают заводчане, на порядок выше, чем при строительстве на площадке. Возможно, потребуются объекты капитального строительства, но если получится сделать установку без них, это дополнительно ускорит и упростит ввод в эксплуатацию. Модель модульной установки мы уже выполнили.

Что касается мобильных установок, то на «Далуре» сейчас испытывают элементы мобильной сорбционно-десорбционной установки, и когда мы поймем, что правильно выбрали концепцию и технологию, будем использовать установку для отработки маломощных рудных тел.

### Планы по геологоразведке

— Возвращаемся к геологоразведке на Витиме.

— Вместе с Минприроды мы готовим план совместных действий по расширению сырьевой базы урана. В план мы закладываем поисковые, оценочные и геологоразведочные работы в Витимском урановорудном районе, он огромный. Если взять «Хиагду» за центр, то радиус района достигает 40 км. В Витимском

урановорудном районе много рудопроявлений, и наша задача — выполнить ревизию этих рудопроявлений и провести на них геологоразведочные работы, чтобы подтвердить наличие месторождения и поставить запасы на баланс для дальнейшей отработки. Ближайшие объекты — это Красное и Дулесминское. Они новые, их надо будет отдельно лицензировать, но они примыкают к Дыбрынскому месторождению, поэтому его инфраструктуру частично можно будет задействовать при отработке.

— Месторождения того же типа? Та же речная долина?

— Примерно все то же: месторождения того же типа, песчанниковые, долины примерно те же, но глубины разные. Хотя, надо сказать, у каждого месторождения Хиагдинского рудного поля есть свои особенности: есть и газоносные месторождения, и обезвоженные, и со сбросами, и двухъярусные. Так что опыт мы получили и думаем, что справимся с любыми.

— На «Далуре» будете проводить геологоразведку?

— Да. В следующем году планируем с Роснедрами и Всероссийским институтом минерального сырья (ВИМС) начать работы по оценке Воробьевской площади. Она прилегает к Хохловскому месторождению. Сырьевая база «Далура» весьма ограничена, после Добровольного отработывать там нечего. Но на Воробьевской площади есть несколько рудопроявлений, которыми мы заинтересовались и видим в них некоторую перспективу. Есть несколько

### На фото

Здесь добывают уран методом скважинного подземного выщелачивания: Витимский урановорудный район, «Хиагда»



скважин, которые показали наличие руды. Поэтому мы планируем вести совместную доразведку. Мы хотим включить эти работы в план совместных действий. Тогда Минприроды выполнит свою часть работ, и если месторождение формируется, мы будем вкладывать свои средства и таким образом расширять минерально-сырьевую базу. Эти работы очень важны для «Далура», от них зависит дальнейшее существование компании.

#### — На ППГХО есть планы?

— Да, проект «Кальдера». В него вошли несколько перспективных участков на Стрельцовском рудном поле. Мы также хотим этот проект включить в план совместных действий с Минприроды. Потенциал «Кальдеры» мы оцениваем примерно в 30 тыс. тонн урана. Мы когда-то много говорили с первооткрывателем Стрельцовки Лидией Петровной Ищуковой, и ее геологическое чутье и опыт подсказывали ей, что надо Стрельцовскую кальдеру доизучать. Она оценивала потенциал всей Стрельцовской кальдеры в 450 тыс. тонн. На баланс было поставлено 240 тыс. тонн. Так что потенциал есть. Другое дело, что объект сложно структурирован, поэтому нужны новые методы опосредования, надо хорошо понимать тектонику, генезис, что является исходной рудой, что проводником и т. д. Мы ранее брали лицензию на поисково-оценочные работы, но встал вопрос о строительстве рудника №6, и мы понимали, что два проекта параллельно мы финансово не потянем. Сейчас, когда мы уже понимаем, что рудник с запасами 40 тыс. тонн точно будет запущен, и планируем срок получения первой тонны, мы возвращаемся к проекту «Кальдера».

Резюмируя: Витим, Воробьевская площадь и проект «Кальдера» — наша ближайшая перспектива. Площади легко осваиваемые, потому что инфраструктура

рядом, мы видим потенциал и надеемся на быструю отдачу.

#### — Люди есть для геологоразведки?

— Наши геологи и буровики из «РУСБУРМАШа». У них есть собственная геологическая служба, поэтому мы справимся собственными силами.

#### — Какие-то другие объекты, не связанные с действующими рудниками, рассматриваете?

— Ждем от Минприроды и Роснедр предложений по площадкам. Это могут быть Саяны, Чукотка, в Карелии что-то. Надо поработать с геологами и искать потенциальные новые площади. Новые! Если смотреть на горизонт 2050 года, а тем более 2100 года, то тех запасов, которые есть сейчас, не хватит. К сожалению, сегодня мы больше переводим запасы из одной категории в другую, запасов это не добавляет. Дефицит большущий: столько, сколько сейчас есть, столько и будет дефицит. К 2050 году мы должны что-то серьезное найти. Поэтому для нас важно определить новые площади и ускорить подготовку якутского Элькона.

#### Будущее Элькона

##### — Да, расскажите, пожалуйста, про перспективы Элькона.

— Мы проанализировали все ранее выполненные работы, которые велись на Эльконе, и в течение 2024 года мы разработали предТЭО. Оно подтверждает, что проект при спотовых ценах порядка \$80–90 за фунт эффективный. В предТЭО мы представили концепцию, как будем развивать Элькон. Одна из идей — сначала запускать добычу золота в верхних окисленных слоях, то, что сейчас и происходит. Сейчас идет расширение опытного участка Северного месторождения. В соответствии с нашим проектом, который проходит утверждение, мы планируем увеличить объем переработки до 3 млн тонн золотосодержащей руды в год. Развиваем инфраструктуру. Потом на той же площадке начинаем разрабатывать Северное не как золотое, а как урановое месторождение. Под окисленной «шапкой» начинаются золотоурановые комплексные руды. Из них будем извлекать и уран, и золото.

##### — Как разделять планируете?

— Если для окисленных руд используется кучное выщелачивание, то для коренных руд мы планируем гидрометаллургическую переработку и автоклавное выщелачивание. Технология разработана, апробирована в лабораторных условиях, результаты мы представили в предТЭО.

##### — Расскажите чуть подробнее про технологию извлечения.

— Руда измельчается, загружается в автоклав, туда же подаются реагенты для выщелачивания.

«Умный полигон» на «Далуре» полностью освоен

В автоклаве при повышенных температуре и давлении происходит вскрытие минералов, уран переходит в жидкую фазу. Из жидкой фазы уран забираем с помощью сорбционной технологии, которая у нас отработана годами. Автоклавные хвосты с золотом фильтруются, отмываются и отправляются на флотацию и дальше по классической схеме извлечения золота. Плюс мы хотим отработать технологию извлечения урана из штабелей кучного выщелачивания. В лаборатории попробовали — кое-что получается. Теперь планируем в конце 2025 года — точные сроки зависят от сроков изготовления установки — провести полупромышленные испытания. По итогам работ получим ответ, сможем мы извлекать уран после золота или нет. Это важно, потому что окисленные зоны есть на всех шести месторождениях Эльконской группы. Если результат будет положительный, будем везде извлекать на куче сначала золото, потом уран.

#### — Рудник подземный, как и планировали?

— Принципиально да. Возможно, будет небольшое углубление карьера, но потом уйдем под землю: надо будет строить наклонные съезды, наклонные и вертикальные стволы — везде по-разному. Для доставки посмотрим разные варианты, например конвейеры.

#### — Вы куда-то уже представили предТЭО?

— Да, в госкорпорацию, в орган, принимающий инвестиционные решения, ОПИР. Ждем решения экспертов и надеемся, что выведем Элькон из спящего режима. Начнем проектирование будущего предприятия, проведем недостающие технологические исследования.

#### — Когда, по предТЭО, планируете запустить рудник?

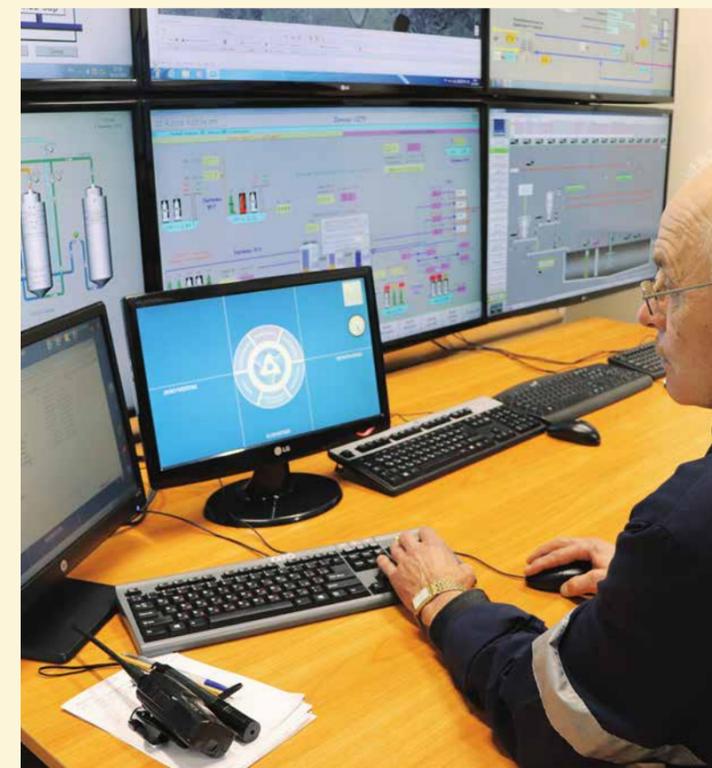
— В 2035 году должны получить первую продукцию.

#### А также...

##### — Пару слов про цифровизацию и роботизацию.

— «Умный полигон», который мы внедрили, уже стал для нас обыденностью. На «Хиагде» делаем донстройку, а на «Далуре» «Умный полигон» полностью освоен, закладывается в проектную документацию. Мы с Динисом Ежуровым (гендиректором «Далура») планируем роботизировать участок затарки. Пока в перевозке из цеха на склад готовой продукции много ручного труда. Мы заключили договор с «Ростелекомом», который предложил полностью роботизировать процесс: приезжает беспилотный погрузчик, забирает бочку и самостоятельно ставит ее на склад. Нам «под елочку» одобрили финансирование, уже есть модель с реальными размерами, начали реализацию.

##### — Вы долгое время работали в Краснокаменске. Как оцениваете запуск мастер-плана города?



— Я там не просто работал, я там вырос, там живут мои дети и внуки. Когда мы в годы расцвета комбината сюда приезжали, все детские садики были с зимними садами и бассейнами, школы с 25-метровыми бассейнами, даже в Чите и Иркутске такого не было. Город должен развиваться и нравиться людям, чтобы мы их не теряли. К сожалению, престиж города и предприятия потерян из-за большого износа основных фондов. Например, некоторые школы в плохом состоянии, требуют ремонтов. Но когда началось строительство рудника №6, стали приезжать строители, пошло движение, и люди увидели перспективу, и квартиры, кстати, подорожали. Поэтому, конечно, мастер-план поможет городу во всех отношениях: подтянется изношенная инженерная инфраструктура, будет реконструирован водовод, появится здание аэропорта, которого никогда не было (в вагончиках ютились), отремонтируют взлетно-посадочную полосу. Уже отремонтировали два колледжа, первый самолет полетел, парк благоустроили, ночное освещение обновили. Вроде бы мелочи, а преобразается же все. Понятно, что в Краснокаменск массово люди не приедут, но благодаря этим мерам отток прекратится, многие забайкальцы примут решение: чем по вахтам мотаться, лучше в Краснокаменске жить нормальной семейной жизнью. В Краснокаменске открылся ресурсный центр, где мы учим рабочих профессиям, есть колледжи для среднего образования и есть теперь возможность получать высшее образование. Тоже одно из решений для удержания людей, особенно молодежи.

#### На фото

Образец минерала уранинит (Стрельцовское рудное поле)

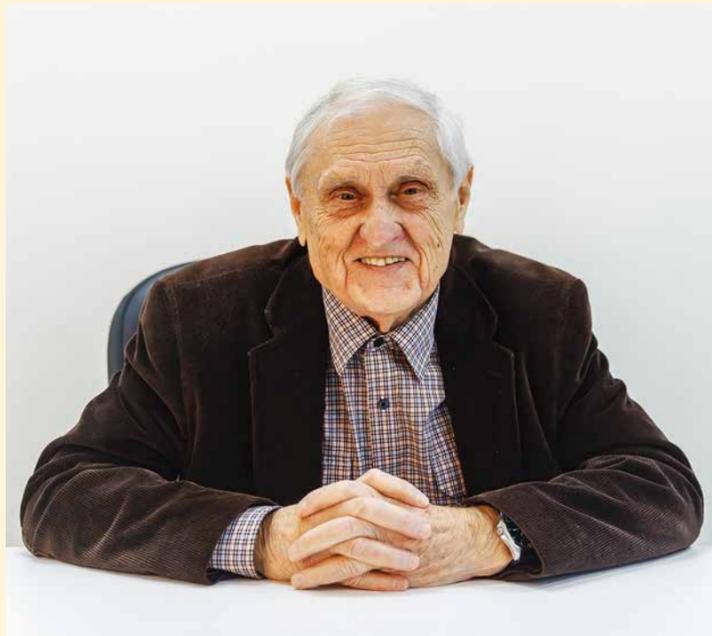


Текст: Ирина Дорохова

Фото: РИА Новости, газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров, ППГХО / Евгений Целуйко

# «Месторождения не открывают, их делают»

Как найти уран и почему месторождение — это понятие экономическое, а не геологическое



**Восполнение рудных запасов — одна из важнейших задач горнодобывающей отрасли, которая обеспечивает сырьем следующие переделы. В полной мере это относится и к урану. Но как найти урановое месторождение — в России или любой другой точке мира? Почему это так сложно? Почему так редко месторождение доходит до отработки и становится рудником? С этими вопросами «Вестник атомпрома» обратился к ветерану урановой геологоразведки и консультанту профильных отраслевых организаций Михаилу Шумилину.**

— Если стоит задача найти урановое месторождение, то куда нужно идти, какую точку на карте выбирать?

— Ответ на этот вопрос изменяется с течением времени. На заре урановой эры на него отвечали

очень просто: уран искали повсеместно и изо всех сил. Чтобы сузить область поисков, использовали радиометры и ставился знак равенства между проявлениями урановой минерализации и повышением радиоактивности относительно местных фоновых значений. Фон, кстати, тоже разный. Возле Читы, где на поверхность выходят граниты, фон в два-три раза выше, чем в Москве. Аномалии встречаются редко, но значения могут быть высокими.

— А сейчас как ищут?

— Смотрят на определенные критерии. И хотя ни один критерий не гарантирует, что тут или там точно есть месторождение, он все же дает ненулевую вероятность его нахождения. Прежде всего все месторождения, особенно урановые, мы (сильно упрощая) можем разделить на две группы. В первом случае у нас руда лежит субгоризонтально, и месторождение развивается по площади. Грубо, это горизонтально лежащий пласт руды. Во втором случае у нас месторождение связано с субвертикальной структурой. Это значит, что на поверхности у нас очень маленькая площадь выхода, все остальное уходит на глубину. Пластовые месторождения обычно связаны с осадочно-накоплением, субвертикальные — это какой-то глубинный процесс. Поэтому если мы поставили перед собой задачу найти пластовое месторождение, мы должны выбирать площади, где есть осадочные бассейны. Если на поверхности гранит, там пластовых месторождений не будет. И наоборот, месторождения глубинного происхождения надо искать там, где породы твердые, в которых по трещинам поднимается руда.

— Выбрали мы какую-то площадь и определили, что тут можно искать месторождение. С чего начинаются поиски?

— Когда уран только начали искать, в СССР людей выстраивали в цепь, вешали им на грудь радиометры, и эта цепь двигалась по площади. Если стрелка радиометра переходила определенное деление на шкале, человек свистел в свисток, цепь останавливалась, к нему шли геолог и оператор по приборам, проверяли и, если все подтверждалось, ставили флажок: нашли аномалию. Затем шли дальше. Сейчас, конечно, так не делают, потому что людям надо зарплату платить. Вместо этого используют аэрометоды. На

самолет ставится чувствительный прибор, и самолет на небольшой высоте, по стандарту не выше 70 м, летит по площади, обрисовывая рельеф, если необходимо. Идет автоматическая запись показателей, потом по ним автоматически строятся карты.

Современные радиометры позволяют по интенсивности излучения различать уран, торий и калий. Дешифровка этих карт позволяет решать и чисто геологические задачи. Например, высоким содержанием калия обычно отличаются граниты. Если мы видим на карте калиевые поля, мы можем говорить: да, это граниты. Если, наоборот, ториевые поля, то это щелочные породы, скорее всего. Если урановые — это то, что нас интересует. На картах точечные аномалии могут не фиксироваться, но по соотношению полей геологи предполагают, где могут быть месторождения и где их быть не может. После этого пустые участки отбраковывают, перспективные участки локализируют. В последние годы для таких съемок вместо самолетов стали применять беспилотники, это очень удобно. Самолет и вертолет летят довольно быстро, поэтому слабые аномалии аппарат может не успеть зафиксировать.

— Может, пропустили — и пусть, если они слабые?

— Может, так, а может, и нет, потому что прямой пропорциональности между интенсивностью аномалий и ценностью уранового месторождения нет. Месторождение может быть на глубине, тогда на поверхности аномалия может быть совсем небольшой. Как бы то ни было, аэросъемка на первом этапе — самый низкотратный метод разведки, позволяющий быстро опосредовать большие площади.

— Нашли аномалию. Что происходит дальше?

— Геологический отряд делает детальную радиометрическую съемку на земле. Если вскрываются аномалии, их стараются вскрыть канавками, иногда мелкими скважинами. Первый вопрос, на который надо дать ответ: что перед нами, урановая минерализация или рассеянный уран, случайно давший повышение фона. Для этого надо изучать образцы материалов, стараться найти урановые минералы. Если находим, это уже рудопроявление. После того как выявлены аномалии, доказано, что какие-то из них связаны с ураном, составлено их подробное описание, можно говорить, что поисковые работы свою задачу выполнили. Затем материалы передаются для проведения оценочных работ. Существует статистика: примерно на каждые 100 аномалий только в одном случае мы обнаруживаем минерализацию. И на каждые 100 проявлений минерализации мы обнаруживаем одно месторождение. И на каждые 100 месторождений приходится одно такое, которое оказывается крупным.

— Грустная пропорция. Чем она объясняется?

— Во-первых, месторождение — это не точка на карте. Каждое месторождение — довольно сложная

природная система, имеющая какую-то свою собственную структуру. Это скопление рудных тел разного размера и разного качества. Среди них крупные и богатые — единичные, а мелких много, но они интереса не представляют. Математически рудные тела по глубине распределяются таким образом, что на определенном уровне сосредоточен основной ресурс, а выше или ниже количество полезного ископаемого падает.

— Почему это так?

— На определенной глубине существовали какие-то оптимальные для кристаллизации минералов значения давления и температуры. Это характерно не только для урана, но и для других полезных ископаемых. У каждого месторождения — своя глубина. Но этот график справедлив для начального распределения минерализации, то есть при образовании месторождения. Произойти это могло миллионы лет назад, а месторождение мы ищем сейчас. С тех пор область, где сформировалось месторождение, подвергалась эрозии. Очень важно, на каком уровне сейчас эрозионный срез. Если выше рудного тела, то на поверхности будут редкие слабые проявления, а хорошие залежи на глубине. Если примерно на уровне основных рудных

## Профиль

**Михаил Шумилин** — геолог, ученый, организатор науки и производства, педагог и наставник.

1954 год — выпускник Московского института цветных металлов и золота.

1955–1960 годы — Сосновская геологоразведочная экспедиция, участковый геолог, старший геолог партий.

1960–1974 годы — Всесоюзный институт минерального сырья (ВИМС, сейчас — Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского), сотрудник; Московский геологоразведочный институт (МГРИ, сейчас — Российский государственный геологоразведочный университет), преподаватель.

1974–1989 годы — Первое Главное геологоразведочное управление (ГГРУ), главный геолог.

С 1989 года — профессор МГРИ.

Награжден трудовыми орденами, имеет звания «Заслуженный геолог РФ», «Ветеран труда», «Лауреат Государственной премии СССР», подготовил и опубликовал 12 книг по геологии урана.



тел, то возле поверхности будут хорошие месторождения, но с глубиной запасы будут падать. Наконец, если эрозионный срез ниже основных рудных тел, то нам остаются только хвосты, а на глубине уже ничего нет. И понять, что перед нами, сложно.

Во-вторых, месторождение — это понятие экономическое, а не геологическое, то есть не любое скопление какого-то минерала, а только то, которое заинтересует промышленность, удовлетворит горно-техническим и экономическим требованиям. Найти промышленное месторождение — событие очень редкое, требующее больших, разнообразных затрат. Достаточно сказать, что в России за последние 20 или даже 25 лет не найдено ни одного.

#### — Их искали?

— Конечно, но денег отпускали мало, поэтому и результат — по деньгам. Хотя, может, дело и не в деньгах, а в том, что таких месторождений просто нет. Я допускаю такую мысль, потому что мы в свое время работали не 25 лет, а больше, многое нашли. Важно понимать, что в деле поисков есть одна закономерность: пока мы ничего не нашли, площадь перспективная. Когда нашли одно месторождение, вероятность найти второе значительно сокращается. А если

нашли три, то шансы найти четвертое практически равны нулю. Недр — и эта мысль даже не до всех руководителей доходит — отнюдь не неисчерпаемы, они очень даже исчерпаемы. Тем более нас пока интересует глубина порядка первых сотен метров. Если уран где-то залегает на глубине 3 км, это совершенно неприемлемо.

#### — А как же Стрельцовка? Там же не одно месторождение.

— Там месторождений десятка полтора. Есть маленькие, есть и крупные. И есть интересная статистика. Стрельцовский район открыт в 1963 году. Второе после Стрельцовского, одно из крупнейших месторождений Антей нашли только в 1968 году. А третье крупное, Аргунское, только в 1978 году. Это и показывает, как трудно дается каждое следующее крупное открытие. Ведь все эти годы там интенсивно бурили, изучали, вкладывали огромные деньги, а результат получили далеко не сразу. С Антеем была интересная история: оно залегает на глубине порядка 500 м, причем если верхние месторождения Стрельцовки залегали в трещинах в одном направлении, то Антей на глубине под ними сидел в трещинах другого направления. Поэтому вначале пробуренные скважины не захватывали Антей.

Такой же случай был у меня. Месторождение уже было найдено. Но, посмотрев материалы, я увидел, что скважин набурено порядочно, а как руда залегает, совершенно непонятно: в скважине руда то есть, то нет. И я задал профиль (линию скважин) в другом направлении, а скважины сгустил (уменьшил расстояние между ними). Было известно, что руда залегает в виде лент. Но считалось, что они тянутся с севера на юг. А я предположил, что с запада на восток, потому и скважины попадают то в нее, то рядом. И когда я это понял, то задал скважины в направлении, в котором, как мне казалось, залегала лента. И везде попал в руду.

С Аргунским месторождением была интереснейшая история. Тогда комбинат в Краснокаменске уже работал, руду повсюду добывали. Борис Николаевич Хоментовский, главный геолог комбината, смотрел материалы: в одном месте вроде бы слабо изучено, надо бы еще посмотреть. Он заложил там скважину за счет комбинатских денег и попал в руду. В геологической партии, которая работала на Стрельцовке, поднялась паника: как это он нашел, мы тоже хотели там бурить, просто не успели! У Хоментовского свои аргументы: у него те работы были утверждены, все по регламенту. А возникло такое положение, потому что территории ответственности между геологической партией и геологами комбината не были жестко разграничены. Ситуацию спас сам Хоментовский, глубоко порядочный человек. Предложил и бурить, и отчет составлять вместе. Так и договорились.

#### — Как определить, где бурить следующую скважину?

— По результатам предыдущих. Например, на песчаных месторождениях мы пробурили скважину, попали в руду. Бурим вторую — руда. Бурим третью — пусто. Ага, значит, дошли до границы.

**«Месторождение — это не точка на карте. Каждое месторождение — довольно сложная природная система, имеющая какую-то свою собственную структуру. Это скопление рудных тел разного размера и разного качества. Среди них крупные и богатые — единичные, а мелких много, но они интереса не представляют».**

Бурим в другую сторону. Руда, руда, пусто. Ага, снова дошли до границы — и вот мы определили ширину. А если нет руды, значит, она куда-то вильнула. С месторождениями в трещинных структурах гораздо сложнее. Первый вопрос, на который надо ответить: есть ли что-то на глубине, — то, что я говорил про эрозионный срез. И отвечать на этот вопрос надо как можно скорее, потому что с каждой следующей пустой скважиной все сложнее убедить тех, кто распоряжается деньгами, дать их на бурение новых. Буровые работы требуют очень больших денег.

Я все это к чему рассказываю: в среде опытных геологов есть старая поговорка: «Месторождения не открывают, их делают». После того как нашли первую аномалию, приходится вкладывать очень много энергии, сил и ума, чтобы понять, как руда залегает, и подтвердить, что масштаб действительно велик. Поэтому у меня часто возникает мысль: если мы хотим в России что-то еще найти, надо провести ревизию ранее отбракованных месторождений.



**«Месторождение — это не любое скопление какого-то минерала, а только то, которое заинтересует промышленность, удовлетворит горно-техническим и экономическим требованиям. Найти промышленное месторождение — событие очень редкое, требующее больших, разнообразных затрат. Недра отнюдь не неисчерпаемы».**

— Почему именно их?

— Потому что раньше силы геологов стягивали на крупные находки, деньги старались вкладывать в первую очередь туда, а остальные партии на периферии могли что-то побурить и бросить — вроде как нет руды. А может, и есть, может, это как раз тот случай, когда мы в системе рудных тел крупного не нашли, а попала нам только мелочь. Таких примеров сколько угодно. В Монголии мы первое рудное тело обнаружили в начале 1970-х и только в 1978 году нашли крупное, которое сразу вывело месторождение в разряд промышленных.

— Сейчас по всему миру поднимают материалы геологоразведочных работ, выполненных в 1970-е и даже в 1950-е годы. Много ли в России материалов для ревизии?

— Много. И трудно указать район, где не было бы урановых проявлений. Даже в районе Малоярославца

есть урановое месторождение, правда, маленькое и никому не нужное.

— Вряд ли дадут его разрабатывать в этом районе.

— Да, экологическая проблема тоже стоит. Я недавно смотрел материалы по Бразилии, у них давно обнаружено приличное месторождение с ресурсом порядка 80 тыс. тонн — Итатайя. Планировали осваивать его в 2013 году, потом перенесли на 2023-й, сейчас переносят на 2028-й, и то при условии, что им в этом году экологи выдадут разрешение на освоение. Это сложно. Всякая отработка — это отходы, они радиоактивны, потому что весь уран не извлечь — хорошо, если сквозное извлечение 80–85%. Если подземное выщелачивание, люди боятся заражения ураном подземных вод. Пока уран там лежит, все нормально, но когда мы его извлекаем, нарушается геохимия пласта и уран начинает растекаться. В этом отношении остро стоит вопрос с месторождением в Намибии, где мы с моим коллегой, прекрасным геологом Игорем Печенкиным, рекомендовали площадь для поисков.

— Расскажите, пожалуйста, как вы это сделали. Это же отличный пример того, как в новом районе найти месторождение. Все же возле Россинга копаются.

— Мы искали хорошо знакомый нам по Казахстану тип месторождения пластового типа. Их следует искать в долинах. Это несложно, палеодолины расположены в межгорных впадинах и до сих пор видны в рельефе. Такие месторождения залегают горизонтально, и надо лишь указать площадь, где следует бурить. А это делается просто: такие месторождения садятся на границе восстановленных и окисленных пород. Они различаются по цвету: восстановленные — серые, окисленные (с железом) — желто-рыжие. По старым скважинам, которые бурились на воду и другие полезные ископаемые, мы примерно восстановили расположение границы серых и желтых пород. Также мы убедились, что есть проницаемые горизонты, сложенные рыхлыми песчаными породами, по которым воды могут двигаться.

— Вы керн видели?

— Нет, мы смотрели документацию, этого вполне достаточно. Площадь наметили довольно большую, ну а то, что в первых же скважинах попали в руду, — это случай. Указали правильно. А сейчас там проблема: фермеры возражают против какой бы то ни было эксплуатации, потому что боятся нарушить водный режим, а вода в пустынной Намибии на вес золота.

— На каком расстоянии от месторождения подземное выщелачивание влияет на грунтовые воды?

— Это вопрос сложный. Надо провести специальное исследование, чтобы выяснить, с какой скоростью идет естественное движение вод, это все определяемо. Порядок цифр по растеканию — несколько десятков метров от добычного полигона. И надо учесть

На фото

ППГХО, рудник №8, 9-й горизонт



следующее. В Казахстане в течение 15 лет наблюдали за ячейкой, где добывали уран. Наблюдения показали, что со временем идет саморекультивация. Воды постепенно нейтрализуются, кислота вступает в реакцию с породами, уран осаждается обратно. Но надо понимать, что в Казахстане воды соленые и никому не нужны. А в Намибии они пресные и используются. Поэтому с частными фермерами договариваться — очень трудное дело. Ты людям говоришь, а они думают об одном: «Он нам врет, и мы ему верить не должны». Переубедить их практически невозможно. Думаю, надо что-то пообещать.

— Возвращаясь к поиску: если искать месторождение, аналогичное намибийскому, то надо искать желтые и серые породы в долинах?

— Да. При поисках таких месторождений в первую очередь смотрят, где есть впадины, заполненные рыхлыми отложениями. Но результат не всегда положительный. В Амурской области попытки найти уран в Амуро-Зейской впадине до сих пор были безуспешными. Породы там везде восстановленные, процесса окисления, который сгоняет уран к тому месту, где он «сидится», нет. Но впадина громадная, возможно, что-то недоисследовали. Правда, деньги на то, чтобы разобраться, почему там урана нет, нам вряд ли дадут — это не то же, что месторождение искать.

— А часто находят уран в таких впадинах?

— Нередко. В Китае в похожей впадине Сунляо есть уран, в Западно-Сибирской впадине по краям тоже есть — это Далматовское месторождение, Семизбай в Казахстане. В центральной части тоже есть уран, но он там в Баженовской свите. Об этом были статьи — мол, миллионы тонн.

— Правда миллионы?

— Да, но взять их практически невозможно. Во-первых, это глубины больше километра: в Западной Сибири огромная мощность рыхлых отложений, а месторождение в глубоко залегающих слоях. У нас опыт подземного выщелачивания ограничивается примерно 700 м, потому что чем глубже скважина, тем она дороже, а бурить надо густо: расстояние между скважинами — десятки метров. И две скважины на 1000 м — это уже огромные деньги. Во-вторых, большая глубина — это высокое давление и температуры. Обычно мы скважины обсаживаем полиэтиленом, это недорого. Но на глубине 1000 м температура 250 °С, полиэтилен не выдерживает таких температур, деформируется, поэтому нужна нержавеющая сталь. Представляете, сколько будет стоить такая обсадка на 1000 м всего для двух скважин? В-третьих, Баженовская свита — нефтяное месторождение, а нефть — сильнейший восстановитель. Поэтому, чтобы извлечь уран, надо сначала окислить всю нефть, и только потом начнется окисление урана.

— Но уран должен быть на краешке этой нефти.

— Верно. Но при подземном выщелачивании мы же не пинцетом отделяем уран от неурана, и неизбежно в проницаемых породах кислота захватит и нефть. Да, и главное: там содержания очень низкие: максимум первые сотые процента. Так что пока реальных способов взять этот уран нет. Поэтому и получается, что найти месторождение — это только начало. Станет месторождение рудником или нет, зависит от ответов на вопросы: сколько руды, какие содержания, какая технология, что скажут экологи, местные жители, а главное — сколько денег и сил в это дело вложено.

На фото

Геологическая экспедиция встречает прилетевший вертолет, 1980 г.



Текст подготовил Александр Южанин  
 Фото: «Росатом», «Росатом Недра», Фонд «АТОМ» /  
 Алексей Шабанов, личный архив Н. Петрухина

Идеи использования энергии атома в мирных целях  
 озвучивались Игорем Курчатовым и другими видны-  
 ми атомщиками с первых шагов «работ по урану»

# Урановая летопись

История зарождения, становления и развития отечественной урановой промышленности



Говорят, что иная человеческая жизнь может вместить в себя сразу несколько жизней. С полным правом это можно сказать о людях, с нуля создававших атомную отрасль — сложнейший научно-промышленный комплекс. О становлении и развитии одной из ключевых его составляющих, связанной с добычей урана, рассказывает Николай Петрухин, ветеран атомной промышленности, сегодня возглавляющий совет ветеранов АО «Росатом Недра» (до 2024 года — АО «АРМЗ»).

## Начало атомного проекта

Начало советского атомного проекта часто относят к августу 1945 года. В действительности же работы по его реализации были начаты тремя годами ранее. Это произошло при следующих обстоятельствах. Начиная с 1920-х годов советские ученые активно вели ядерно-физические исследования и добились признанных результатов. Их, как и все мировое научное сообщество, буквально потрясло открытие, сделанное в конце 1938 года: тогда было установлено, что при делении ядра урана часть его массы превращается в энергию, и, следовательно, имеется принципиальная возможность ее использования в практических

целях, в том числе в военном деле. Но здесь возникли чрезвычайно сложные проблемы фундаментального и технического свойства. Даже признанные научные авторитеты относили их решение к неопределенному будущему. Так, академик Петр Капица высказывал следующее мнение: «Можно сказать, что атомной энергией... мы не воспользуемся с большой легкостью, а по всей видимости, и не воспользуемся совсем».

Вячеслав Молотов (председатель Совета народных комиссаров СССР в 1930–1941 гг., народный комиссар иностранных дел СССР в 1939–1946 гг., министр иностранных дел СССР в 1946–1949, 1953–1956 гг.) взял на себя ответственность за запуск работ по овладению атомной энергией. В жестко централизованной системе поддержка одного из высших государственных руководителей значила очень много: она позволяла игнорировать любые, даже отрицательные заключения самых авторитетных экспертов. В данном случае это принесло положительные результаты. Подготовленный по указанию Молотова проект распоряжения Государственного комитета обороны (ГКО, или ГОКО, как комитет часто обозначался в документах военных лет) «Об организации работ по урану» 27 сентября 1942 года направили Иосифу Сталину, который подписал его на следующий день, обязав Академию наук СССР возобновить работы по исследованию осуществимости использования атомной энергии путем расщепления ядра урана (и это в тот момент, когда вермахт рвется к Сталинграду!) и представить Государственному комитету обороны к 1 апреля 1943 года доклад о возможности создания урановой бомбы или уранового топлива.

## Рождение урановой отрасли

Первым актом, положившим начало созданию урановой сырьевой базы в нашей стране, было решение ГКО СССР от 27 ноября 1942 года об организации добычи урановой руды на известных к тому времени месторождениях Средней Азии. Приступая к созданию ядерного оружия, СССР не имел собственного урана, поэтому одной из самых важных задач того времени было создание сырьевой базы. Академик Анатолий Александров подчеркивал: «Важнейшей составной частью урановой проблемы был ясный, но невероятно трудный план — начать усиленные поиски месторождений урана и организовать его добычу». Первые работы по добыче и переработке урановой руды начались в 1943 году на руднике в поселке Табашар (Таджикистан), куда в 1941 году был эвакуирован из Одессы завод «В» и филиал Гиредмета Наркомцветмета СССР с плановым заданием получения 4 тонн солей урана в год.

Первоначально организация этих работ была поручена Наркомату цветной металлургии СССР. Считая всемерное развитие добычи урановых руд и производства урана важнейшей государственной задачей, ГКО своим постановлением № 7102сс/ов от 8 декабря 1944 года возложил на НКВД СССР всю

## Николай Петрухин

Заслуженный ветеран атомной энергетики и промышленности, почетный строитель атомной энергетики и промышленности. В Министерстве среднего машиностроения СССР прошел путь от ведущего инженера до начальника отдела развития мощностей, в АО «Атомредметзолото» был начальником административно-хозяйственного отдела, сегодня — глава совета ветеранов АО «Росатом Недра». Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», ведомственными знаками отличия «Е. П. Славский», «Академик И. В. Курчатов» 2-й степени, «За заслуги перед атомной отраслью» 1-й степени, а также юбилейными медалями «65-летие, 70-летие и 75-летие атомной отрасли».

«После окончания строительства олимпийских объектов я пришел в Министерство среднего машиностроения СССР в 1980 году. До этого я даже не представлял, что такое Минсредмаш. Сначала я получил должность ведущего специалиста 17-го главного управления, где курировал строительство объектов в Эстонии, Латвии, Дубне и Москве. Объекты были очень интересные и сложные, но их ввели в эксплуатацию в 1982 году. Мне предложили перейти в Первое главное управление.

Когда я пришел в 1-е ГУ, а это горный главк, то меня поразил масштаб проводимых работ. Горные работы, курируемые Первым главным управлением, проводились на территории всего Советского Союза! У Минсредмаша не было промежуточных союзных ведомств, и наш штаб, как называл его Е. П. Славский, работал напрямую с предприятиями. Мне дали два самых больших объекта: Ленинабадский ГХК и Навоийский ГМК.

В 1986 году в Первом ГУ объединили три отдела (капитального строительства, оборудования и снабжения) в один и меня назначили его начальником. Отдел стал называться отделом развития мощностей, в ведение которого входило расширение, реконструкция и строительство новых объектов на 11 горнорудных комбинатах и рудоуправлениях, расположенных на территории шести республик Советского Союза — РСФСР, Украинской, Узбекской, Казахской, Таджикской и Киргизской ССР, а также комплектация этих объектов необходимым оборудованием.

С 2015 года мною написаны пять книг об истории уранодобычи и людях, работающих в этой отрасли и практически посвятивших всю свою жизнь добыче стратегически сырья для обеспечения безопасности нашей Родины!

Пусть не сотрутся в нашей памяти события XX века, за которыми стоят людские судьбы, и сами люди, внесшие огромный вклад в созидание мирной жизни».

### Из воспоминаний Ефима Славского, одного из создателей отечественной урановой промышленности:

«Промышленной добычи [урана] в помине не существовало. А для сооружения только первого опытного реактора Ф-1 требовалось 50 тонн урана. Организацию его промышленной добычи, разработку радиохимии и другие не менее важные проблемы надо было решать в кратчайшие сроки. Вести эти вопросы и было поручено мне. Вести и самому учиться.

Уран был разведан уже летом 1946 года, но в очень ограниченном количестве. У меня сохранились фотографии, на которых видно, как его вывозили с рудника. Вот рабочие гонят ишаков. На них, как оглобли, привязаны бревна, служившие крепезом. А на другой фотографии — те же ишаки возвращаются. На каждом висят сумки, а в сумках — урановая руда. Хорошей считается руда, если в ней 0,1% урана. Все остальное — пустая порода. Представьте, сколько руды пришлось перевезти этим ишакам!

Наши атомные котлы были тогда только на ватманах. А в это время на Западе раздавались призывы начать против СССР ядерную войну. Там были уверены в безнаказанности, поскольку считали, что русским для создания атомного оружия нужно не меньше 20 лет. Мы же тогда только-только начали ковырять землю, чтобы построить первый атомный реактор, сложнейший урановый радиохимический завод и завод по изготовлению атомного оружия. Да и время какое было! Европейская часть страны в руинах. Материальные ресурсы крайне ограничены. Но партия мобилизовала на это дело лучшие силы и средства, лучших специалистов. И все мы чувствовали себя как на передовой, как на фронте...

Когда построили первый опытный реактор, по расчетам физиков, все вроде должно получиться. Стали загружать в него уран. Загрузили, а цепной реакции нет! Говорят: мало урана, не хватает для критической массы. Добавили. Опять не идет реакция. Нас ругают: мол, плохо уран очищаете, примесей в нем много. Но это оказалось ошибкой. Выяснилось, что критическая масса мала для цепной реакции. Один, два раза добавили. И наконец, все пошло. Звонит мне Курчатов: «Приезжай! У нас очень интересные дела!» Ведет на реактор и дает команды на пуск. Начинают регулирующий стержень вынимать — идет цепная реакция! Ребята сделали усилитель — «хлопун», и он трещит, как пулемет! Игорь Васильевич рад: «Пошло!» Реактор практически пустили. Вечером того же дня, 25 декабря 1946 года, в присутствии государственной комиссии была осуществлена цепная реакция на реакторе, построенном всего за четыре месяца!

Так что атомные бомбы создавали не для устрашения, не для агрессии, а ради защиты своей страны, своей любимой Родины. А необходимость имела серьезная. Сегодня известно, что в разгар холодной войны планировался атомный удар по нашим городам. А не состоялся он потому, что у нас имелся надежный ядерный щит. И я горжусь, что внес посильный вклад в его создание, счастлив, что верно служил Отечеству».

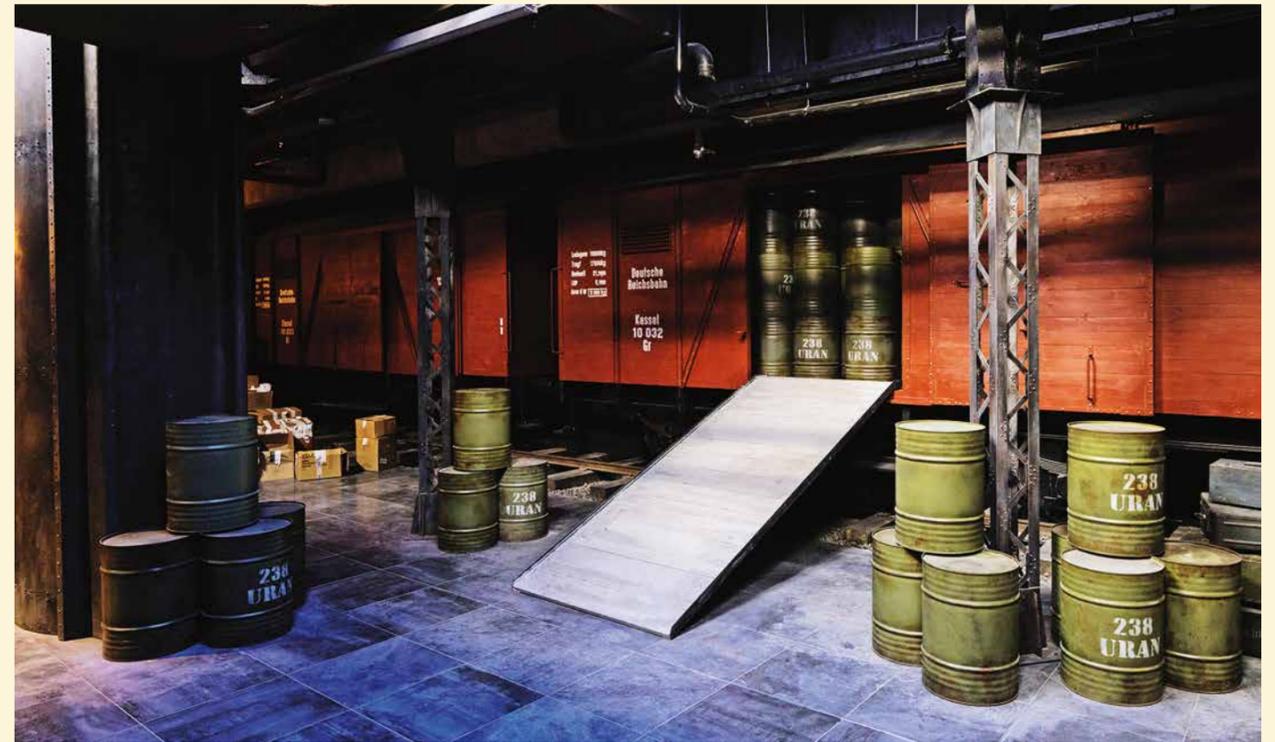
огромную работу по организации разведки урановых месторождений, добыче и переработке урановых руд. В порядке реализации этого постановления Берия подписал приказ НКВД СССР от 6 января 1945 года об организации в составе Главного управления лагерей горно-металлургических предприятий (ГУЛГМП) НКВД СССР управления по урану — Спецметуправления НКВД СССР (разведка, добыча и переработка урана) — со штатом 40 человек. Заместителем начальника и главным инженером Спецметуправления НКВД был назначен инженер-полковник, видный специалист по разведке радиоактивных руд, профессор Семен Александров. В 1945 году он сыграет решающую роль в открытии урановых месторождений в Рудных горах Восточной Германии. Главным геологом Спецметуправления был назначен петрограф-минеролог Даниил Суражский — один из организаторов геологических служб на урановых рудниках.

3 декабря 1944 года Сталин подписал постановление ГКО № 7069сс «О неотложных мерах по обеспечению развертывания работ, проводимых Лабораторией № 2 АН СССР», заключительным пунктом которого на Лаврентия Берия было возложено наблюдение за развитием работ по урану и уже юридически закреплена ответственность за дальнейшую судьбу атомного проекта, и с 20 августа 1945 года Берия фактически руководил реализацией атомной программы СССР. С учетом смежников в проект было вовлечено более 200 тыс. человек. Для практической реализации работ по добыче и переработке урановых руд месторождений Средней Азии постановлением ГОКО СССР от 15 мая 1945 года был образован Комбинат № 6 в Таджикистане — первый отечественный комбинат, создание которого положило начало сырьевой отрасли атомной промышленности.

Как отмечал в своих воспоминаниях Борис Чирков (в феврале 1945 г. отозван с фронта и назначен директором уранодобывающего Комбината № 6), Сталин принял его в связи с назначением и, указывая на исключительную важность задач по добыче природного урана для создания атомной бомбы, сказал: «Американцы рассчитывают, что мы будем иметь атомную бомбу лет через 10–15 и строят на этом свою стратегию. У них этих бомб сейчас единицы, но когда они вооружат ими свои ВВС, то захотят диктовать нам свои условия. На это у них уйдет лет пять. Вот к этому времени мы должны иметь свою атомную бомбу. Товарищ Курчатов заверил Политбюро, что при наличии урана этот срок реален. Для ученых, инженеров и для вас, товарищ Чирков, эта задача по напряжению и ответственности равна усилиям военного времени».

**29 августа 1949 года** на полигоне в Семипалатинске прошло первое испытание советской атомной бомбы, что в корне изменило геополитический расклад и окончательно утвердило СССР в статусе великой державы.

Фрагмент экспозиции в музее «АТОМ»: так выглядели бочки с диоксидом урана, которые были на поезде доставлены из Германии в СССР



### Трофейный уран для первого отечественного реактора

В письме от 11 апреля 1945 года № 2159/м министра госбезопасности СССР Всеволода Меркулова на имя заместителя председателя Совмина Берия «О необходимости розыска запасов урана на территории Германии» говорится о сообщении резидента МГБ в Лондоне о том, что, по агентурным данным, не вызывающим сомнений в искренности источника, имевшиеся в Бельгии и во Франции запасы урана и его соединений немцы вывезли в 1942 году в Силезию и другие восточные области Германии. Предлагалось, учитывая особую важность этого элемента, ориентировать соответствующие советские организации, которые будут заниматься вопросами военно-промышленного контроля над Германией, на возможное наличие в Силезии и других восточных районах Германии запасов урана и необходимость их розысков.

Для решения этих задач в конце апреля и начале мая в поверженную Германию были направлены несколько групп советских специалистов. 15 апреля 1945 года американская техническая комиссия организовала вывоз уранового сырья из Штасфурта, и в течение пяти-шести дней почти весь уран был вывезен в английскую зону вместе с относящейся к нему документацией. Тем не менее часть груза, который был найден на складе небольшого кожевенного завода в городе Нойштадте, застряла на границе советской и английской зон. «Сюрприз» отбыл в Берлин, а затем в качестве военного трофея — в СССР.

Как впоследствии сказал Курчатов: «Эти 100 тонн помогли на год раньше запустить наш первый реактор для получения плутония».

**В официальном докладе** Сталину «О состоянии работ по получению и использованию атомной энергии» (подготовлен И. Курчатовым, И. Кикоиным, Б. Ванниковым, М. Первухиным и А. Завенягиным в середине января 1946 г.) обобщается: «В 1945 году выявлено и вывезено из Германии и Чехословакии различных химических соединений урана... общим весом в пересчете на металл 220 тонн».

### Первое главное геолого-разведочное управление

Важной вехой в организации управления сырьевой отраслью явилось образование Первого главного управления при Совете народных комиссаров СССР (постановление ГКО от 20 августа 1945 г.). Начальником Первого главного управления (ПГУ) был назначен Борис Ванников, первым заместителем — Авраамий Завенягин, заместителем — Петр Антропов. В октябре 1945 года по постановлению СНК СССР в составе Комитета по делам геологии при СНК СССР создано Первое главное геолого-разведочное управление (ПГРУ), на которое возлагались организация и курирование специальных геолого-поисковых и разведочных работ по урану на территории СССР,

1946 г., Памир. Так начиналось становление сырьевой базы отечественной атомной отрасли



выполняемых специализированными партиями и экспедициями территориальных геологических управлений.

Позже, в 1948 году, в составе этого главка были организованы специальные экспедиции: на Украине — Кировская, на северо-западе России — Октябрьская, на Кавказе — Кольцовская, в Закавказье — Громовская, в Средней Азии — Красногорская, позже Краснохолмская, в Казахстане — Волковская, позже Степная, на Урале — Шабровская, в Западной Сибири — Березовская, в Восточной Сибири — Сосновская. В конце 1945 года правительство СССР заключило долгосрочные соглашения с правительствами Болгарии, Чехословакии, позже Польши, Румынии и Венгрии о совместных поисках, разведке и разработке месторождений радиоактивных руд и поставке урановой продукции Советскому Союзу. С этой же целью в Восточной Германии в Рудных горах было создано специальное горное управление, преобразованное в 1947 году в Отделение Советского государственного акционерного общества «Висмут» с передачей ему всех прав по разведке и добыче урановых руд в Саксонии и смежных с ней регионах.

**ПГРУ создало** территориальные специализированные геолого-разведочные экспедиции, которыми в первые годы становления отрасли (в 1950–1955 гг.) были выявлены и переданы в промышленное освоение месторождения Бештау и Бык в районе города Пятигорска Ставропольского края, Первомайское и Желтореченское в Северном Криворожье (Украина), Туракавакское в Киргизии, Серное в Туркмении, Курдайское в Южном Казахстане.

Для руководства работами по развитию сырьевой базы урана в составе ПГУ при СНК СССР было создано Первое управление во главе с Антроповым. В первые годы существования управление провело большую работу по строительству, постоянному увеличению объемов добычи и переработки на рудниках и гидрометаллургических заводах Комбината № 6, а также созданию предприятий по добыче и переработке урановых руд на известных к тому времени месторождениях в Германии, Чехословакии, Болгарии и Польше. Придавая особое значение необходимости ускоренного развития сырьевой базы урана в Советском Союзе и в странах народной демократии, Совет Министров СССР постановлением от 27 декабря 1949 года преобразовал Первое управление ПГУ в самостоятельное Второе главное управление при Совете Министров СССР с созданием в нем Первого управления для руководства развитием отечественной сырьевой базы (начальник — Николай Карпов) и Отдела иностранных объектов для выполнения той же задачи в странах народной демократии.

### Минсредмаш и Первое главное управление

26 июня 1953 года указом Президиума Верховного Совета СССР было образовано Министерство среднего машиностроения СССР. 1 июля 1953 года постановлением Совета Министров СССР в состав нового министерства переданы Первое (атомная промышленность) и Третье (разработка и создание систем ПВО) главные управления при Совмине СССР. 29 июня 1953 года Вячеслав Малышев стал первым министром среднего машиностроения СССР. При участии Малышева проходило создание первого предприятия по получению урана-235 газодиффузионным методом — Комбината № 813 (Уральский

электрохимический комбинат). Продукция этого комбината была использована во второй испытанной в СССР ядерной бомбе — РДС-2 (в первом ядерном заряде использовался плутоний). Для руководства сырьевой отраслью в составе министерства было создано Главное управление горного оборудования, начальником которого был назначен Николай Карпов (позднее, в 1965 году, оно будет переименовано в Первое главное управление).

С этого времени началась широкомасштабная работа по освоению и созданию новых предприятий по добыче и переработке уранового сырья. На базе вновь разведанных месторождений создаются Рудоуправление № 10 на Кавказе, Комбинат № 9 на Украине, Комбинат № 11 и Рудоуправление № 8 в Киргизии. Увеличиваются объемы добычи и переработки урановых руд на таких предприятиях, как советско-германское акционерное общество «Висмут» в Германии, «Яхимовские рудники» в Чехословакии, советско-болгарское Горное общество в Болгарии, «Кузнецкие рудники» в Польше. Начинается добыча урановых руд на предприятии «Кварцит» в Румынии.

**В СССР в 1953 году** объем добычи урановых руд увеличился по сравнению с 1946 годом более чем в 28 раз, а поставки урановой продукции в СССР из стран народной демократии — в 90 раз.

Минсредмаш и Первое главное управление со дня организации осуществляли крупные мероприятия не только по дальнейшему увеличению производственных мощностей действующих предприятий, но и по строительству и вводу предприятий по добыче и переработке урана на базе вновь открытых и разведанных месторождений.

В 1954 году на базе небольшого месторождения Серное в Туркмении было создано Рудоуправление № 15. В 1956 году началось строительство Комбината № 4 в Северном Казахстане на базе месторождений Балкашино, Дергачевское и Ольгинское; в 1958 году был создан Комбинат № 2 для добычи и переработки руд Учкудукского месторождения в Бухарской области Узбекской ССР; в 1959-м началось строительство Комбината № 1 для добычи и переработки уранфосфорных руд с редкоземельными элементами месторождения Меловое на полуострове Мангышлак в Казахской ССР.

Строительство этих предприятий было связано с многочисленными трудностями. Все месторождения находились в экономически неосвоенных, безводных районах с тяжелыми климатическими условиями, вдали от железнодорожных и автомобильных магистралей, часто в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях. Ввод в эксплуатацию трех крупных комбинатов позволил существенно расширить отечественную сырьевую базу урана и значительно увеличить его добычу.

**Добыча урановых руд**, начатая на Комбинатах № 4 в 1959 году, № 2 в 1963 году и № 1 в 1964 году, уже в 1970 году достигла 72,5% суммарной добычи по Первому главному управлению Минсредмаша СССР, что обеспечило выход Советского Союза по производству уранового сырья на первое место среди социалистических стран и позволило вплотную приблизиться к США.

### Расширение географии добычи урана и создание современных производств

В этот же период (1956–1961 гг.) на базе принятых от Министерства цветной металлургии СССР нескольких технически отсталых предприятий для нужд атомной промышленности Минсредмаша СССР были созданы современные производства с высоким техническим уровнем: Забайкальский горно-обогатительный комбинат в Читинской области по добыче и обогащению литиевых руд и Малышевское рудоуправление в Свердловской области по добыче и обогащению бериллиевых руд с попутной добычей изумрудов. Кроме того, в состав Комбината № 6 в 1965 году были переданы из Средазсовнархоза предприятия по добыче и обогащению флюоритовых руд. В 1967 году добывающие и перерабатывающие комбинаты и самостоятельные рудоуправления были переименованы: Комбинат № 1 — в Прикаспийский горно-металлургический комбинат, Комбинат № 2 — в Навоийский горно-металлургический комбинат, Комбинат № 3 — в Малышевское рудоуправление, Комбинат № 4 — в Целинный горно-химический комбинат, Комбинат № 6 — в Ленинабадский горно-химический комбинат, Комбинат № 9 — в Восточный горно-обогатительный комбинат, Рудоуправление № 10 — в Горно-химическое рудоуправление, Комбинат № 11 — в Киргизский горнорудный комбинат, Рудоуправление № 16 — в Забайкальский горно-обогатительный комбинат.

В период с 1967 по 1975 год были достигнуты крупные успехи в открытии и вовлечении в эксплуатацию новых месторождений урана в районе действующих предприятий отрасли, что позволило в короткие сроки значительно увеличить добычу и переработку урана.

На Восточном горно-обогатительном комбинате (Украинская ССР) были введены в эксплуатацию подземные рудники на базе Мичуринского (1967 г.) и Ватутинского (1973 г.) месторождений в Кировоградской области. На Навоийском горно-металлургическом комбинате построен и введен в эксплуатацию (1969 г.) рудник № 1 на месторождении Сабырсай, а в 1974-м — карьер № 13 и рудник № 15 на базе южной части месторождения Учкудук. Целинный горно-химический комбинат в 1972 году ввел в эксплуатацию подземный рудник на базе месторождений Восток и Звездное, в 1968–1971 годах построил рудники подземных и открытых работ на базе месторождения Маньбай



## На фото

1960-е гг., урановый карьер «Тулукуй», Приаргунский горно-химический комбинат (ныне ППГХО)

и на базе уранфосфорных месторождений Тастыколь и Заозерное создал горнодобывающее Рудоуправление № 3. Киргизский горнорудный комбинат вел интенсивную эксплуатацию ранее открытых уран-молибденовых месторождений Ботабурум, Кызылсай и Джидели в Джамбульской и Джесказганской областях Казахской ССР. На Прикаспийском горно-металлургическом комбинате добыча уранфосфорных руд месторождения Меловое продолжалась на двух карьерах, а в 1973 году началось строительство карьера на месторождении Токмак. Ленинадский горно-химический комбинат (Таджикская ССР) организовал в этот период крупномасштабную добычу урана способом подземного выщелачивания на месторождениях Северный и Южный Букина в Центральных Кызылкумах Узбекской ССР.

Наряду со строительством горных предприятий в районах действующих комбинатов особенно крупным событием этого периода было создание Приаргунского горно-химического комбината в Забайкалье, в Читинской области на базе разведанных месторождений Стрельцовского рудного поля, строительство которого, начатое в 1968 году, велось высокими темпами.

**Ввод в действие** Приаргунского горно-химического комбината и новых рудников на действующих комбинатах обеспечил увеличение добычи урана в целом по Первому главному управлению в 1976 году по сравнению с 1967-м в 2,2 раза и позволил существенно превзойти США по этому показателю.

## Пик добычи урана и распад СССР

В начале 1990-х годов сырьевая отрасль Минсредмаша СССР была представлена 28 рудоуправлениями

с 54 рудниками, 8 гидрометаллургическими заводами и 5 обогатительными фабриками, входившими в состав Восточного горно-обогатительного комбината (Украинская ССР), Забайкальского горнообогатительного комбината (РСФСР), Киргизского горно-обогатительного комбината «Южполиметалл» (Киргизская ССР), Ленинадского горно-химического комбината ПО «Востокредмет» (Таджикская ССР), Лермонтовского горно-химического рудоуправления (РСФСР), Навоийского горно-металлургического комбината (Узбекская ССР), Приаргунского горно-химического комбината (РСФСР), Прикаспийского горно-металлургического комбината (Казахская ССР), Целинного горно-химического комбината (Казахская ССР). Добыча урана осуществлялась также на рудниках СГАО «Висмут» (ГДР).

Предприятия (комбинаты) ПГУ производили кроме природного урана (в виде закиси-оксида) несколько десятков тысяч тонн золота, серебра, палладия, флюоритовый (фторсодержащий), литиевый, бериллиевый, танталовый, ниобиевый, рений, молибденовый, вольфрамовый, ванадиевый, марганцевый, оловянный концентраты, а также высокочистый оксид скандия, алюмо-скандиевую лигатуру, титанооксидный катализатор, триалкиламмин, серную кислоту, фосфорсодержащие удобрения и кормовые фосфаты, кварцевую и полевошпатовую продукцию, добывали уголь, известняк и подолочный камень (гранит, мрамор и другие материалы), изготавливали горно-шахтное и химико-технологическое оборудование, буровые и другие станки, насосы широкой номенклатуры, в том числе скважинного (погружного) типа, электротехнические и электронные изделия, оборудование для молочной отрасли промышленности, автобусы, самосвальные прицепы и т. д.

1992 год мы встретили в новой стране — России. Для атомной промышленности все изменилось. Вместе со всеми мы учились работать в условиях рынка, когда прежние социалистические формы хозяйствования ушли в прошлое. Это было время кризиса и надежд на будущее. Одни предприятия отрасли были приватизированы и ушли в частные руки, другие начали конкурировать друг с другом в борьбе за выгодные контракты.

После распада Советского Союза более 80% запасов урана, в том числе сосредоточенные в крупнейших месторождениях, пригодных для отработки высоко-рентабельным способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ), оказались за пределами России. Только один Казахстан по разведанным запасам занимал второе место в мире.

Это было очень трудное время, но работа не прекращалась ни на минуту. 16 января 1992 года был создан Государственный концерн «Атомредметзолото» (ГК «Атомредметзолото»). Чуть позже, в 1995 году, он был преобразован в АО «Атомредметзолото», а в 1999 году в связи с перерегистрацией

акционерных обществ — в Открытое акционерное общество «Атомредметзолото».

## Добыча урана сегодня

Принимая во внимание сложившуюся ситуацию и стратегическое значение уранового сырья для страны, Министерство РФ по атомной энергии и Министерство природных ресурсов РФ совместным распоряжением от 31.07.2003 года № 331-р/460-ра приняли решение о разработке и реализации межотраслевой программы «Уран России» по долгосрочному обеспечению потребностей Российской Федерации в природном уране с учетом состояния и перспектив развития сырьевой базы и производства ядерного топлива. В 2003 году в России действовало одно уранодобывающее предприятие — АО «ППГХО» — и строились два новых предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) — АО «Далур» в Курганской области и АО «Хиагда» в Бурятии. В сумме они производили около 3,2 тыс. тонн урана в год.

В 2007 году руководством госкорпорации «Росатом» было принято историческое решение о консолидации на базе ОАО «Атомредметзолото» (АРМЗ) предприятий, работающих в области добычи урана и других полезных ископаемых. 28 мая 2013 года генеральным директором Уранового холдинга «АРМЗ» был назначен Владимир Верховцев. С декабря 2013 года под управлением АО «Атомредметзолото» сосредоточены российские активы уранодобычи. После завершения всех организационных мероприятий АО «Атомредметзолото» (управляющая компания Горнорудного дивизиона госкорпорации «Росатом») приняло все полномочия по обеспечению внутренних и внешних сырьевых потребностей российской атомной отрасли и стало одной из ведущих мировых уранодобывающих компаний. Горнорудный дивизион — один из лидеров мирового уранового рынка, который реализует ряд урановых и неурановых проектов, находящихся на разных стадиях развития, от геологоразведки до интенсивной промышленной эксплуатации. Горнорудный дивизион обладает уникальными компетенциями в области уранодобычи (здесь сконцентрирован многолетний опыт разработки месторождений в самых разнообразных геоклиматических условиях) и осуществляет весь комплекс работ: от геологоразведки, опытных и проектных работ до рекультивации и вывода производственных объектов из эксплуатации.

Сегодня Горнорудный дивизион управляет российскими уранодобывающими активами, представленными в Забайкальском крае (ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского»), Республике Бурятия (АО «Хиагда»), Курганской области (АО «Далур»). Дивизион реализует ряд неурановых проектов (добыча и производство редких и редкоземельных металлов), а также развивает проекты по добыче золота и серебра. Значительный вклад в бизнес вносят сервисные компании — ООО «АРМЗ Сервис», АО «РУСБУРМАШ», АО «ВНИПИ-промтехнологии».

АО «Атомредметзолото» в 2024 году переименовано в АО «Росатом Недра». «За последние годы наш дивизион серьезно трансформировался. Из монопродуктовой компании мы превратились в многопрофильный холдинг с широким набором бизнесов, направленных на реализацию проектов в сфере добычи и переработки стратегических металлов. АО «Росатом Недра» продолжит лучшие традиции АО «Атомредметзолото» и будет стремиться к новым вершинам. Мы меняемся, чтобы отвечать новым вызовам, стоящим перед страной и «Росатомом», — отметил генеральный директор АО «Росатом Недра» Владимир Верховцев.

**Российская сырьевая база** урана значительна и позволяет стране ежегодно входить в десятку крупнейших мировых производителей. Вся производственная цепочка — от добычи урана до производства ядерной продукции — находится под контролем госкорпорации «Росатом».

В рамках развития российской производственной базы наиболее активно реализуются проекты освоения месторождений Хиагдинского района под отработку методом СПВ. С 2026 года ожидается рост добычи на месторождениях Стрельцовского рудного поля за счет освоения Аргунского и Жерлового месторождений в Краснокаменске. Активно осуществляется главная урановая стройка страны — рудник № 6 на ПАО «ППГХО». В отдаленной перспективе находится освоение крупных золотоурановых месторождений Эльконского рудного района в Якутии. В данный момент там уже ведется добыча золота карьерным способом.

## На фото

Николай Петрухин, ветеран атомной отрасли, автор книг об истории становления и развития урановой промышленности



# Вскрытие урановых «консервов»

## Урановые компании перезапускают рудники

**Анализ деятельности юниорных урановых компаний и динамики привлечения инвестиций в 2024 году показал, что привлекали акционерный капитал меньше число компаний, но объемы инвестиций были выше. Капитализация большей части компаний осталась, по итогам года, примерно на том же уровне, что и в конце 2023 года, или уменьшилась, хотя немало и тех компаний, чья капитализация выросла. А главной тенденцией 2024 года можно назвать запуск рудников, которые ранее были законсервированы владельцами в период низких цен после аварии на АЭС «Фукусима».**

В рамках исследования были проанализированы публичные сообщения 33 юниорных компаний, а также одной бывшей юниорной, ставшей частью госкомпании. Основной акцент был сделан на объем привлеченных средств, прежде всего с помощью долевого финансирования, но также с помощью долгового финансирования и продаж урана.

Компании были выбраны по объему капитализации и давности присутствия на рынке. Условно, это «старые» юниоры — компании, много лет (а то и десятилетий) работающие на урановом рынке, в отличие от «новичков», много которых появилось в 2023 и 2024 годах.

Юниоры — это компании малой и средней капитализации, чья основная деятельность заключается в разведке и развитии месторождений. Обычный путь юниора — повышение ценности объекта благодаря увеличению объема геологической информации и экономической оценке с последующей продажей крупной добывающей компании. Но из-за экономического кризиса 2007 года, усугубившегося аварией на АЭС «Фукусима», и падения спотовых цен на природный уран, на мировом рынке урановых месторождений и рудников сформировалась особая ситуация: многие добывающие предприятия были законсервированы из-за убыточности, а их владельцы потеряли статус добывающих компаний и фактически перешли в разряд юниорных. Но, продолжив развивать урановые проекты и сохранив приверженность этому сегменту, теперь они выглядят «элитой» рынка на фоне более молодых компаний, которые рыщут в поисках новых геологических идей и проектов.

Информационный фон в 2024 году формировали несколько тенденций. Во-первых, это взлет спотовых

цен на рубеже 2023–2024 годов, который вызвал бешеный энтузиазм на рынке. Однако он не оправдался: в течение года спотовые цены на уран в целом только снижались, и 31 декабря 2024 года спотовая цена на закись-окись сложилась на уровне \$73 за фунт, а буквально за два дня до конца года опускалась даже ниже \$70 за фунт.

Во-вторых, это сначала запрет США на поставки низкообогащенного урана из России, затем ответный запрет России на поставки низкообогащенного урана в США. На рынок закиси-окиси ситуация повлияла в том смысле, что при заказе на обогащение надо каким-то образом обеспечить наличие природного урана, поэтому повышение спроса на услугу влечет за собой рост спроса на сырье. Однако, как показал график спотовых цен, драматичных изменений на рынке не произошло. Как бы то ни было, оба запрета свидетельствуют о продолжении размежевания рынков, и компании используют это в своей риторике.

Более значимое для рынка, как кажется, событие — октябрьская сделка структур китайской CNNC и «Казатомпрома» на поставку природного урана, которая, вкупе с ранее заключенными контрактами, превышает 50% активов казахстанской компании. Подобную сделку с китайской же SNURDC «Казатомпром» заключил в ноябре 2023 года. Этот объем урана уже не будет доступен другим покупателям, а эти покупатели не будут активны на рынке.

В-третьих, энтузиазм вызвали заявления технологических гигантов о контрактах на поставку электроэнергии с атомных станций малой мощности и попытки договориться с действующими АЭС. Однако даже на будущие поставки урана эти контракты не окажут существенного влияния, так как блоки малой мощности и топлива (как следствие — природного урана) потребляют будут чуть-чуть, когда новые блоки будут запущены и произойдет ли это вообще — большой вопрос. Но урановые компании все равно использовали этот аргумент, чтобы обосновать запуск рудников.

И эти, правильнее сказать, расконсервации (речь идет прежде всего о ранее действующих предприятиях) стали главной тенденцией на урановом рынке. Она справедлива не только для юниоров, но и для крупных компаний, мейджоров, но именно для первых это означает возвращение или переход в число добывающих компаний.

С учетом этих тенденций анализ представляет собой обзор не только инвестиций, но и событий,

связанных с запуском урановых рудников. Он позволяет сделать некоторые выводы.

■ Анализ отчетности 34 «старых» юниорных компаний за 2023 и 2024 год показал, что в 2023 году 26 компаний привлекли \$913,76 млн, а в 2024 году 19 компаний — \$945,54 млн. Количество компаний, которые смогли поднять деньги, уменьшилось, но объем привлечений вырос.

■ Вырос медианный размер привлечений: с примерно \$12 млн до \$17 млн. Выросло число внушительных, свыше \$100 млн, размещений. Если в 2023 году их было всего два, то в 2024 году — четыре. В 2023 году размещения в диапазоне от \$10 млн до \$100 млн провели 15 компаний, в 2024-м — семь. В диапазоне от \$0,4 млн до \$10 млн в 2023 было девять размещений, в 2024 году — восемь. Таким образом, можно говорить об увеличении поляризации в объеме привлеченных средств.

■ Эта разница частично объясняется близостью к запуску рудника: компании, строящие и запускающие рудник, с большей вероятностью поднимают десятки и сотни миллионов долларов, тогда как компании, ведущие разведку, скорее поднимут единицы миллионов.

■ Средства акционеров — главный источник средств для запуска рудников. Продажи купленного ранее или произведенного на рудниках урана невелики, долговое финансирование скорее исключение. В 2024 году значимый объем долга смогла привлечь только Paladin Energy.

■ Даже «старые» юниорные компании в урановом секторе, чья капитализация и развитие проектов выше, чем у «новичков», резко отличаются по своей капитализации: в секторе есть компании с капитализацией свыше миллиарда долларов, есть и такие, чья капитализация — единицы миллионов. Причем капитализация даже одной компании может резко меняться в течение года. Самый яркий пример, пожалуй, это Peninsula Energy, чья капитализация в ноябре 2024 года падала до 9 млн австралийских долларов, а к концу года выросла до 268 млн. По итогам 2024 года среди анализируемых компаний было 14 компаний с капитализацией свыше \$100 млн и столько же — ниже этой цифры. По итогам 2023 года соотношение было 20 против 12. Это свидетельствует о снижении интереса инвесторов к урановым юниорам.

■ Совокупная капитализация анализируемых компаний снизилась за год, с 31 декабря 2023 года по 31 декабря 2024 года, почти на \$1 млрд.

■ Сопоставление данных по привлечению долевого финансирования и капитализации компаний приводит к выводу о некотором уменьшении интереса к урановым юниорам и его расслоению. В урановые компании продолжают инвестировать, но более выборочно и прицельно: это либо минимальные инвестиции, либо, напротив, крупные вложения.

■ Семь компаний в 2024 году объявили о начале добычи и переработки урана на своих рудниках. Почти все они — «распечатанные консервы», то есть предприятия, которые были вынуждены прекратить работу из-за снижения цен на закись-окись после аварии на «Фукусиме» и теперь возвращаются в строй. Большинство проектов находится в США, по одному — в Намибии и Австралии. Проект в Финляндии по извлечению попутного урана — тоже вторая попытка его запуска, хотя первая неудача была связана не с экономикой, а с экологическими проблемами.

■ Практически на всех расконсервированных рудниках наращивание производства идет медленнее, чем планировалось, объем производства нестабильный.

■ На трех проектах ожидается принятие инвестиционного решения. По-видимому, снижение цен на уран и затянувшиеся переговоры об условиях поставок стали главной причиной отсрочки решений. Несмотря на их отсутствие, компании проектируют, закупают и привозят на площадку оборудование, нанимают персонал и договариваются с местными властями.

■ Контракты зачастую заключаются с дисконтом к спотовой цене. Это ставит продавцов в заведомо невыгодное положение, так как на проданный на таких условиях уран они никогда не получают премию к рынку. Напомним, традиционно цена долгосрочных контрактов более высокая, чем спотовая.

■ Прибыль от купленной в качестве активов и затем проданной закиси-окиси невелика. Компании слишком поздно, уже на стадии роста цен осознали, что кризис атомной отрасли пройден. Denison Mines в 2021 году первой показала, что закись-окись может быть выгодной инвестицией для юниорных компаний, вложив тогда в покупку \$86 млн. Теперь компания показала наилучший результат маржинальности продаж.

■ Пожалуй, самый любопытный процесс, который сейчас происходит на юниорном урановом рынке, — это то, что «старые» юниорные компании предпочитают не продаваться компаниям-производителям, а самостоятельно строить рудники. И речь идет не только о «распечатанных консервах», но и о новых, готовящихся к запуску предприятиях.

### Цены на уран, \$/фунт



**Текст:** Наталья Колесникова, руководитель проекта ЧУ «Центр коммуникаций»  
**Фото:** Центр коммуникаций атомной отрасли, Фонд «АТОМ», газета «Страна Росатом»



## «Атомный урок»: нескучно о естественно-научном

*Просветительский проект об атомной отрасли для педагогов и школьников*

Свыше 50 тыс. школьников и 5 тыс. педагогов России приняли участие в просветительских мероприятиях проекта «Росатом» «Атомный урок» в 2024 году, среди которых были увлекательные лекции о возможностях и перспективах атомной отрасли, яркие мастер-классы, познавательные онлайн-трансляции и, конечно, борьба педагогов за главный приз конкурса «Атомный урок» — поездку на Северный полюс в составе экспедиции «Ледокол знаний». Рассказываем, чем запомнился пятый, юбилейный сезон «Атомного урока» и что нового подготовила команда проекта в 2025 году.

### Первая пятилетка

«Атомный урок» — уникальный проект научно-просветительской программы «Атомариум», знакомящий педагогов и их учеников с миром атомных технологий. Помимо офлайн-мероприятий для ребят из разных уголков нашей страны, проект «Атомариума» — это еще и огромная база знаний, которая находится в открытом доступе и постоянно обновляется, двигаясь в ногу со временем и отвечая на запросы общества.

Впервые «Атомный урок» прошел в российских школах в 2020 году, он был приурочен к 75-летию российской атомной промышленности. Как атомные технологии помогают планете, российские школьники узнали в ходе увлекательных интерактивных

занятий «Источники энергии и безуглеродное будущее», разработанных командой проекта «Атомный урок» для платформы «Российская электронная школа» Минпросвещения РФ. В октябре 2020 года при поддержке сети ИЦАЭ, НИЯУ «МИФИ» и Российского движения школьников (с 2022 года — Российское движение детей и молодежи «Движение первых») для учеников 5–7-х классов состоялись открытые уроки на тему «Радиация вокруг нас». Ребята стали участниками интерактивного эксперимента, узнали, что такое естественный радиационный фон, какие бывают источники радиации и многое другое.

В 2024 году «Атомный урок» отметил первый юбилей: состоялся пятый сезон проекта, в котором за это время многое изменилось. Так, в 2021 году впервые прошел одноименный конкурс для педагогов, в 2022-м в российских школах состоялись первые занятия цикла «Разговоры о важном» об атомной промышленности. За пять лет расширилась география, появились новые тематики, форматы, добавились категории участников: если раньше проектом в основном интересовались учителя-предметники, то с прошлого года в нем активно участвуют и педагоги дополнительного образования. В том, что проектом интересуются все больше российских педагогов, нет ничего удивительного: «Атомный урок» дает учителям универсальный инструментарий для проведения внеурочных занятий со школьниками, чтобы грамотно и достоверно рассказать об атомной отрасли и об огромных карьерных возможностях в любом из направлений деятельности «Росатома».

### От Иркутска до Калининграда

40 ярких интерактивных «Атомных уроков» в 2024 году провели амбассадоры проекта в атомных городах и на крупных федеральных площадках, таких как ВДЦ «Орленок», МДЦ «Артек», ОЦ «Сириус» и др. Лекторы — лучшие учителя страны, а слушатели — свыше 4 тыс. школьников разного возраста и уровня подготовки. Тематика тоже разнообразная: энергетика, ядерная медицина, композитные материалы, экологические проекты «Росатома», квантовые технологии, разработки в сфере освоения дальнего космоса и многое другое.

Первый в минувшем сезоне «Атомный урок» для школьников ОЦ «Сириус» на «Атомэкспо-2024» провел победитель телешоу «Классная тема!» — учитель физики из Нальчика кандидат физико-математических наук Аслан Кашежев.

Для школьников Калининградской области, где «Росатом» реализует проект по строительству первой в России гигафабрики литийионных аккумуляторных батарей, а также для финалистов конкурса «Большая перемена» в «Артеке» цикл «Атомных уроков» провел амбассадор проекта, победитель Всероссийского профессионального конкурса «Учитель года России — 2024» Леонид Дедюха.

Еще одной темой «Атомных уроков» в 2024 году стала экология и тот важнейший вклад, который «Росатом»

вносит в реализацию проектов по ликвидации объектов накопленного экологического вреда в нашей стране. Локация для выездных занятий с победителем конкурса «ТопБЛОГ», учителем биологии и химии Сергеем Подковальниковым выбрана не случайно: в Усолье-Сибирском Иркутской области «Росатом» ведет рекультивацию площадки обанкротившегося в 2017 году «Усольехимпрома» и строительство экотехнопарка «Восток».

### Учителям — особое внимание

Особенность проекта «Атомный урок» в том, что он ориентирован на учителей школ и преподавателей колледжей. Именно они для нынешних школьников являются проводниками в мир знаний, играют огромную роль в профориентации и выборе будущей профессии. Опыт, авторитет педагогов и наставников, их увлеченность и творческий подход помогают транслировать знания об атомной отрасли на широкую школьную аудиторию.

«За каждым научным открытием, за каждой победой обязательно стоит талантливый учитель — тот, кто поверил, поддержал, направил, в хорошем смысле «заразил» своей любовью к предмету и умением преподнести материал в интересной, увлекательной форме. Этот талант обретает особую значимость в секторе естественно-научных дисциплин, где, вопреки стереотипам, всегда есть место творчеству. Проект «Атомный урок» дает всему педагогическому сообществу новые имена и профессиональные практики, которые будут обязательно использованы для обучения и воспитания подрастающего поколения как в целом по стране, так и в атомной отрасли», — подчеркнула заместитель генерального директора по персоналу госкорпорации «Росатом» Татьяна Терентьева.

В рамках проекта создаются и внедряются дополнительные инструменты для совершенствования профессиональных навыков российских педагогов.

### На фото

В 2024 году «Атомные уроки» впервые прошли в школах Энергодара





На фото

Победитель конкурса «Атомный урок» Алексей Борзых (автор занятий о квантовых технологиях) и председатель экспертного совета конкурса Константин Рудер

Для участников конкурса «Атомный урок» проводятся курсы повышения квалификации, а амбассадоры проекта делятся с коллегами своими авторскими педагогическими методиками на различных федеральных площадках. Так, на IX Отраслевом чемпионате профессионального мастерства госкорпорации «Росатом» AtomSkills перед учителями атомных городов выступил победитель Всероссийской олимпиады учителей физики «Лига лучших» Андрей Коновалов, а учитель физики из Элисты Аркадий Болдунов в Центре знаний «Машук» рассказал самым ярким и талантливым педагогам летнего интенсива о творчестве в образовательном процессе и продемонстрировал свои идеи проведения уроков «Физика в комиксах».

Конкурс для педагогов: новый формат

Всероссийский просветительский конкурс «Атомный урок» — неотъемлемая часть проекта, его кульминация. Он проводится при поддержке «Росатома» и Министерства просвещения РФ. Участниками могут стать педагоги вне зависимости от предметного профиля, возраста и уровня подготовки учеников. В пятый, юбилейном сезоне заявки на конкурс подали 3,5 тыс. педагогов, а в викторинах по итогам первого этапа приняли участие свыше 40 тыс. школьников из всех регионов России.

Конкурсанты «Атомного урока» в своих школах провели с ребятами профориентационные занятия о возможностях и перспективах атомной отрасли, опираясь на материалы сайта атомныйурок.рф, после чего ученикам предстояло проверить свои знания в викторинах по одному из семи направлений: начальные и средние классы, энергетика, медицина, экология, квантовый мир и технологии будущего. Семеро школьников, одержавших победу в викторинах «Атомного урока», вошли в состав детского жюри финала конкурса, а 70 педагогов из 33 регионов России, возглавивших рейтинг по итогам этого испытания, продолжили дальнейшее участие в полуфинале конкурса.

«Командой проекта проведена огромная методическая работа, в помощь педагогам для проведения «Атомного урока» разработаны все необходимые материалы — сценарии уроков, презентации, иллюстрирующие видеоролики и многое другое. Вместе с тем мы всегда открыты для новых интересных идей и авторских педагогических методик. Именно это и стало творческим заданием полуфинала: конкурсантам необходимо в формате короткого видеоролика представить свою собственную педагогическую находку», — подчеркнул председатель экспертного совета Всероссийского просветительского конкурса «Атомный урок», заместитель директора департамента коммуникаций госкорпорации «Росатом» Константин Рудер.

По итогам экспертной оценки видеовизиток полуфиналистов, в каждой из которых педагоги представили свои идеи, были определены 15 лучших педагогических практик. Эти разработки вошли в методические материалы «Атомного урока» в 2025 году, а их авторы смогли побороться за победу в финале конкурса.

Гранд-финал и новые горизонты

Одним из нововведений конкурса «Атомный урок» в 2024 году стало проведение большого очного финала. Он состоялся 8 декабря 2024 года в музее «АТОМ» и стал заключительным мероприятием «Атомной недели» на ВДНХ. В своем четырехминутном выступлении каждый из 15 финалистов представил свои авторские педагогические разработки. К презентации лучшие учителя «Атомного урока» подошли творчески, показав, что атомная отрасль — это целый мир, который можно рассматривать с самых разных сторон.

В оценке авторских педагогических практик финалистов конкурса «Атомный урок» приняли участие эксперты атомной отрасли, амбассадоры проекта — победители всероссийских педагогических конкурсов и активные участники просветительских мероприятий «Росатома», партнеры проекта — представители Фонда гуманитарных проектов, Форума классных руководителей, а также члены детского жюри — победители интеллектуальных викторин «Атомного урока».

«Самое главное, что дает нашей стране «Атомный урок», — это популяризация технологического образования среди ребят разных возрастов и интересов. Та работа, которую «Росатом» ведет для вовлечения детей в инженерные специальности, действительно впечатляет. Особенно радует, что мы, педагоги, можем принять в этой работе активное участие», — сказал победитель конкурса «Атомный урок» Алексей Борзых.

Благодаря победе в конкурсе учитель физики и информатики из Санкт-Петербурга Алексей Борзых сможет уже в этом году отправиться к Северному полюсу на атомном ледоколе вместе с арктической экспедицией «Росатома» «Ледокол знаний».

Сюрпризы на этом не закончились. В 2024 году в конкурсе появились дополнительные тематические номинации для финалистов. В частности, одним из лауреатов стала учитель русского языка и литературы из Белгорода София Болдырева, она сможет посетить один из космодромов России.

Вторым лауреатом конкурса «Атомный урок» стала учитель химии из Северной столицы Людмила Немчинович. Она отправится в Калининградскую область, где посетит один из флагманских проектов «Росатома» — гигафабрику по производству накопителей энергии, а для школьников города Немана проведет цикл увлекательных интерактивных занятий.

Отмечены и финалисты «Атомного урока» из атомных городов: Евгения Жинкина из Озерска, Наталия Гурова из Сарова и Юрий Прокофьев из Железногорска смогут принять участие в образовательных программах Корпоративной Академии Росатома и Национального центра физики и математики.

Все только начинается

«Проект «Атомный урок» растет, развивается и вызывает интерес у учителей всех предметных профилей, от ключевых для «Росатома» дисциплин — физики, химии и математики — до русского языка и литературы, географии и истории, иностранных языков, а также

в начальных классах и секторе дополнительного образования. Именно вы, уважаемые педагоги, первыми открываете в ребятах их способности и интересы. Мы с вами точно в одной команде: воспитать во благо нашей страны как можно больше целеустремленных и талантливых ребят — это наша с вами совместная задача на ближайшие годы», — подчеркнул генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев во время встречи с лучшими педагогами Всероссийского просветительского проекта «Атомный урок» в декабре 2024 года.

В юбилейном для отрасли 2025 году проект «Атомный урок» ждет множество интересных событий. Состоятся новые увлекательные выездные мероприятия с участием талантливых и ярких педагогов нашей страны. Во всех школах России пройдут внеурочные занятия «Разговоры о важном», посвященные 80-летию атомной промышленности, и профориентационные уроки цикла «Россия — мои горизонты». Кульминацией проекта вновь станет конкурс для педагогов, где появятся новые тематические и партнерские номинации. Неизменным останется одно: «Атомный урок» — флагманский просветительский проект платформы «Атомариум» для обмена идеями, творческой энергией и знаниями, которые меняют наше представление о современной школе и дают подрастающему поколению возможность узнать больше о нашей отрасли, присоединившись к большой атомной семье.

На фото

Генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев вручил награды лучшим педагогам «Атомного урока»



Текст: Евгения Лобзина  
 Фото: концерн «Росэнергоатом»

# От «Истока» — к большой науке

Формирование кадрового резерва атомной отрасли: проекты на разных уровнях непрерывного образования

Путь атомщика начинается со школы. Понимая это, в «Росатоме» уже не первый год развивают масштабные проекты по работе с учителями и профориентации школьников. Параллельно с ними в рамках федерального проекта «Профессионалитет» и при поддержке госкорпорации «Росатом» и концерна «Росэнергоатом» в городах присутствия АЭС открываются образовательно-производственные кластеры по подготовке специалистов для атомных станций. А студенты ключевых вузов концерна могут начать карьеру молодого ученого, представив свои научные инициативы на Открытом конкурсе на лучший научно-технический доклад наравне с молодыми работниками атомной отрасли. О просветительских, образовательных и научных проектах «Росатома» — в нашем материале.

## «Исток» для атома

Премия «Исток» имени академика Игоря Петрянова-Соколова — часть масштабного проекта «Учитель для Росатома», входящего в программу «Люди и города», которая реализуется в атомных городах. Награда учреждена госкорпорацией «Росатом» и ежегодно присуждается лучшим учителям физики, математики, информатики и химии. Главные цели проекта — повышение качества образования в городах присутствия «Росатома», решение проблемы нехватки учителей и увеличение числа школьников, сдающих ЕГЭ по профильным предметам, а также повышение престижа профессии учителя.

Идея премии принадлежит научному руководителю Национального центра физики и математики академику РАН Александру Сергееву, который рассматривает школу как «место, где формируется наше будущее силами талантливых, неравнодушных, добросовестных учителей», как «источник, из которого наука и наша экономика черпают новые поколения исследователей, инженеров и технологов». Как отметил Сергеев, слова «учитель», «ученик» и «ученый» — однокоренные и в этом есть их объединяющая сила.

Премия включает номинации для учителей физики, математики, химии и информатики, а также «За яркий и продуктивный старт в профессии учителя». В 2024 году впервые были введены номинация

«За развитие кадрового потенциала» (таким образом, количество номинаций достигло шести) и специальный приз за разработку и тиражирование педагогической методики развития инженерного образования.

В жюри премии традиционно входят лучшие учителя России, лауреаты прошлых лет, проректоры ведущих вузов страны, академики РАН, представители органов исполнительной власти, представители госкорпорации «Росатом».

В прошлом году на конкурс поступило 150 заявок из 29 городов присутствия «Росатома». Выдвижение претендентов на премию происходило через городские комиссии, в состав которых вошли представители родительского и ученического сообществ, органов управления образованием и предприятий атомной отрасли. Церемония награждения лауреатов состоялась 16 декабря в музее «АТОМ» в Москве. Победителями стали 17 учителей химии, физики, информатики и математики из Балакова, Полярных Зорь, Волгодонска, Усоля-Сибирского, Новоуральска, Ангарска, Снежинска, Электростали, Коврова и Северска, а также три управления образования администраций городов «Росатома» — Обнинска, Лесного и Новоуральска. Спецприз за разработку, внедрение и тиражирование педагогической практики по развитию инженерного образования получил Денис Бурдаков из Корпоративного университета развития образования Московской области.

«Учитель — это призвание и миссия. Мы в «Росатоме» прекрасно понимаем значение и вклад педагогов и создаем условия для их поддержки и развития: организовали Совет педагогов «Росатома», проводим стажировки для будущих педагогов, образовательные конференции. В рамках программы «Учитель для Росатома» к 2030 году планируем обучить более 1,5 тыс. педагогов и привлечь 500 новых учителей в сеть школ «Росатома». И, конечно, поддерживаем ежегодную педагогическую премию «Исток», которую в 2021 году мы учредили вместе с Российской академией наук, чтобы повысить престиж естественнонаучных и точных дисциплин. В целом наша образовательная экосистема объединяет тысячи педагогов, сотни тысяч школьников, дошкольников и их родителей. Совместные усилия социально ответственного бизнеса, государства и педагогов обязательно дадут хороший результат. Уверена, вас ждут новые победы и лучшее из возможных признаний — гордость за новые таланты, которые вы воспитаете», — обратилась к преподавателям заместитель генерального



директора по персоналу госкорпорации «Росатом» Татьяна Терентьева.

Первый заместитель генерального директора по корпоративным функциям АО «Концерн Росэнергоатом» Джумбери Ткебучава подчеркнул важность профессии учителя для атомной отрасли: «Стратегия развития концерна «Росэнергоатом» предусматривает строительство более 35 новых энергоблоков до 2045 года. Однако энергоблок — это бетон и железо, оборудование, и работать он может только благодаря квалифицированным специалистам. В целом до 2035 года на предприятия концерна мы планируем трудоустроить свыше 20 000 выпускников вузов и 15 000 выпускников со средним профессиональным образованием. Для того, чтобы эти специалисты вовремя пришли к нам, они должны получить азы профильного образования именно в школе. Поэтому учитель — это исток, с которого начинается путь в профессию атомщика».

## Путь в профессию

В сентябре 2022 года стартовал федеральный проект «Профессионалитет», направленный на эффективную и быструю подготовку востребованных специалистов для крупнейших системообразующих предприятий России. В рамках реализации проекта по всей стране в регионах присутствия госкорпорации «Росатом» на базе действующих техникумов и колледжей открываются современные образовательные кластеры для обучения актуальным для предприятий конкретного региона специальностям.

Во второй половине января текущего года состоялась торжественная церемония открытия

образовательно-производственного центра «Полярнозоринский» на базе Полярнозоринского энергетического колледжа и 11 новых лабораторий и мастерских. Инициатива стала возможной благодаря поддержке госкорпорации «Росатом», концерна «Росэнергоатом», Кольской АЭС и правительства Мурманской области.

Средства в размере 50 млн рублей на ремонт нового образовательного пространства были выделены концерном «Росэнергоатом» (35 млн рублей), а также из областного бюджета (15 млн рублей). Еще 100 млн рублей из федерального бюджета пошли на оснащение центра современным оборудованием. На эти средства закупили более 4000 наименований оборудования, включая сварочные аппараты, плазморезы, установку лазерного раскроя металла, лазерный маркератор, листогибы, гильотины, трубогибы, осциллографы, лабораторные комплексы, тренажеры виртуальной реальности.

«В этом году колледж принял на обучение более 125 абитуриентов, что превышает плановый набор. Кольская АЭС активно поддерживает различные образовательные проекты. Для нас крайне важно, чтобы учебный процесс и условия обучения соответствовали современным требованиям и стандартам образования. В рамках «Профессионалитета» студенты проходят практику на площадке атомной станции. По окончании учебы около 85% выпускников будут трудоустроены по специальности на предприятия «Росатома», — отметил директор Кольской АЭС Василий Омельчук.

Между Кольской АЭС и Полярнозоринским энергетическим колледжем уже на протяжении многих лет



действует соглашение о сотрудничестве. Оно предусматривает развитие учебно-материальной базы, стажировку педагогов, участие и присутствие специалистов станции на защите дипломов. За 55 лет колледж подготовил более 10 000 квалифицированных рабочих и специалистов, большинство из которых продолжили свой трудовой путь на различных предприятиях в контуре «Росатома», и прежде всего на Кольской АЭС. В ближайшие пять лет колледж планирует подготовить еще 450 специалистов для атомной отрасли. Большая часть из них станет работниками Кольской АЭС.

### Арктические грезы и радиационные снежинки

Город-спутник Кольской АЭС стал и местом проведения экспедиции «Образовательное сияние: Полярные Зори» — уникального проекта, объединившего школьников атомных городов и студентов педагогических вузов. В декабре прошлого года ее впервые организовал концерн «Росэнергоатом» совместно с Высшей школой экономики и Обнинским институтом атомной энергетики НИЯУ «МИФИ» в рамках федерального проекта «Открываем Россию заново».

«Основная задача проекта — формирование кадрового резерва атомной отрасли через популяризацию физики на разных уровнях непрерывного образования — среди студентов и школьников, привлечение молодых сотрудников для работы в городах присутствия госкорпорации «Росатом», — подчеркнул один из организаторов экспедиции, главный эксперт управления развития корпоративной культуры концерна «Росэнергоатом» Адам Омаров.

Участниками проекта стали 12 студентов из 11 российских вузов: Иркутского государственного

университета, Новосибирского государственного университета, трех филиалов НИЯУ «МИФИ» (Северского технологического института, Обнинского института атомной энергетики, Балаковского инженерно-технического института), Донского государственного технического университета, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Российского университета дружбы народов, Казанского (Приволжского) федерального университета, Уральского государственного университета и Южно-Уральского государственного университета. Вместе с экспертами они провели для 46 школьников 7–10-х классов города Полярные Зори образовательно-проектную программу.

В течение 10 дней проводились экспериментальные интенсивы, мастер-классы от наставников, предметные квесты, экспедиционные, образовательные и интерактивные треки, лабораторные практикумы и проектная работа. Все эти форматы направлены на то, чтобы привить школьникам любовь к физике, показать, насколько этот предмет интересен.

К примеру, школьники приняли участие в экспериментальных интенсивах «Волшебство радиационных снежинок: кодируем зимнее чудо в Python», «Полярный дефектоскопист. Звук Севера: искусство ультразвукового контроля» и др., а также в проектной работе «Арктические грезы. Полярные перспективы декады» (установочный трек «Для будущего наставника»), «Педагогический Minecraft: конструктор нового образовательного опыта».

«Безусловно, проект очень важный, ведь эти школьники и студенты — будущее России. А то, что для будущего, для опережающего развития важна интеллектуальная составляющая, ясно всем. И то, чем мы занимаемся, есть продвижение понимания для

детей, что самое главное — это знания и их применение на практике», — отметил Александр Домников, кандидат технических наук, доцент кафедры общей и специальной физики ИАТЭ НИЯУ «МИФИ».

Также участники экспедиции посетили Кольскую АЭС и побывали на туристическом маршруте «Териберка».

### Открытый, пятый, юбилейный

Помимо масштабных образовательных проектов, в ходе Десятилетия науки и технологий в РФ «Росатом» активно развивает и научное направление с участием молодежи. Одно из наиболее ярких событий — Открытый конкурс на лучший научно-технический доклад среди молодых работников и студентов ключевых вузов «Росатома», организованный концерном «Росэнергоатом». Проект существует уже пятый год и за это время значительно вырос в масштабах. Ежегодно конкурс объединяет молодых работников атомной отрасли и студентов, увлеченных наукой и развивающих собственные инициативы.

В юбилейный год финал конкурса впервые прошел в музее «АТОМ». За победу боролись 17 молодых сотрудников, которые представляли 9 дивизионов атомной отрасли (Электроэнергетический, Топливный, Инжиниринговый, Научный, Машиностроительный, Горнорудный, АХД и сервисная инфраструктура, Ядерный оружейный комплекс, РЭИН). Со стороны студентов в финал конкурса вышли 11 докладов из 5 ключевых вузов «Росатома»: ВИТИ и БИТИ НИЯУ «МИФИ», СевГУ, ТПУ и НИУ «МЭИ». В мероприятии в качестве слушателей приняли участие более 100 студентов ключевых вузов концерна «Росэнергоатом». Молодые сотрудники атомной отрасли представили доклады в трех номинациях, студенты — в двух (см. справку «Подробности»).

«Популярность конкурса среди студентов с каждым годом растет, а круг его участников со стороны вузов продолжает расширяться: в прошлом году мы рассмотрели 75 научно-технических работ студентов 17 ключевых вузов «Росатома», что на треть больше, чем в 2023 году. Помимо российских студентов, заявки на конкурс прислали студенты из Турции. Это говорит о том, что конкурс развивается не только на федеральном уровне, а уже переходит на международный. И все это благодаря высокому интересу к науке и к атомной отрасли у нашего молодого поколения. Участие в конкурсе дает уникальную возможность представить свою научную инициативу жюри и получить поддержку наших экспертов для ее дальнейшей реализации. Также студенты, прошедшие в финал, имеют отличный шанс в будущем стать работниками предприятий «Росатома», — отметила руководитель управления развития корпоративной культуры АО «Концерн Росэнергоатом» Наталья Конон.

После подведения итогов программу финала Открытого конкурса на лучший научно-технический доклад продолжила стендовая сессия с экспресс-беседами студентов с представителями шести

### Победители финала среди молодых работников атомной отрасли

**Номинация «Лучший научно-технический доклад»:**

- 1-е место — Елизавета Кирилова (ОКБМ им. И. И. Африкантова),
- 2-е место — Софья Андреева (ВНИПИПромтехнологии),
- 3-е место — Юлия Савосина (Радиевый институт им. В. Г. Хлопина).

**Номинация «Лучший производственно-технический доклад»:**

- 1-е место — Дарья Ермакова (ВНИПИПромтехнологии),
- 2-е место — Степан Лаухин (Санкт-Петербургский проектный институт, филиал «Атомэнергопроекта»),
- 3-е место — Кирилл Бозриков (ОКБ «Гидропресс»).

**Номинация «Лучший доклад с применением цифровых инструментов»:**

- 1-е место — Илья Попов (Нижегородский проектный институт, филиал «Атомэнергопроекта»),
- 2-е место — Максим Наговицын (Чепецкий механический завод),
- 3-е место — Светлана Воробьева (ВНИИАЭС).

### Победители финала среди студентов ключевых вузов «Росатома»

**Номинация «Лучший научно-технический доклад»:**

- 1-е место — Ирина Кабанцова (СевГУ),
- 2-е место — Даниил Голованов (ВИТИ НИЯУ «МИФИ»),
- 3-е место — Даниил Дебердеев (НИУ «МЭИ»).

**Номинация «Лучший производственно-технический доклад»:**

- 1-е место — Анастасия Поволоцкая (ВИТИ НИЯУ «МИФИ»),
- 2-е место — Лев Цихлер (ВИТИ НИЯУ «МИФИ»),
- 3-е место — Даниил Торганов и Мария Цирон (СевГУ).

предприятий концерна «Росэнергоатом» (АО «Атомтехэнерго», Белоярская, Калининская и Нововоронежская АЭС, АО «Консист-ОС», АО «ВНИИАЭС»). Большой интерес у студентов вызвали предложения АО «ВНИИАЭС». Студенты имели возможность заполнить анкеты на практику и на трудоустройство. Работники АО «Консист-ОС» предложили студентам интересный формат — разгадать ребусы и кроссворды, посвященные концерну и атомной отрасли. Мероприятие завершилось экскурсией по музею «АТОМ».

Текст: Дарья Быстрова  
 Фото: Техническая академия Росатома

# Кадры на новом уровне

Как строится многоуровневая система подготовки персонала в условиях перехода к новой технологической платформе атомной энергетики

Энергетические системы поколения IV способны кардинально изменить атомную энергетику, прежде всего за счет нового уровня безопасности, воспроизводства ядерного топлива, существенного сокращения радиоактивных отходов и гарантий соблюдения режима нераспространения. Россия является одним из лидеров в разработке технологий поколения IV. По оценке экспертов, для реализации проектов в области новой атомной энергетики к 2035 году потребуются сотни тысяч специалистов совершенно нового уровня. О решении задачи повышения компетентности персонала в условиях технологического перехода рассказывает директор по новой атомной энергетике Технической академии Росатома, член совета по инновациям госкорпорации «Росатом» Полина Ковалева.

— Полина Владимировна, сегодня много говорится о новой атомной энергетике. Поясните, пожалуйста, что включает в себя это понятие.

— Новая атомная энергетика — это обеспечение чистой и доступной энергией удаленных территорий Российской Федерации и выход на растущие мировые рынки технологий и топлива для замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ), а также рынки станций малой и средней мощности.

Ключевыми технологическими элементами ЗЯТЦ являются реакторы поколения IV, включая быстрые реакторы БРЕСТ-ОД-300, БН-1200, БР-1200, а также новые предприятия по переработке отработавшего ядерного топлива и производству свежего.

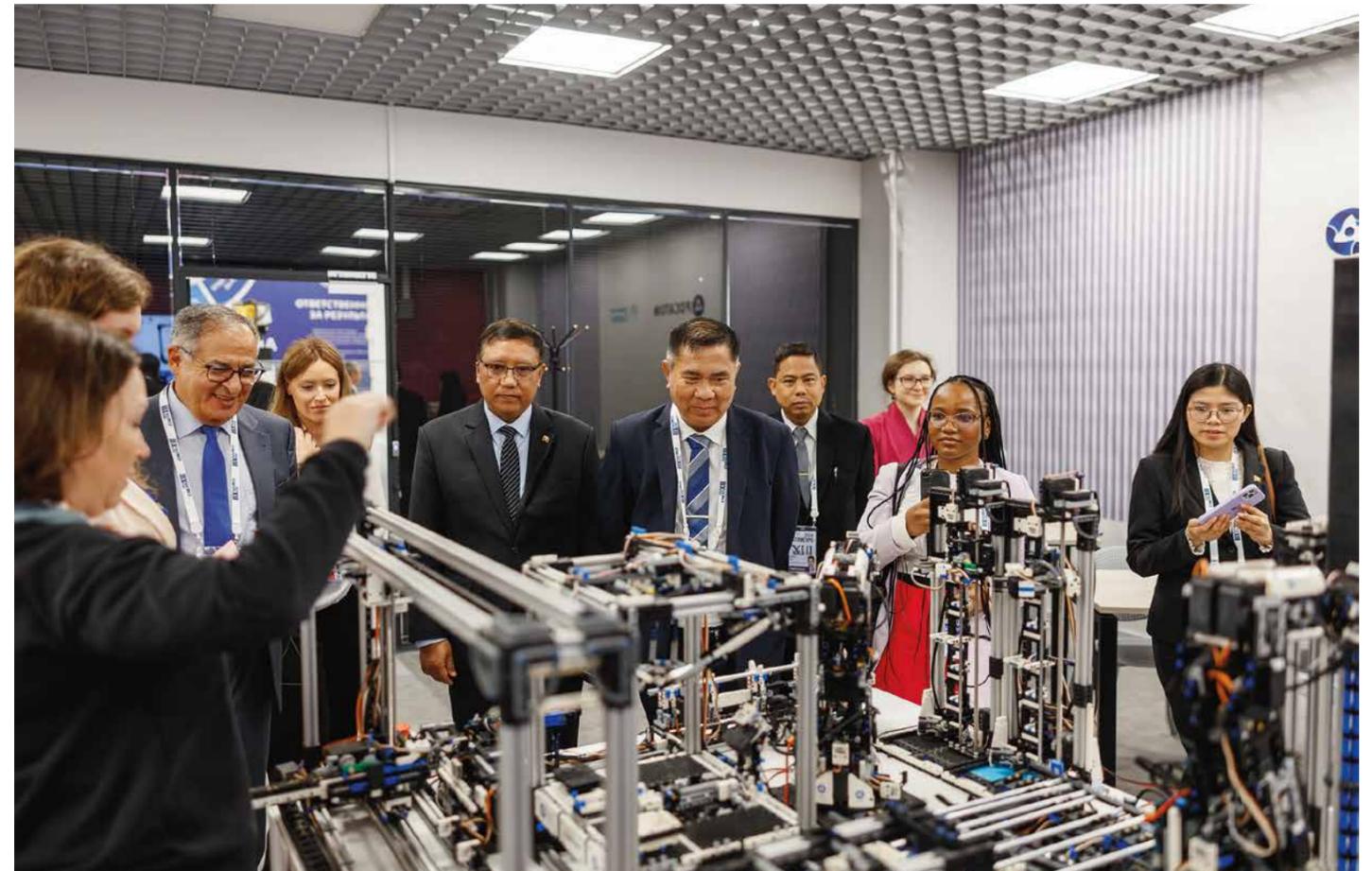
Атомные станции малой мощности (АСММ) также относятся к направлениям новой атомной энергетики. Россия является пионером в этой области: первая в мире АЭС мощностью 5 МВт была введена в эксплуатацию в Обнинске еще в 1954 году. С 2020 года госкорпорация «Росатом» эксплуатирует единственную в мире действующую плавучую теплоэлектро-станцию «Академик Ломоносов» с двумя реакторными установками типа КЛТ-40 мощностью 35 МВт каждая, успешно зарекомендовавшими себя за многие годы безаварийной эксплуатации в российском ледокольном флоте. С учетом накопленного опыта разрабатываются новые реакторные установки малой мощности: РИТМ-200, РИТМ-400, «Шельф». Их эксплуатация в условиях отсутствия развитой электросети, например в Арктическом регионе, позволит бесперебойно снабжать потребителя электроэнергией и теплом.

— Техническая академия Росатома (ранее — Центральный институт повышения квалификации) уже более полувека занимается подготовкой персонала атомной отрасли. Как накопленный опыт помогает развивать новые компетенции в условиях технологического перехода?

— Переход к новой технологической платформе требует многоуровневой системы подготовки кадров с широким составом участников. Как интегратор технологического обучения в госкорпорации «Росатом», мы способствуем выстраиванию такой системы.

Так, базовый курс по технологиям двухкомпонентной ядерной энергетики разрабатывался при поддержке департамента научно-технических программ госкорпорации «Росатом». В разработке и экспертизе данного

Решение задачи по обеспечению квалифицированным персоналом объектов новой атомной энергетики обсудили участники сессии «Опережающая подготовка кадров для поколения IV: драйвер устойчивого развития» на площадке Научно-технологического университета «Сириус» в рамках XIII Международного форума «Атомэкспо-2024»



курса участвовали ведущие ученые и технологи проектного направления «Прорыв». В 2024 году уже проведено 18 курсов, на которых обучилось 286 слушателей.

Также в 2024 году мы приступили к разработке концепции подготовки персонала и разработке учебных материалов для атомных станций малой мощности на базе реакторной установки РИТМ-200Н. Краткая версия базового курса по этой технологии будет доступна для слушателей на русском и английском языках уже в 2025 году.

— Что включает в себя базовый курс и на какую аудиторию слушателей он рассчитан?

— Расскажу на примере базового курса по двухкомпонентной ядерной энергетике. Он сформирован с использованием модульного подхода, общий объем материалов — 270 часов. В состав курса вошли модули по реакторной установке БРЕСТ-ОД-300, технологии фабрикации смешанного нитридного уранплутониевого ядерного топлива и технологиям переработки ОЯТ. Данный курс разработан по принципу матрешки, то есть выполнен в различных вариантах (соответственно, с различной длительностью), и рассчитан

на конкретную целевую аудиторию. Так, самый продолжительный модуль курса, составляющий 160 академических часов, рассчитан на подготовку оперативного персонала АЭС с реактором БРЕСТ-ОД-300, который в настоящее время сооружается на площадке Сибирского химического комбината в городе Северске. Более короткие варианты этого курса могут быть использованы для дополнительного профессионального обучения и повышения квалификации персонала отрасли. Самый краткий вариант, от 24 до 40 академических часов, сфокусирован на предоставлении информации о базовых принципах инновационной двухкомпонентной ядерной энергетики и предназначен для широкой аудитории, от студентов вузов до зарубежных специалистов, вовлеченных в работы по развертыванию национальных ядерных инфраструктур.

— В 2024 году в рамках Международной конференции МАГАТЭ по малым модульным реакторам и их применениям состоялось подписание соглашения между Технической академией Росатома и МАГАТЭ о продлении сотрудничества между организациями. Какие возможности открывают эти договоренности в области ядерного образования?

— Система центров сотрудничества МАГАТЭ способствует выполнению государствами-членами задач для достижения целей в области устойчивого развития. При назначении таких центров и продлении сотрудничества с ними оценивается их способность, потенциал и готовность вносить вклад в конкретные проекты и мероприятия, предусмотренные программой МАГАТЭ.

## На фото

Семинар-практикум по решению инфраструктурных проблем и развертыванию малых модульных реакторов и микрореакторов, организованный Технической академией Росатома совместно с МАГАТЭ, собрал 20 участников из 16 стран мира

Являясь центром сотрудничества МАГАТЭ в области управления знаниями по таким направлениям, как ядерная энергетика, физическая ядерная безопасность, ядерные науки и их применение, Техническая академия Росатома с 2019 года организует школы, семинары и учебные курсы для специалистов стран, вставших на путь развития атомной энергетики. За четыре года в рамках соглашения было проведено более 80 международных мероприятий и обучено порядка 1500 человек из 61 страны Европы, Азии, Африки и Латинской Америки.

Новые договоренности углубляют наше сотрудничество с МАГАТЭ в области малых модульных реакторов. Мы видим огромный интерес у международной

&gt; 80

международных мероприятий было проведено Технической академией Росатома за четыре года в рамках соглашения с МАГАТЭ

~ 1500

человек из 61 страны Европы, Азии, Африки и Латинской Америки было обучено

аудитории к российским технологиям АСММ, особенностям их строительства, обеспечению поставок свежего топлива и технологиям обращения с отработавшим топливом. Страны, планирующие развитие атомной энергетики, стремятся перенять российский опыт, интересуются подходами к развитию необходимой инфраструктуры и вопросами подготовки кадров.

Еще одно новое направление сотрудничества Технической академии и МАГАТЭ — ядерная медицина и производство радиофармацевтических препаратов. В данной области Россией накоплен значительный опыт: на действующих исследовательских и промышленных реакторах нарабатываются изотопы медицинского назначения, внедряются инновационные подходы к лечению заболеваний.

— **Техническая академия заключила несколько соглашений с профильными российскими университетами, включая университеты на Дальнем Востоке. Как это сотрудничество будет способствовать решению глобальных образовательных задач?**

— Подготовка специалистов для таких высокотехнологических областей, как ядерная наука и техника, занимает много лет, поэтому важно создавать единую образовательную среду между организациями высшего и дополнительного образования. Техническая академия ведет давнюю работу с ключевыми российскими университетами в области ядерных технологий: нами регулярно проводятся различные образовательные мероприятия в партнерстве с Томским политехническим университетом, Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого, Нижегородским государственным техническим университетом им. Р. Е. Алексея и другими вузами. Мы активно привлекаем преподавателей университетов для проведения международных курсов и помогаем вузам совершенствовать образовательные программы в части требований со стороны практики, трансфера новых знаний. Один из механизмов такого сотрудничества — краткосрочные курсы в формате Train-the-Trainers, которые

Расширение программных областей сотрудничества с МАГАТЭ — это признание высочайших компетенций России в области разработки, проектирования и строительства малых реакторов и развития ядерной медицины



предназначены для переподготовки преподавателей вузов. Такие курсы обеспечивают трансфер новых знаний из отрасли в программы высшего образования как российских вузов, так и вузов стран-партнеров.

С Морским государственным университетом имени адмирала Г. И. Невельского — ведущим морским вузом России — мы сотрудничаем с 2022 года. Крайне востребованные сейчас атомные станции малой мощности как в наземном, так и в плавучем исполнении основаны на реакторных технологиях, которые разрабатывались в России и успешно применяются в судовых установках, управлению которыми как раз обучают во Владивостоке. В этой связи нам интересен опыт МГУ им. Г. И. Невельского в организации тренингового обучения экипажей и потенциал дальнейшей кооперации с учетом больших перспектив АСММ именно в Азиатском регионе.

— **Расскажите, пожалуйста, про будущие планы участия Технической академии Росатома в реализации ключевых проектов российской новой атомной энергетики.**

— Техническая академия Росатома и в дальнейшем планирует оказывать образовательную поддержку

и готовить персонал для всех стран, заинтересованных в развитии атомной энергетики и сооружении атомных станций на основе российских технологий.

По направлению двухкомпонентной ядерной энергетики на базе реакторов на быстрых нейтронах в ближайший год мы завершим разработку комплекта учебных материалов и программ подготовки на должность, а также примем участие в подготовке оперативного персонала опытно-демонстрационного энергетического комплекса, сооружаемого на базе СХК. В области атомных станций малой мощности совместно с АО «РАОС» (отраслевым интегратором по атомным станциям малой мощности), концерном «Росэнергоатом», АО «Атомстройэкспорт» и другими заинтересованными участниками проводится концептуальная разработка модели подготовки эксплуатационного персонала с учетом специфики АСММ и потребностей российских и зарубежных проектов.

Следующий этап — перейти к подготовке и обучению представителей общественности и непосредственно к опережающей подготовке персонала станций. Для решения этих задач на базе Технической академии Росатома создается центр подготовки персонала АСММ как для российских, так и для зарубежных проектов.



**Текст:** Виктор Иванов, главный радиоэколог ПН «Прорыв», член-корреспондент РАН  
**Инфографика:** ПН «Прорыв»

# Без риска для будущих поколений

Радиоэкологические аспекты эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах и замыкания ядерного топливного цикла

**«Прорыв» — один из главных инновационных проектов в мировой атомной энергетике. Он предусматривает создание новой технологической платформы атомной отрасли на базе замкнутого ЯТЦ с использованием реакторов на быстрых нейтронах. Ученые ПН «Прорыв» оценивают возможный ущерб от радиологических факторов канцерогенного риска с учетом современных международных рекомендаций.**

Приоритетной задачей, сформулированной в Основах государственной политики РФ в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, является снижение риска отдаленных последствий техногенного радиационного облучения для здоровья человека. При достигнутом в настоящее время уровне радиационной безопасности в России радиационные риски канцерогенных эффектов для здоровья населения и персонала становятся меньше, чем риски от существующих нерадиационных факторов риска, связанных с техногенными загрязнениями окружающей среды.

В настоящее время для радиационных факторов воздействия базовыми метриками риска являются радиологический ущерб (РАУ) и радиационно обусловленное уменьшение продолжительности жизни, используемые Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ). Для оценки ущерба здоровью человека от воздействия различных нерадиационных факторов риска ВОЗ рекомендует использовать показатель бремени болезней DALY, выражающий избыточные потери лет активной жизни человека, обусловленные действующими факторами. При совместной оценке или сравнении ущерба здоровью от радиационных и нерадиационных факторов канцерогенного риска для этих двух факторов должны рассчитываться обе метрики ущерба — РАУ и DALY. Такие методы расчета разработаны в ПН «Прорыв» с учетом современных международных рекомендаций.

В качестве практического примера расчетов показано, что канцерогенные радиационные риски женского персонала г. Северска от годовых выбросов РУ БРЕСТ-ОД-300 не превышают величину пренебрежимо малого радиационного риска  $10^{-6}$  в год по действующим в стране Нормам радиационной безопасности, а канцерогенные риски населения от существующих нерадиационных загрязнений окружающей среды оказались в 8 раз больше (до  $8 \times 10^{-6}$  в год). К основным нерадиационным факторам канцерогенного риска в атмосферном воздухе г. Северска следует отнести взвешенные вещества, свинец и формальдегид.

В последние три года МКРЗ поднимает вопрос о необходимости конвергенции метрик РАУ и DALY для решения задач радиационной защиты человека. Исследование показывает, что существующие методы расчета РАУ и DALY устойчивы по отношению к исходным эпидемиологическим данным и хорошо переносятся с референтных международных популяций, используемых МКРЗ и ВОЗ, на российские когорты и популяции.

Полученные данные (см. рис. 1 «Радиологические и нерадиологические канцерогенные пожизненные

риски в метрике ущерба женского персонала РУ БРЕСТ-ОД-300») имеют безусловно принципиальное значение для обеспечения минимальной онкотоксичности факторов потенциального риска радиационной и особенно нерадиационной природы.

В 2024 году в ПН «Прорыв» был рассмотрен вопрос окончательного решения проблемы облученного ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) при ЗЯТЦ на базе РБН.

В 1954 году после атомных бомбардировок 1945 года городов Хиросима и Нагасаки в Японии был создан регистр хибакусей (лиц, переживших атомную бомбардировку этих городов) численностью 92 тыс. человек. Регистр хибакусей функционирует до настоящего времени (около 15% членов регистра живы), затраты на проведение эпидемиологических исследований по выявлению зависимости «доза — эффект» превысили 10 млрд долларов.

Используя основные выводы японского регистра, НКДАР (Научный комитет по действию атомной радиации) ООН в 1975 году ввел понятие эффективной дозы (Зв) как меры риска возникновения отдаленных канцерогенных последствий облучения. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты. К 1975 году японский регистр хибакусей функционировал только 20 лет, поэтому оценки взвешивающих коэффициентов выполнены с высокой степенью неопределенности (например, мочевого пузыря, молочная железа, печень, пищевод, щитовидная железа имеют одинаковый взвешивающий коэффициент — 0,05).

В 2007 году, когда время функционирования японского регистра хибакусей уже превысило 50 лет, были получены и опубликованы в международных журналах новые эпидемиологические данные по зависимости «доза — эффект», МКРЗ выпускает рекомендации (Публикация 103), которые существенно заменяют предыдущие выводы этой организации.

В основополагающих принципах безопасности МАГАТЭ вводится Принцип 7: «Защита нынешнего и будущих поколений». А в Объединенной конвенции о безопасности обращения с радиоактивными отходами, ратифицированной Федеральным законом РФ от 4 ноября 2005 г. № 139-ФЗ, указано, что следует «стремиться избегать действий, имеющих обоснованно предсказуемые последствия для будущих поколений, более серьезные, чем те, которые допускаются в отношении нынешнего поколения». Этот документ имеет особое значение, так как существует неблагоприятный прогноз по накоплению облученного ядерного топлива в мире (к 2040 г. ожидается накопление более 550 тыс. тонн ОЯТ). Поэтому задачей первоочередной важности становится достижение радиационной и радиологической эквивалентности радиоактивных отходов и природного уранового сырья. При этом радиационной эквивалентностью называется выравнивание ожидаемых эффективных доз облучения от РАО и природного

уранового сырья за счет замыкания топливного цикла с сжиганием и трансмутацией минорных актинидов, а радиологической эквивалентностью — выравнивание пожизненных радиационно обусловленных рисков потенциальной индукции онкологических заболеваний от РАО и природного уранового сырья с учетом динамики эквивалентных (органных) доз облучения.

Нами ранее было показано, что трансмутация минорных актинидов при ЗЯТЦ на базе РБН снижает онкотоксичность по америцию в 213 раз, по нептунию — в 101 раз и по кюрию — в 47 раз.

Было также установлено, что при полном замещении тепловых реакторов (ТР) быстрыми реакторами (БР) в 2100 году уже к 2200 году при времени выдержки в 100 лет достигается радиологическая эквивалентность (т. е. выравнивание канцерогенных рисков) РАО и природного уранового сырья.

Впервые рассмотрена ситуация, когда полное замещение тепловых реакторов быстрыми осуществляется несколько позже, в 2130 году. Возникает естественный вопрос: как изменится время выдержки РАО для достижения эффекта радиологической эквивалентности? Проведенные в ПН «Прорыв» расчеты с использованием новых рекомендаций МАГАТЭ по зависимости «доза — эффект» показали, что время выдержки сокращается до 78 лет. Что это означает? Если в первом случае, когда полное замещение тепловых реакторов быстрыми реализуется в 2100 году, время возможного захоронения РАО наступает в 2200-м, то при сценарии, когда полное замещение тепловых реакторов быстрыми реакторами достигается в 2130 году, время возможного захоронения РАО определяется в 2208 году, то есть практически не меняется (см. рис. 2 «Оценка времени достижения радиологической (технология LAR) эквивалентности РАО и природного уранового сырья по сценарию развития ядерной энергетики с полным замещением тепловых реакторов быстрыми реакторами в 2130 г.»).

Эти новые данные имеют важное значение для выполнения требований МАГАТЭ по радиационной защите будущих поколений.

Рис. 1

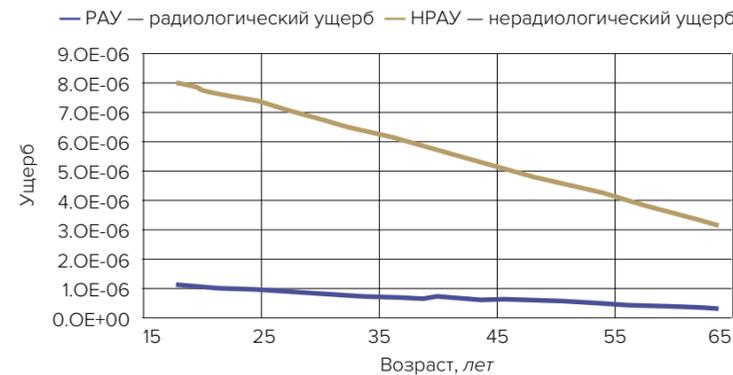
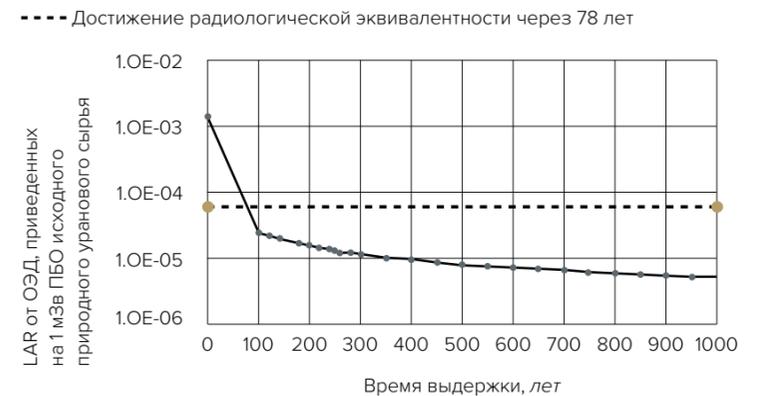


Рис. 2



Текст: Ирина Дорохова  
 Фото: фестиваль «Композиты без границ», Unsplash

# Созвездие композитов

Практическое применение новых материалов: сегодня и завтра

Композитные материалы находят всё новые сферы применения. Это не только ставшие традиционными строительство, транспорт, энергетика и спорт, но и биотехнологии и даже музыкальные инструменты.

О них шла речь на фестивале «Композиты без границ». Там мы расспросили представителей различных областей деятельности, как они используют композиты и как они видят их будущее применение.



## Александр Тюнин

Генеральный директор Композитного дивизиона «Росатома»

— Мы подписали соглашение о сотрудничестве с инженером-конструктором и гонщиком Сергеем Кабаргиным. В рамках соглашения мы как минимум поможем Сергею материалами, потому что у него есть планы по ряду инновационных проектов, а как максимум поработаем вместе над аэродинамикой. Мы же, когда стали спонсорами спортивной команды

по мотогонкам Kawasaki Puccetti Racing, не просто сделали карбоновый обвес. Мы с командой сборной России по инжинирингу улучшили аэродинамику, и гонщик повысил скорость на 4 км/ч и после этого на первом же этапе чемпионата мира во Франции впервые в 20-летней истории команды занял первое место. Кстати, и в его карьере тоже впервые.

## Александр Счастливец

Генеральный директор ООО «Конструкторское бюро молодежи «Национальный родстер»

— МГТУ им. Н. Э. Баумана — давний участник чемпионата «Формула Студент», ежегодных соревнований на созданных студенческими командами спорткарах. Наши студенты — пятикратные чемпионы России; в Европе, пока можно было там участвовать, входили в десятку лидеров. Композитный дивизион «Росатома» помогает нам, обеспечивает материалами, подсказывает, какой материал лучше выбрать, — спасибо большое коллегам.

Vauman Racing Team в МГТУ появилась в 2012 году. Сейчас команда создает первый в России беспилотный гоночный болид. Цель — оказаться в числе первых в мире студенческих команд, создавших беспилотный гоночный болид с электрической силовой установкой.

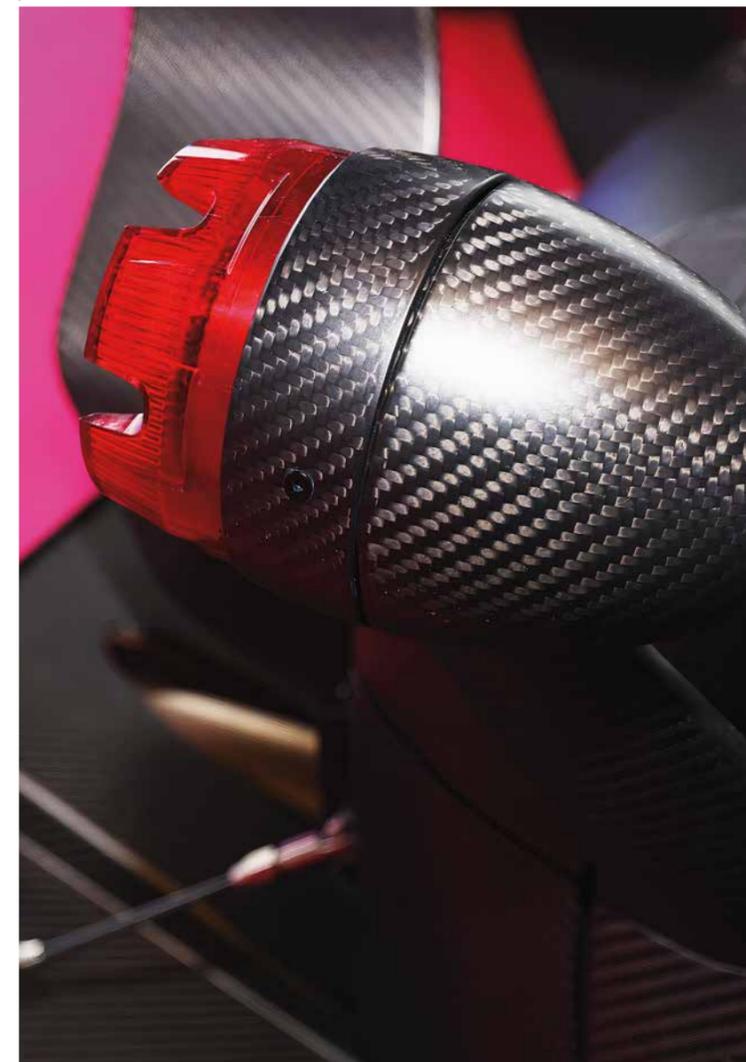
Для проекта молодежного родстера «Крым» мы выпустили три прототипа легкового автомобиля, третий — в середине 2024 года. Он подготовлен под серийное исполнение, в нем максимально учтены рекомендации от тестировщиков-пилотов. Следующий этап — сертификация в Центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте «НАМИ» и тесты на безопасность. Затем — выстраивание цепочки поставок компонентов. В Подмосковье, в Орехово-Зуево, компания «КБМ «Национальный родстер», созданная выпускниками МГТУ, строит небольшой завод мощностью примерно 100 штук в год, где планируем эти автомобили производить. Инвестиции в проект собственные, от инжиниринговых услуг — мы решаем инженерные задачи для судо- и авиастроения. И если сертификация автомобиля для дорог общего пользования — это длинный путь, то машина для гонок (на новом предприятии) — это перспектива ближайших двух лет.

## Евгений Жуков

Начальник по производству кастом-ателье Vox39

— На базе Harley Davidson V-Rod мы сделали первый кастом — и клиентам очень понравилось, мы сделали порядка 40 штук, спрос был огромный. Но Harley Davidson прекратил, к сожалению, поставки своих мотоциклов, поэтому мы стали делать мотоциклы сами, сохранив геометрию оригинала: наклон вилки, низкий вытянутый силуэт. Скелет у нас стальной, а крыло переднего и заднего колеса, бак, фара, накладка на бак — из кованого карбона. Мастер вручную выкладывает в форму лепестки карбона, потом все это проливается смолой, спекается, полируется. Это сложная работа: на рамку радиатора, например, у мастера уходит неделя.

Родстер — двухместный автомобиль с мягкой или жесткой съемной крышей.



Кастом, кастомное транспортное средство — это уникальное изделие, изготовленное в единственном или малом количестве экземпляров. Обычно это иначе оформленные или полностью переделанные серийные модели мотоциклов или автомобилей.



## Алексей Барakov

Артист «Карбон-оркестра» ДШИ им. И. О. Дунаевского, Санкт-Петербург

— Инновации везде, и изготовление народных инструментов — не исключение. На одной из выставок мы познакомились с представителем ульяновской мастерской «Сажень». Он презентовал нам свои технологии и обосновал, что их стоит пробовать, изучать и использовать. Этим мы и занимаемся, играем на карбоновых инструментах уже порядка полтора лет. Наши инструменты — вторая версия, потому что вместе с разработчиками немного доработали механику. Это пилотный проект, больше никто, кроме нас, в России на карбоновых инструментах не играет.

Мы очень довольны. Важно, что инструменты не подвержены температурным воздействиям: если инструмент с деревянным корпусом при минусовых температурах может серьезно пострадать, то карбоновый — нет. Плюс встроенные звукопередатчики при определенных условиях, например на уличных

площадках, решают много проблем, с которыми на классических инструментах справиться сложнее. Наши инструменты акустические, неэлектронные, поэтому звук практически такой же, как у деревянных инструментов, аутентичный. Но, возможно, в будущем мы начнем эксперименты и со звучанием.

Также мы пробуем использовать карбоновые инструменты в детской школе искусств для обучения и в оркестровых компиляциях с духовыми, джазовыми инструментами. Пока результат хороший.

Думаю, в среднесрочной перспективе карбоновые инструменты будут доступнее деревянных. Дело в технологии: для карбоновых инструментов используются пресс-формы, и это примерно в половину сокращает трудозатраты по сравнению с работой мастера, который клеит, шлифует, выравнивает деку.

## Юрий Свистунов

Заместитель генерального директора — технический директор Композитного дивизиона «Росатома»

— Без композитов сейчас невозможно развитие энергетики. В атомной отрасли они используются для создания газовых центрифуг, улучшение свойств композитных материалов для них — это острое направление. В ветроэнергетике тенденция — увеличение длины лопастей ветрогенераторов, так как вместе с длиной увеличивается единичная мощность ветроустановки. И чем длиннее лопасть, тем больше вызовов: как правильно подобрать композитные материалы и, самое главное, технологии их производства. Если говорим про солнечную энергию, то композитные конструкции используются для плавучих платформ, на которых размещаются солнечные энергоустановки. Поэтому я уверен, что энергетика — это драйвер роста в материаловедении и применении композитов.

Также композиты — сырье для аддитивных технологий. В частности, пластики, наполненные дискретным углеродным волокном, позволяют достигать высоких механических характеристик изделия и печатать крупногабаритные конструкции, потому что из однородных пластиков сложно создать изделие большого размера, которое было бы механически прочным. Сейчас печатают оснастки для производства длинномерных конструкций самолетов. Это единственный способ создания таких конструкций с нужными геометрическими характеристиками. Оснастка печатается из углеродного волокна, и изделие тоже изготавливается с использованием углеродного волокна.

Передний край материаловедения — сделать так, чтобы материал был не статичным, а реагировал на воздействие. Например, некоторые углепластики могут устранить дефекты структуры самим этим материалом. Это возможно, когда в связующие добавляют компоненты, которые начинают работать, если встречаются с трещиной или при определенной температуре.

Тогда модификатор связующего меняет структуру. Это делает композиты «живыми». Свойство востребовано в авиации, где повреждения материалов могут быть внешне незаметны.

Одна из ключевых тенденций в области композитных материалов — упрощение формования. Оно должно стать настолько простым, чтобы в повседневной жизни можно было легко изготовить бытовое изделие.

Вторая тенденция — повышение экологичности матриц. Производители переходят от эпоксидных смол к термопластам. Один из экологичных термопластов — сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Он химически инертен, у него простая структура, при производстве композитов с ним нет такого воздействия на окружающую среду, как при производстве углеродного волокна. Постепенно производство композитов на таких материалах, как сверхвысокомолекулярный полиэтилен, уверен, будет вытеснять углеродное волокно. Еще один пример — металлоцементные катализаторы, они сейчас просто чудеса творят. Это они открыли целый раздел химии — элементно-органические соединения — и путь к получению полиэтилена высокой плотности и сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Третья тенденция — сокращение вспомогательных материалов. Сейчас, например, при производстве препрегов, кроме основного материала, используются разные типы бумаги, пленки. От этого отходят. Проявление этой тенденции — безавтоклавное формование. Это то, что делает производство композитов более устойчивым.

И, конечно, химия: новые катализаторы для новых типов матриц, связующих — на острие поиска.



## Федор Сенатов

Кандидат физико-математических наук, директор Института биомедицинской инженерии НИТУ «МИСИС», лауреат премии Правительства Москвы молодым ученым, популяризатор науки

— Мы видим два-три глобальных трека. Один — это самозалечивающиеся материалы различных медицинских имплантатов. Пока они на этапе разработок в лабораториях, но направление развивается. В материале можно делать каналы либо микросферы с залечивающими клеями. Условно, если лопается канал или сфера, выбрасывается залечивающий компонент, и он твердеет. Это суперважное направление композиционных материалов для медицины.

Второе направление связано с проблемой отсутствия иннервации искусственных органов. Если у человека в кости или мягких тканях органов повреждение, он это почувствует, потому что ему будет больно. Искусственные кости или сердца не иннервированы. Значит, нервы надо как-то создавать искусственно. Да, можно это делать биологическими

путями — стимуляцией роста нервной ткани. Можно добавлять в композиционные материалы разные молекулы — стимуляторы роста, которые будут привлекать клетки нервной ткани и строить нервы. Второй путь — делать искусственные нервы из тонких металлических микропроводов со стеклянными оболочками. Они достаточно гибкие, как волокна, их можно вставлять в композиционные материалы, и если идет рост трещин, у этих проводов резко изменяются магнитные свойства. Их можно детектировать внешними датчиками, причем удаленно — просто по человеку таким датчиком провести. Это направление развивалось в нефтегазовой отрасли, но почему бы не использовать это и в медицине?

А третье направление — это материалы с памятью формы.

## Анна Щербина

Доцент кафедры технологии переработки пластмасс РХТУ им. Д. И. Менделеева, старший научный сотрудник ИФХЭ РАН

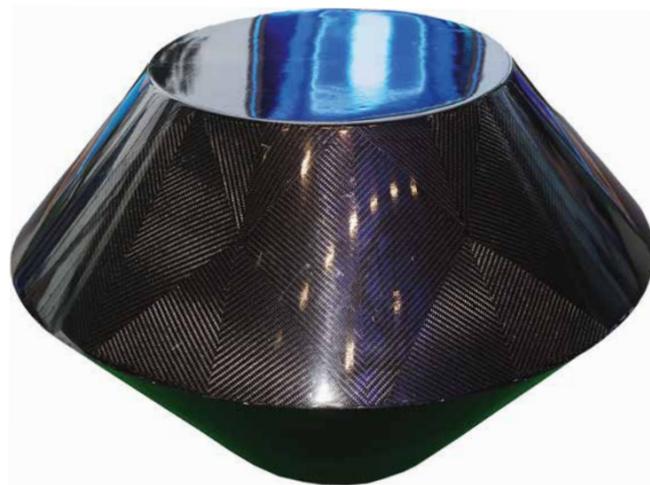
— Мне очень нравится идея витримеров — адаптивных материалов. Их динамические ковалентные связи при определенных условиях перестраиваются. Витримеры в себе сочетают свойства термопластов и реактопластов: они сшитые, но при этом перерабатываемые. Такое сочетание дает целый пучок векторов развития, которые в ближайшие 10–15 лет — а это очень небольшой промежуток времени — могут дать и самозалечивающиеся материалы, и перерабатываемые полимерные композиты. Сейчас актуален

вопрос повторного использования материалов, особенно дорогих углеродных волокон. Максимальная переработка — то, к чему стремятся все материаловеды, создавая новые материалы.

Еще одно направление — применение полифосфазенов, обладающих уникальными свойствами. Их использование позволяет делать негорючие матрицы — такая задача точно есть.

Из технологий развивается 3D-печать. Как колонизировать другую планету, если нет строительных материалов? Использование матриц из непрерывного волокна или системы волокон нуждается в доработке. Есть много групп, которые работают над принтерами и материалами, к ним можно присоединиться. Также надо развивать роботизацию и бездефектную выкладку. Здесь нужны айтишники, цифровые материаловеды.

Наконец, нанотрубки — направление новое, исследовательское. Нанотрубки — это идеальная структура, уникальная по своим свойствам. У них прочность на разрыв — 60 ГПа, а внутри есть структуры с прочностью до 100 ГПа. Волокно пока такие показатели обеспечить не может, это вектор в будущее. Надо научиться управлять структурой, если мы добавляем их в композиты, и правильно ориентировать, потому что в поперечном сечении нанотрубки вовсе не такие прочные. Видимо, надо в каких-то особенных полях выкладывать ансамбли этих трубок.



## Роман Войт

Руководитель проекта электромобильности в Композитном дивизионе «Росатома»

— Городской электрический кроссовер мы создавали параллельно с фургоном «последней мили», чтобы продемонстрировать универсальность нашей платформы и показать, что на ней можно производить такие автомобили. Кроссовер — репрезентация максимальных возможностей платформы по размеру, качеству и прочему. Сейчас мы больше внимание уделяем фургону и одновременно прорабатываем решения в эргономике, безопасности, компоновке и прочем, что позволит нам, когда будет принято такое решение, создать автомобили в сегменте B2C. Это необязательно должен быть кроссовер, будем ориентироваться на то, что рынок требует, — седан, хэтчбэк.

За последние полгода мы неплохо продвинулись в области испытаний на пассивную безопасность — провели серию виртуальных испытаний, используя параметры платформы для кроссовера: она больше по размерам, тяжелее. Даже при нынешнем уровне проработки получили замечательные результаты: конструкция укладывается во все параметры, не получает критических разрушений, гасит энергию удара, скорость замедления в пределах нормы.

Мы движемся от прототипа к полноценному изделию: проводим нагружение, проверяем технологичность, учитываем изготавливаемость материалов, цену, глубоко прорабатываем технические аспекты. Мы концепцию платформы не поменяли, но, образно говоря, увеличили «разрешение картинки»: каждый элемент конструкции изучен и усовершенствован. Проверены оригинальные технические гипотезы: выполнены расчеты, анализ, испытания виртуальные и реальные. Теперь мы еще увереннее стоим на ногах и верим в нашу разработку.

У платформы большой задел по увеличению доли композитов. Мы можем перевести в композиты элементы подвески, направляющего аппарата. В мире подобные разработки ведутся, но серийно не

## Федор Новиков

Заместитель директора департамента по связям с общественностью Композитного дивизиона «Росатома», создатель проекта «Росатом. Композиты внутри»

— Последние несколько лет у нас в стране идет заметный рост композитных проектов в различных направлениях. Это тюнинг серийных автомобилей и мотоциклов и разработка с нуля спортивных моделей. Из композитов делают гидроfoil для кайтинга, горнолыжное оборудование, велосипеды, снаряжение для скалолазания, каяки и даже уникальные музыкальные инструменты, аналогов которым нет во всем мире. И это не тестовые образцы и гаражное производство,



применяются. Конечно, надо будет все посчитать: на одной чаше весов композитные преимущества, прочность и легкость, на другой — цена. Надо сделать так, чтобы экономия благодаря более низкому весу была выше затрат на изготовление композитов. Это непростая задача.

В планах на 2025 год у нас создание полноценного действующего образца, сейчас мы к этому активно готовимся. Затем — практическая реализация с максимальным использованием отечественных, в том числе отраслевых решений.

а мелкосерийные и серийные изделия высочайшего уровня, которые зарекомендовали себя не только в России, но и по миру, получили различные международные премии. И, конечно, очень приятно, что внутри многих изделий уже используются композитные материалы «Росатома». Идея проекта «Росатом. Композиты внутри» — рассказать про такие проекты всем и поддерживать их материалами и технологиями, потому что творцами и их творениями можно и нужно гордиться.

Текст: Дмитрий Анохин

Фото: Unsplash, ПАО «РусГидро», Ветроэнергетический дивизион «Росатом», газета «Страна Росатом» / Евгений Погонин



## Солнце, ветер и вода

*Почему генерация электроэнергии в России низкоуглеродна и каковы дальнейшие перспективы развития сектора ВИЭ*

**Зеленая энергетика, как принято называть производство энергии с низким выбросом парниковых газов в атмосферу, казалась бы, уходит из передовой повестки. Все реже она упоминается в политической риторике, выделяемые на нее гранты выглядят уже не столь «жирно» и привлекательно, как прежде, а макроэкономическая ситуация не очень способствует фокусировке бизнеса на средне-, не говоря уж о долгосрочных технологических перспективах, направленных на извлечение и поставку энергии с минимальным ущербом для окружающей среды.**

И все же низкоуглеродная энергетика никуда не делась. Продолжают поступательно, хотя и не без торможения, развиваться в нашей стране и ее важнейшие части, связанные с функционированием солнечных и ветровых (последние часто называют ветропарками) электростанций. В совокупности их принято именовать возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ).

### Молодо-зелено

Несмотря на по-прежнему господствующие в массовом сознании стереотипы о «несерьезности» возобновляемых источников в масштабах больших стран и в особенности об их слабых перспективах

в высокоширотных регионах с суровым климатом, тренд российского развития ВИЭ повторяет мировой, пусть и с сильной задержкой. А по темпам роста за последнюю дюжину лет (именно в 2013 году в России заработала первая промышленная солнечная электростанция — Каспийская в Дагестане) и вовсе превосходит! За этот промежуток времени солнечные электростанции и ветропарки, в строительство которых вложено около 600 млрд рублей, добавили в единую энергосистему России 4,3 ГВт установленной мощности, обеспечив впечатляющий 12-кратный рост. На конец 2024 года совокупная установленная мощность ВИЭ-генерации в России достигла 6,52 ГВт.

На общемировом фоне, увы, такие успехи теряют блеск и лоск. Глобальное значение суммарной установленной мощности солнечных электростанций и ветропарков в позапрошлом году составило 2435 ГВт, а в прошлом выросло еще на 666 ГВт. Прирост за 10 лет в целом по миру составляет отнюдь не порядок, а «все-го» 4,6 раза. Никто не спорит: это очень много. Так, 10 лет назад за один только год глобальный прирост установленной мощности по ветропаркам составил вдесятеро больше, чем в прошлом году в России в идеале могли вырабатывать все солнечные электростанции и ветропарки, вместе взятые (необходимо сделать существенную оговорку: вода на условной ГЭС вращает роторы турбин всегда, когда ее направил в нужное место оператор, а вот ветер дует и солнце светит в конкретной точке земной поверхности с большими перерывами, и коэффициент использования установленной мощности на ВИЭ-объектах всегда менее стабилен и прогнозируем гораздо слабее по сравнению с традиционной энергетикой). В результате сейчас у нас меньше процента от мирового объема ВИЭ.

И все же ситуация, при которой ветряки или большие поля солнечных панелей воспринимались как антураж исключительно зарубежного пейзажа, меняется с развитием сектора ВИЭ в российской энергетике. Печальнее, что за последние пять лет темпы развития этого сектора энергетической отрасли страны существенно замедлились. Если в мире, по словам директора Ассоциации развития возобновляемой энергетики Алексея Жихарева, объемы ввода новых электростанций на возобновляемых источниках устойчиво превышают прошлогодние минимум на 30% и таким образом к 2030 году должны выйти на уровень тысячи гига-ватт, то в России впечатляющее значение двухлетнего прироста за 2020 и 2021 годы (2,5 ГВт установленной мощности в ветропарках и на солнечных электростанциях в совокупности) остается голубой (вернее, зеленой) мечтой. Кривая общей установленной мощности по-прежнему ползет вверх, но с подозрительно опасным стремлением выйти на плато. В прошлом году, правда, удалось ввести в эксплуатацию 446 МВт ВИЭ-генерации против позапрошлогодних 327 МВт, но в масштабах страны это все равно очень немного.

### Противоречивые тенденции

Причины такой негативной динамики очевидны. Если задуть отечественную экономику в разрезе начала

2020-х годов санкционному давлению и девальвации рубля оказалось не по силам, то по ее развитию они наносят существенные и чувствительные удары. «Сегмент ветрогенерации видит себя не на год, не на два, а на более отдаленную перспективу. Мы сдержали рост себестоимости электроэнергии в 2022–2023 годах на уровне 30%. А теперь входим в инвестиционные проекты, в том числе с процентной ставкой по кредитам под 30% ежегодно, с очень напряженными экономическими условиями», — разводит руками генеральный директор «Росатом Возобновляемая энергия» Григорий Назаров. При этом регулятор в лице Минэнерго рисует вполне красивые планы среднесрочной перспективы. По утвержденной в январе председателем российского правительства Михаилом Мишустиним Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики, в 2042 году в энергосистему страны объекты ВИЭ-генерации передадут от 22 до 24 ГВт (вводы ветропарков прогнозируются в объеме не менее 9 ГВт, а солнечных электростанций — не менее 7 ГВт). Должна серьезно вырасти и доля присутствия возобновляемых источников в национальной генерации: по установленной мощности в 2,5 раза (с нынешних 2%), а по фактической выработке более чем вчетверо (с нынешних 0,8%). Причем это без учета гидро- и гидроаккумулирующих электростанций, которым предписано дополнительно добавить не менее 4 и 2,7 ГВт соответственно.

При чем тут гидроэнергетика? Дело в том, что, по логике Международного агентства по возобновляемым источникам энергии, этот сегмент вместе с СЭС и ВЭС составляет единый сектор. И если считать возобновляемые источники по этим стандартам, то их доля в российской энергетике по установленной мощности поднимается до 23%, а по выработке — до 19% (вполне приличная цифра по сравнению с глобальными 30%). Причем, напоминает председатель наблюдательного совета Ассоциации «Совет производителей энергии» Александра Панина, текущая структура генерации обусловлена в первую очередь наличием

### На фото

Чиркейская ГЭС в Дагестане — самая мощная гидроэлектростанция на Северном Кавказе — имеет самую высокую в стране арочную плотину



собственных ресурсов. И пока в России стабильно работают атомные электростанции, а ключевым энергоносителем остается газ, национальная энергосистема просто «обречена» на значительную долю низкоуглеродных (то есть не связанных с нефтесодержащими производными) источников генерации. Сейчас они в общенациональной генерации весят 84%, что более чем на треть превышает среднемировой уровень (кстати, в целом на планете ключевым энергоносителем по-прежнему считается уголь).

Так вот, на фоне резкого удорожания капиталоемких инвестиционных портфелей и серьезного риска потери их рентабельности усматривается альтернативный процесс, который может развернуть ситуацию в пользу СЭС- и ВЭС-строительства. Дело в том, что ветропарк и солнечная электростанция возводятся гораздо быстрее по сравнению с гидроаккумулирующими и гидростанциями. Поэтому капитальные вложения на единицу поставляемой в сеть мощности оказываются несопоставимы — в пользу ВИЭ-объектов. А с учетом инфляционного разгона, когда ГЭС (даже малая) из-за недофинансирования рискует превратиться в дорогой, но бесполезный недострой, инвесторы ринулись в ВЭС- и СЭС-сегменты. Вплоть до прошлого года государство стимулировало создание новых электростанций в рамках договоров о предоставлении мощностей (ДПМ) в следующей бизнес-конфигурации: сколько бы ВЭС, СЭС и малая ГЭС ни поставили энергии в систему, сетевики или оптовые поставщики ее обязательно купят и оплатят по специально установленным тарифам в первую очередь. Но даже на этом сглаженном ландшафте коммерческих рисков прогресс уже заметен. В состоявшемся в декабре конкурсном отборе проектов строительства ВИЭ-генерации в рамках ДПМ в сегменте малых ГЭС не рассматривалось ни одной заявки. По СЭС квота оказалась превышена втрое. А по ВЭС — вдесятеро, что позволило снизить ценовые заявки и отобрать проектов существенно больше изначально запланированного значения совокупной мощности.

К этому стоит добавить, что по удельным капложениям даже объекты тепловой генерации сейчас обходятся вдвое дороже по сравнению с СЭС и ВЭС. Но главная хорошая новость: в обозримой перспективе перепроизводство энергии России не грозит. Если в прошлом десятилетии среднегодовой темп роста энергопотребления по ЕЭС России не достигал даже до одного процента, а в два остропандемийных года и вовсе наблюдался откат в минус, то в 2022 году начался резкий рост, достигший в прошлом году рекордных для всей постсоветской эпохи 3%! Это, конечно, меньше, чем в Китае, Индии, Бразилии, Турции и даже в Белоруссии, Казахстане и Узбекистане. Но превосходит аналогичный американский показатель и оставляет далеко позади евросоюзовский. Впрочем, тут важнее даже не сам рекорд (хотя он, безусловно, приятен), а то, что это значение проходит по верхней планке базового сценария в общемировом прогнозе среднегодового потребления. Минэнерго РФ же закладывает в прогноз куда более консервативные цифры: до 2030 года по 2,1% ежегодно, а затем вплоть до 2042 года — по 1,3%. Как бы не оказались они заниженными... что, впрочем, неминуемо еще сильнее подстегнет инвестиционный интерес к созданию новых мощностей по всем видам генерации, которые перессориться между собой вроде бы не должны.

### Конец детства

В общем, все по экономической классике: для одних кризис — время упадка, для других — окно возможностей. Эти самые «другие» медлить в прошлом году не стали. В Черняховске (Калининградская область) на заводе «Энкор» запущено крупнейшее в Восточной Европе производство фотоэлектрических ячеек по гетероструктурной технологии и кремниевых пластин p-типа ежегодной производительностью 1 и 1,3 ГВт соответственно. «Росатом Возобновляемая энергия» начал строить крупнейшую в России Новолакскую ВЭС общей установленной мощностью 300 МВт (для атомной отрасли это десятый ветропарк), первая очередь которой даст ток в сеть уже ближайшим летом. С правительством Кыргызстана подписано инвестиционное соглашение о первом для «Росатома» зарубежном ветроэнергетическом проекте — 100-мегаваттной ВЭС в Кок-Мойнок (Иссык-Кульская область). А в конце декабря 2024 года в Ульяновске заработал первый в России завод композитных ветролопастей проектной мощностью 450 лопастей ежегодно. Поскольку таких 8,5-тонных «крыльев» длиной 51 м на каждой ветроустановке три, это обеспечит важнейшими элементами полторы сотни новых современных ветряков в год. Ульяновские лопасти уже в нынешнем году пойдут на Новолакскую ВЭС, а затем и на другие новостройки Ветроэнергетического дивизиона «Росатома».

С запуском этого предприятия завершилось формирование отраслевой технологической цепочки по стеклопластику. Это позволяет «Росатому» самостоятельно производить лопасти с 25-летним сроком службы, в которых российские материалы сочетаются в соотношении 90% стекло- и 10% углекомпазитов.

«Росатом» в декабре 2024 года запустил в Ульяновске первый завод по производству композитных ветролопастей



Теперь в технологии, которая изначально ввозилась из Нидерландов как полностью заимствованная, доля локализации составляет уже 85%. В будущем году собственный завод ветровых турбин в Самарской области собирается запустить еще и группа компаний «Форвард Энерго» — российский лидер по выработке электроэнергии на ВЭС.

Понемногу снижается амплитуда господдержки ВИЭ-строительства по системе ДПМ. В новом году, правда, стартовал второй этап этой программы, рассчитанный еще на 10 лет. Но в нем предусмотрен гораздо более строгий отбор инвестиционных проектов по эффективности установок и уровню локализации производства для их оборудования. Ограничен сверху и общий объем поддержки — суммой 360 млрд рублей в ценах 2021 года. Поэтому в ВИЭ-генерацию потихоньку приходят инвестиционные договоры — новый рыночный инструмент, в рамках которого будущий потребитель электроэнергии берет на себя определенную инвестиционную нагрузку в обмен на возможность впоследствии влиять на конечную цену произведенного продукта.

«Период «песочницы» отрасль ВИЭ уже прошла и сформировалась как самостоятельная, без сверхстимулов. Сейчас необходима отрасль ВИЭ 2.0,

конкурирующая с традиционной генерацией. Она может рассматриваться как конкурирующий элемент в энергетической системе России, при этом для покрытия дефицита электроэнергии на Дальнем Востоке у ВИЭ есть преимущество», — считает заместитель министра энергетики РФ Евгений Грабчак.

С начала этого года, кстати, Дальний Восток вместе с Республикой Коми и Архангельской областью постановлением российского правительства вошел в так называемые ценовые зоны оптового рынка электроэнергии, и отныне там ценообразование от тарифного регулирования поставляемой мощности переходит к рыночным принципам. Что, в свою очередь, подает еще один сигнал инвесторам. Ведь по планам Минэнерго на ближайшую пятилетку на Дальнем Востоке востребованы 1,7 ГВт, и, по мнению Алексея Жихарева, именно ВИЭ-генерация — самый быстрый и дешевый способ закрыть этот дефицит. А в среднесрочной перспективе предварительные расчеты дальневосточного потенциала ВИЭ-объектов дают суммарную мощность под 5 ГВт. По словам генерального директора энергохолдинга «Эн+» Владимира Колмогорова, уже есть проект строительства дальневосточного ветропарка. Пока, правда, на китайском оборудовании. Но, как известно, большой путь начинается с первого шага.

### На фото

На стройплощадке самой крупной ветроэлектростанции России — Новолакской ВЭС — в январе 2025 года установлен первый ветрогенератор



Текст: Константин Михайлец

Фото: Midjourney, ЦКП «СКИФ», РИА Новости / Илья Питаев, пресс-служба ЮУрГУ

## Под знаком ИИ

О научных итогах 2024 года и о том, каких прорывов стоит ждать в 2025-м, рассказывают спикеры сети Информационных центров по атомной энергии (ИЦАЭ) — молодые ученые, представляющие самые разные области человеческого знания



**Максим Вялков**

Аспирант Фила-ла Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в городе Сарове

### Поэтика фотонов и ядерные часы

— Если мы говорим о научно-техническом прогрессе в мировом масштабе, то тут, без сомнения, словом 2024 года будет «искусственный интеллект». Уверен, что мы еще до конца не понимаем, какое влияние этот феномен окажет на нас. Мое субъективное мнение: он будет сравним с атомной бомбой и, шире, с освоением энергии атома для XX века. Так или иначе, последние новости из этой области свидетельствуют о том, что гонка технологий здесь уже началась.

Учитывая это, для меня, конечно, одним из самых заметных событий 2024 года стало создание специалистами НЦФМ совместно с учеными из Самары прототипа фотонного квантового вычислителя. Это крайне перспективный тип квантового компьютера, в том числе за счет его быстродействия: свет передвигается быстрее, чем электрон. А значит, ИИ станет одной из тех сфер, где эта машина будет востребована в первую очередь. Но для меня, как для ученого, это еще очень поэтическая история. Так сложилось, что обычно физика формулирует гипотезу, а математика, как инструмент, помогает найти ей подтверждение или, наоборот, опровергнуть. Здесь же мы наблюдаем инверсию: физика, а в сущности и сама природа, помогла решить математическую задачу.

Но в целом я сторонник той точки зрения, что в фундаментальной науке нет научных новостей, а есть научные «старости». Открытие должно «настояться». Впрочем, из любопытного я бы все же отметил работу исследователей из Германии и Австрии, в которой они показали, что способны переводить ядра тория-229 в низкоэнергетическое метастабильное состояние. Это делает нас еще на шаг ближе к созданию сверхточных ядерных часов. Звучит на первый взгляд не слишком впечатляюще. Но в действительности это устройство может стать ключом для открытия величайших загадок физики, таких как, например, темная материя. Я уже не говорю о множестве вполне прозаических сфер применения ядерных часов — от навигации до геодезии.

Если же говорить про 2025 год, то, поскольку моя сфера научных интересов — это изучение нейтрино, мои ожидания связаны в первую очередь с запуском большого межнационального нейтринного мегасайенс-проекта JUNO в Китае. Он наконец-то плавно подходит к запуску после долгих лет сооружения экспериментальной установки. С нетерпением ждем новых результатов, которые можно будет использовать в своих исследованиях.

### Белок-замок и «суп» из элементарных частиц

— Думаю, не только у меня 2024 год прошел под знаком искусственного интеллекта: наконец, мы пожинаем плоды того, что подспудно развивалось десятилетиями. Одно из самых заметных событий минувшего года в биологии — выход новой версии программы AlphaFold в мае — хороший тому пример. Ведь ее первую версию представили еще в 2018 году.

Это сервис, разработанный как система глубинного обучения и призванный моделировать пространственную структуру белка. Зачем это нужно? Чтобы понять, как та или иная молекула работает в организме, как она взаимодействует с другими белками, очень важно знать, как она выглядит. От этого зависит, как белок функционирует в клетке, можем ли мы ему помешать или, наоборот, помочь.

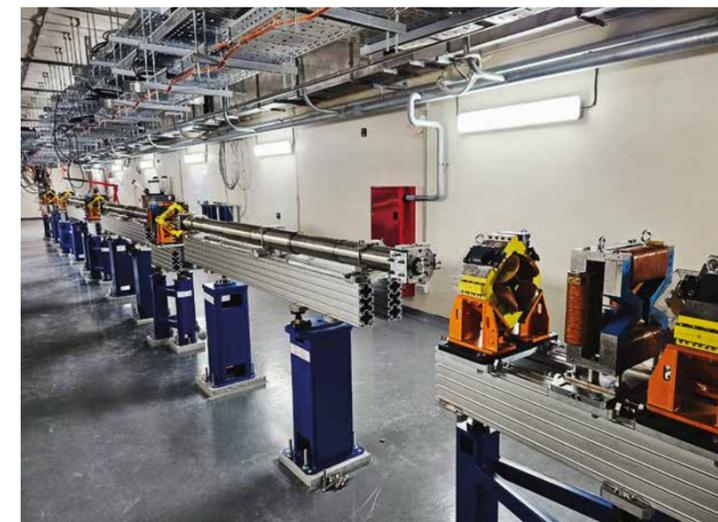
Если до недавнего времени аналогичные программы давали 30–40% достоверности, то первая версия AlphaFold уже стартовала с 50%. Ну а третий мод доходит до 90–95% достоверности — это колоссальный прорыв. Раньше, как известно, над структурами белков могли биться не один год. Сейчас благодаря таким решениям, как AlphaFold, каждый год расширяются структуры десятков или сотен белков. То есть мы можем проверять свои гипотезы буквально не отходя от компьютера, за считанные часы, без дорогостоящих экспериментов.

Впрочем, возможности ИИ-сервисов не стоит преувеличивать: в микробиологии пока достаточно объектов, восстановить структуру которых без проведения экспериментов пока еще крайне сложно. Например, мы в нашей лаборатории занимаемся аптамерами — молекулами, работающими по принципу «ключ — замок», где в качестве замка выступает специфический белок. Мы работали с клетками коронавируса, раковыми клетками с целью создать такую молекулу, которая бы реагировала и связывалась только с ними. Это открывает большие возможности как в диагностике, так и в лечении заболеваний. Представьте, что внутрь молекулы, которая специально «натренирована» на контакт только с раковыми клетками, можно поместить нанодиски. Тогда под воздействием магнитного поля эти диски начнут выступать в роли своеобразного скальпеля, уничтожая злокачественное образование и не трогая здоровые ткани. Кстати, доклинические исследования именно такого препарата уже идут, и с их результатом отчасти связаны мои научные ожидания от 2025 года.

Моя задача при разработке аптамер — по получаемому от коллег раствору с молекулами, про которые мы знаем, что они умеют доставлять лекарства к нужным клеткам, установить, как они выглядят. Для этого используется специальная установка — синхротрон — и метод, который называется малоугловое рентгеновское рассеяние.

Именно поэтому еще одно событие, которого я очень жду в 2025 году, — запуск нового синхротрона СКИФ (Сибирский кольцевой источник фотонов) под Новосибирском. Во-первых, и это можно говорить про любую мегасайенс-установку, сама перспектива его появления завораживает. По сути, это огромный микроскоп, который позволит нам исследовать материю и вещество на наноуровне. А это будет один из самых, если не самый мощный, синхротрон в мире. Во-вторых, те агрегаты, на которых мы работаем сегодня, позволяют нам делать одно измерение за 5 минут. На СКИФе у нас будет за 1 секунду проводиться порядка 20 измерений. Колоссальная скорость, которая, кроме всего прочего, позволит не просто получать статичную картинку, а наблюдать за процессами в динамике. Разумеется, это потребует и колоссальных вычислительных мощностей. Но коллеги из Новосибирска успокаивают, что они там уже строят свой суперкомпьютерный кластер.

И раз уж мы заговорили про мегасайенс-проекты, будет несправедливо не упомянуть еще об одной такой установке — коллайдере НИКА в Дубне, первые эксперименты на котором тоже ожидаются в 2025 году. Пожалуй, самое завораживающее: на нем можно будет воссоздать кварк-глюонную плазму — очень плотное и горячее состояние вещества, своеобразный «суп» из элементарных частиц, которое сегодня можно обнаружить разве что в недрах нейтронных звезд. А на заре времен именно в таком состоянии пребывала вся наша Вселенная сразу после Большого взрыва. Как это было, как ведет себя вещество, как оно взаимодействует, что значит быть плазмой? На все эти вопросы мы, возможно, очень скоро получим ответ, потому что экспериментально этого никто еще не делал.



**Роман Моржиков**

Кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник лаборатории цифровых управляемых лекарств и тераностики ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН»

#### На фото

Сибирский кольцевой источник фотонов, монтаж оборудования (осень 2024 г.)



**Татьяна  
Кобякова**

Студентка магистратуры ИФИБ НИЯУ «МИФИ», медицинский физик отделения радиохирургии НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко

## Диагноз от ИИ и поколенческий сдвиг

Не будет преувеличением сказать, что прошедший год стал прорывным для применения передовых компьютерных технологий в медицине. В первую очередь это касается искусственного интеллекта. Первые нейросети появились еще в прошлом веке, а уже 15–20 лет назад у нас было достаточно мощное оборудование для их применения. Однако настоящий бум их использования по множеству причин мы наблюдаем только сегодня.

С начала года через платформу «МосМедИИ» клиникам по всей стране стали доступны безвозмездные услуги по расшифровке маммографий, флюорографий, рентгенов, а также КТ головного мозга. Проект реализуется в рамках новых ГОСТов в сфере ИИ, вступивших в силу 1 января, которые стандартизируют внедрение технологий в клиническую практику. Пока спектр услуг ограничен, но это важный шаг для обучения искусственного интеллекта и его интеграции в здравоохранение. С ростом объема и разнообразия данных будет увеличиваться точность алгоритмов и их возможности. Ключевая задача сейчас — работа с разнородными данными, поскольку изображения поступают из разных учреждений и отличаются по качеству и формату.

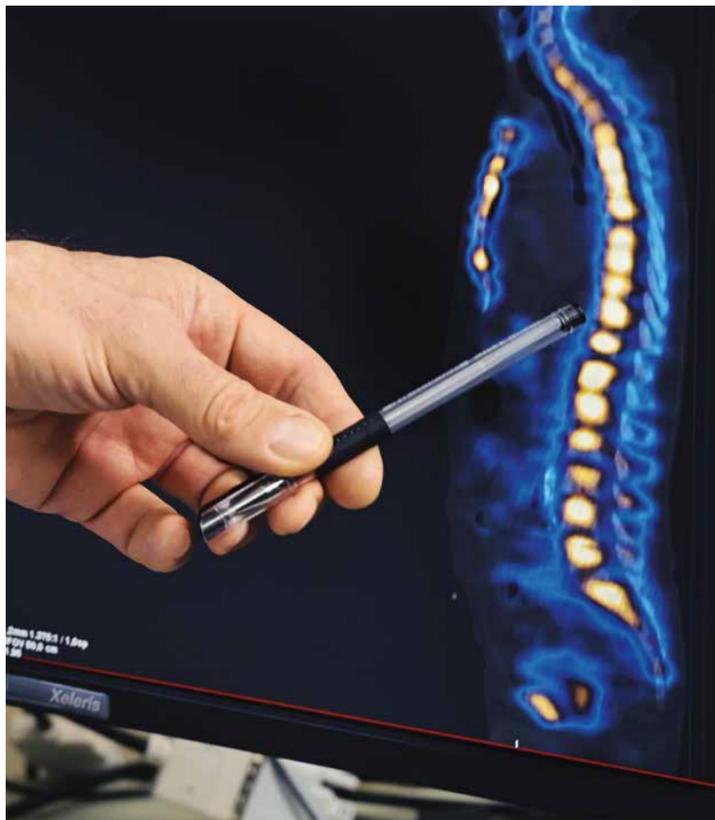
Где работает на практике? Например, в диагностике поздних стадий рака и выявлении метастазов — маленьких, но агрессивных опухолей, требующих повышенного внимания. Даже опытный рентгенолог, обрабатывающий десятки снимков за смену, может не заметить малейшие отклонения. ИИ-сервисы выступают в роли ассистента, который акцентирует внимание врача на потенциальных патологических изменениях. Это не только ускоряет процесс диагностики, но и значительно снижает риск врачебных ошибок, что особенно важно в сложных клинических случаях.

Еще одно перспективное направление — маршрутизация пациентов. В большинстве клиник пациенты сначала попадают к терапевту, чтобы получить направление к узкому специалисту. Новые технологии позволяют снизить нагрузку на врачей общего профиля, оптимизируя распределение пациентов.

Подобных проектов — от пилотных до масштабных — уже множество, и их количество продолжает расти. Кроме того, параллельно с развитием ИИ в последнее время наблюдается значительный рост технологий телемедицины: онлайн-консультации становятся все более популярными и охватывают не только терапевтов, но и узких специалистов. Более того, телемедицина начала активно применяться в ветеринарии, что подтверждает ее универсальность и востребованность.

Эти показатели дают интересный вывод: взрывной рост телемедицины и применения ИИ в медицине — это не только технологический прогресс или увеличение числа сервисов. Более важный аспект — растущее доверие к этим технологиям со стороны пациентов и врачей. Медицина всегда была консервативной сферой, где доверие играет ключевую роль. Почему мы видим такие изменения? Одной из причин является внимание со стороны СМИ, но, вероятно, это также связано с поколенческим сдвигом: все больше врачей, пациентов и разработчиков выросли в цифровой среде, где компьютерные технологии — естественная часть жизни.

Есть области, где успехи ИИ пока скромны, например терапия. Тем не менее именно эта сфера вызывает наибольшие ожидания в 2025 году. Уже существуют перспективные разработки, например, в области лучевой терапии, где высокоэнергетическое излучение, генерируемое линейными ускорителями, используется для точечного облучения опухолевых тканей. Возможно, к концу года некоторые клиники начнут автоматически планировать лечение с помощью ИИ. Разумеется, все это будет происходить под строгим контролем специалистов. В ближайшие 10–15 лет ключевая ответственность за принятие медицинских решений все равно останется за человеком, как и последнее слово.



## Странствующий металлург и дендрохронология

— Отдельно взятые находки в археологии сегодня практически никогда не меняют общей картины. Так что периодически появляющиеся «сенсационные» новости с тех или иных раскопок сенсациями на самом деле не являются. Хотя и позволяют «усложнить» картину прошлого. Подлинных сенсаций стоит ожидать от новых методов археологических исследований.

Например, из того, что мне запомнилось в прошлом году, — это работа наших челябинских коллег, которые изучали погребение древнего металлурга (эпохи бронзы). Им удалось показать, что представители этой профессии не жили на одном месте, а перемещались в течение жизни на сравнительно большие (по тем временам) расстояния. В данном конкретном случае расстояние между тем местом, где человек жил в детстве, и тем, где был похоронен, составляет не меньше 100 км. Это открытие позволяет нам с иной оптикой взглянуть на статичную картинку из вузовских учебников, согласно которой члены общины за пределы своей деревни не выбирались. Недооценивали мы мобильность наших предков!

Впрочем, здесь интересно не только само это открытие, но и метод, которым оно было сделано. Уральские археологи провели изотопные анализы зубной и костной ткани. Известно, что содержание изотопов стронция, один из которых накапливается в зубах, другой в костях, в разных частях земной коры не одинаково. И их содержание позволяет сегодня археологам более или менее уверенно говорить, что тот, кому они принадлежали, в течение своей жизни перемещался из точки А в точку В.

То, чем занимаюсь я, тоже скорее относится к новым методам, позволяющим нам более качественно работать с уже давно доступным и известным материалом. Сейчас я работаю над геоинформационной системой на нашем удмуртском материале: у нас есть опубликованные источники — «ревизские сказки». Это

своеобразная перепись населения, которую делали для нужд налогообложения, воинского учета и других сфер госуправления. Они содержат названия населенных пунктов и некоторые их параметры — численность, национальный состав и т. д. Все это мы наносим на карту и связываем с единой базой данных.

Что нам это дает? Например, мы можем визуализировать самые разные процессы, скажем, расселение русских в Удмуртии. Долгое время на том участке, с которым я сейчас работаю, основное население было удмуртским. И только одна единственная волость вдоль Камы была русскоязычной. Мы двигаем ползунок по временной шкале и видим, что к середине XIX века ситуация начинает меняться, но совсем не так, как можно было бы предположить. Юго-восточнее Ижевска это четкое разделение сохраняется, а, наоборот, в самых глухих углах начинается проникновение крестьян с Вятки. И таких примеров, когда мы буквально натываемся на небольшое открытие, просто применив новые методы к анализу давно известных и, казалось бы, хорошо изученных данных, довольно много.

Еще одна история про применяемый метод. Археологи по целому ряду причин очень любят дендрохронологию. Единственная проблема — дерево в наших широтах плохо сохраняется. А вот древесный уголь, например на местах стоянок, и встречается чаще, и сохраняется не в пример лучше. Коллеги из Красноярска в прошлом году изобрели эффективный метод построения шкалы по углю. Для этого найденный образец нужно отшлифовать, продуть, и на выходе получается поверхность с очень выраженной резкой структурой зауглероживания годовых колец. Главное, что этот метод можно тиражировать и в других регионах, где у нас зачастую возникают проблемы с временной привязкой тех или иных артефактов. Так что очень ждем, что эта маленькая инновация обернется революцией точности в археологическом датировании.



**Александр  
Митряков**

Кандидат исторических наук, доцент кафедры истории Удмуртии, археологии и этнологии Института истории и социологии Удмуртского государственного университета



### На фото

В Челябинской области ученые обнаружили древнее захоронение человека, подтверждающее гипотезу о кочевом образе жизни металлургов



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

## Настроить связь и выиграть

Как коммуникации могут решить задачи бизнеса



**В конце 2024 года Центр коммуникаций и цифровых решений Московской школы управления «Сколково» подготовил исследование, посвященное тому, как плохие коммуникации влияют на эффективность бизнеса. Авторы рассматривают коммуникации как совокупность всех коммуникационных действий и инструментов, применяемых в организации для обмена информацией в коллективе, и ограничивают периметр исследования внутренними коммуникациями, связанными исключительно с рабочими вопросами. Дело в том, что, по оценке исследователей, внутренние коммуникации для эффективности бизнеса важнее внешних, особенно в периоды кризиса, реорганизации и запуска крупных проектов.**

### Сломанные коммуникации

Плохие внутренние коммуникации (мискоммуникации), то есть некачественный обмен информацией внутри коллектива, который может выражаться

в неполной, несвоевременной и/или искаженной передаче данных, ведет к непониманию или недооценке задач, несогласованности и конфликтам, нарушению цепочек делегирования и принятию неэффективных решений. Мискоммуникации могут приводить как к прямым финансовым потерям в виде оплаты неэффективно расходуемого рабочего времени и упущенной прибыли, так и к косвенным последствиям в виде снижения вовлеченности и производительности сотрудников, роста текучести кадров.

Сломанные коммуникации в компании, выраженные в неполном предоставлении информации, приводят к риску нарушения бизнес-процессов с потенциальным финансовым ущербом, чреваты возникновением конфликтных ситуаций, снижением мотивированности и вовлеченности коллектива.

Результаты исследования показали, что сотрудники одинаково часто общаются по горизонтали (со своими коллегами) и по вертикали («руководитель — подчиненный»). Парадоксально, но большинство руководителей склонны к самообману: им кажется, что они понятны и убедительны в своих рабочих коммуникациях. Подчиненные с этим не согласны: они уверены, что плохо понимают своих руководителей. Этот самообман руководителей назван «эффектом розовых очков» на верхних этапах иерархии. Горизонтальные коммуникации сотрудники оценивают как более достоверные, чем коммуникации с руководителями.

При этом в цифровую эпоху личная беседа (лицом к лицу) остается самым удобным и эффективным способом коммуникации, свидетельствуют результаты исследования. Респонденты отмечают, что ситуативные коммуникации по оперативным вопросам, координация сотрудников чаще происходят в цифровых форматах — это sms, чаты, email, групповые звонки или видеоконференции. А вот стратегирование, выработка значимых решений, креативные совещания все еще остаются преимущественно очными, не цифровыми. Групповые форматы коммуникаций (совещания, чаты, групповые звонки) с большим количеством участников доминируют в российских компаниях над индивидуальными. Коллективное согласование решений и коллективная

ответственность — это часть культуры российских управленцев.

### Цена вопроса

Исследователи выделяют восемь драйверов, которые определяют качество коммуникаций:

- цифровая и технологическая зрелость компании;
- качество менеджмента и культура лидерства в командах;
- размер компании, ее оргструктура и количество управленческих уровней;
- форма организации и роль стейкхолдеров;
- корпоративная культура и традиции компании;
- качество выстроенных бизнес-процессов;
- присутствие в компании сотрудников разных поколений;
- наличие представителей различных культур.

Из-за «поломанных» коммуникаций компании сталкиваются со сложностями в проведении изменений и реализации намеченных планов и стратегий. Половина сотрудников признают, что не видят общей цели, не понимают общий план действий и своего места в нем.

По мнению аналитиков, совокупные потери российского бизнеса от плохих коммуникаций могут составлять до 8,7 трлн рублей в год, а общие потери, если считать весь ВВП России, — до 19,97 трлн рублей. Это число включает как прямые потери от оплаты потраченного впустую рабочего времени, сорванных сделок и упущенных возможностей, так и последствия выгорания сотрудников, внезапных увольнений и нездоровой атмосферы в коллективе.

Однако исследователи заявляют, что в ситуации ограниченной конкуренции российские компании не видят необходимости в том, чтобы работать над эффективностью рабочих коммуникаций и устранять «поломки». Есть убеждение, что «ремонт» будет стоить для каждой конкретной компании больше, чем ее незримые потери в качестве взаимодействия людей.

В краткосрочной перспективе такой подход может казаться логичным. Однако на длинном горизонте компании, очевидно, столкнутся с проблемами в гонке за талантами на дефицитном рынке труда, снижением операционной эффективности, кризисными ситуациями с персоналом.

Впрочем, эти проблемы уже начались. Аналитики отмечают, что потери фиксируются по линии административно-управленческого персонала.

Кроме того, специалисты отмечают потери бизнеса от выгорания персонала. Так, согласно исследованию Национального агентства финансовых исследований и фонда «Росконгресс» от 2023 года, количество выгоревших работников в России на момент публикации превышало 13 млн человек (или больше 17% всей рабочей силы страны). Среди факторов, вызывающих такое состояние, исследователи выделяли непонимание сотрудниками своих ролей и проблемы

## до 8,7 трлн руб.

в год, по мнению аналитиков, могут составлять совокупные потери российского бизнеса от плохих коммуникаций (а общие потери, если считать весь ВВП России, — до 19,97 трлн руб.)

во взаимодействии (как с коллективом в целом, так и с руководителем лично). Немаловажной проблемой остается и стресс, связанный с рабочими процессами. В 2022 году Всероссийский центр изучения общественного мнения реализовал исследовательский проект в сотрудничестве с РБК, где главным источником стресса становится именно работа. На нее указали 22% респондентов.

Согласно оценкам Gallup, в России в 2023 году 12% сотрудников несколько раз в день испытывали злость, связанную с работой, 18% — печаль, 21% — стресс. В большей степени это характерно для женщин из поколения зумеров и миллениалов, занимающих управленческие позиции. Общий уровень вовлеченности сотрудников в России оценен в 23%. Это средний показатель по миру, но он заметно ниже, например, чем у Узбекистана (41%) и Грузии (34%).

Последствия неэффективных рабочих коммуникаций:

- снижение производительности труда, замедление скорости работы в проектах;
- срыв или перенос сроков проектов;
- потеря мотивации и низкая вовлеченность сотрудников.

### Идти вперед

Как показывают примеры ведущих компаний, а у «Росатома» есть чему поучиться в этой области, улучшение внутренних коммуникаций — это возможность напрямую повлиять на производственные, управленческие показатели, повысить производительность труда. Главное — не останавливаться на достигнутом. Согласно представительному международному опросу Graduate Management Admission Council Corporate Recruiters Survey 2023, 70% HR-специалистов из 34 стран назвали коммуникационные навыки важным качеством для сотрудников и спрогнозировали рост их значимости на горизонте пяти лет. Навыки коммуникаций вошли в тройку самых важных (два других — навыки работы с данными и стратегическое мышление).

Другими словами, тот, кто в перспективе ближайших пяти лет сумеет построить правильные внутренние коммуникации, сможет сохранить квалифицированных специалистов и привлечь новых. И для «Росатома» это мощный вызов.

Фото: пресс-служба Фонда «АТР АЭС»

Гала-показ коллекции одежды, созданной по эскизам детей из атомных городов, состоялся в Москве



# Атомная мозаика

## 1,25 млн

тонн магния

выпустил Соликамский магниевый завод (СМЗ), предприятие Горнорудного дивизиона «Росатома». Юбилейная плавка была произведена в начале февраля 2025 года, при этом событии присутствовали руководители, работники и ветераны предприятия. Глава Соликамска Александр Русанов в поздравлении высоко оценил вклад тружеников завода в социальное развитие города. Лучшим магниевиком были вручены почетные грамоты.

*«Первый слиток магния в Соликамске был отлит 14 марта 1936 года. За всю 89-летнюю историю завода производство ни разу не останавливалось. А если все слитки магния, выпущенные СМЗ до сегодняшнего дня, выложить в одну линию, то земной шар можно обогнуть 5,27 раза», — подсчитал генеральный директор ОАО «СМЗ» Руслан Димухамедов.*

## >160

«быстрых» электростанций «АтомЭнерго»

работают сегодня в 13 регионах нашей страны. В конце января 2025 года первые девять электростанций (ЭС) мощностью 150 кВт введены в эксплуатацию в Ставропольском крае — в черте Пятигорска и Невинномысска. В первом квартале 2025 года общее количество ЭЭС «АтомЭнерго», дочерней компании концерна «Росэнергоатом», запланировано увеличить до 255 единиц. Вся потребляемая электроэнергия покрывается сертификатом «Чистая энергия Росатом» — это гарантирует, что клиенты ЭЭС «АтомЭнерго» используют низкоуглеродную электроэнергию АЭС.

*«Мы стремимся сделать электротранспорт доступным и удобным для всех. Запуск новых зарядных станций — это не только поддержка владельцев электромобилей, но и вклад в улучшение экологической обстановки. Планируем продолжить расширение сети, делая ее максимально доступной и удобной для наших клиентов», — прокомментировал Валерий Маркелов, генеральный директор ООО «АтомЭнерго».*

## 247 атм

давление, выдерживаемое корпусом реактора

третьего блока АЭС «Аккую», которую «Росатом» сооружает в Турции. Установка в проектное положение корпуса реактора — одна из важнейших монтажных операций на этапе строительства энергоблока, она выполнена в конце декабря 2024 года. Монтаж корпуса реактора проводился с использованием технологии Open Top, которая предусматривает подачу оборудования в герметичную зону через открытый верх цилиндрической части здания реактора. Технология позволяет оптимально совмещать строительные и монтажные работы до установки купольной части внутренней защитной оболочки.

*«Третий энергоблок АЭС «Аккую» обрел свое «сердце»: мы успешно выполнили ответственные работы по монтажу корпуса атомного реактора. Как и при выполнении любой другой строительной-монтажной операции на площадке, установка потребовала тщательной подготовки, высокой квалификации специалистов и особой точности на каждом этапе», — отметил генеральный директор АО «Аккую Нуклеар» Сергей Буцких.*

