

# ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№ 6

июль — август

2025

*Главная тема*

## Новые бизнесы «Росатома»

*Вклад в обеспечение независимости  
технологического развития России  
и международное сотрудничество*

*В номере*

Промышленная медицина 30

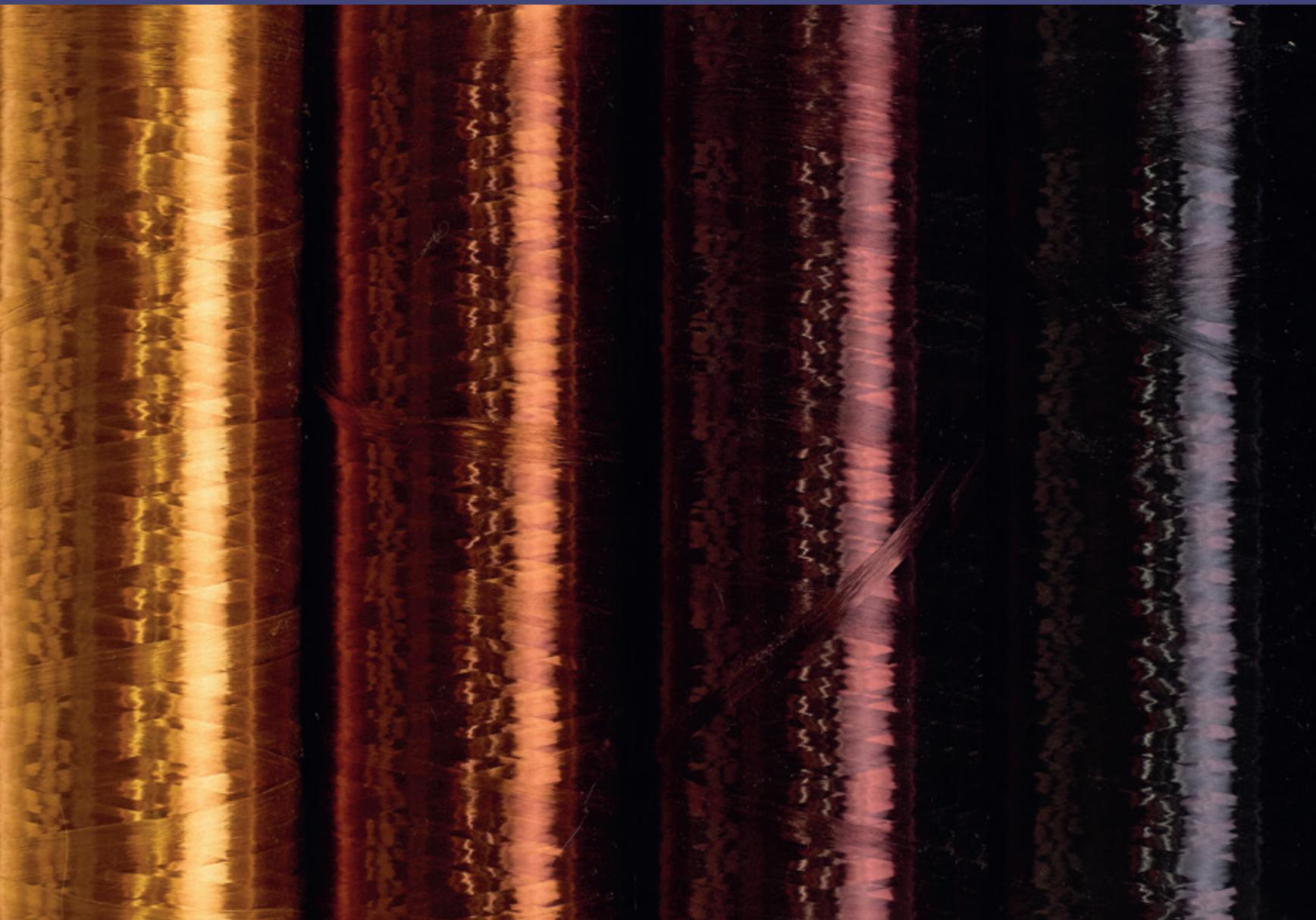
---

Замыкание ЯТЦ: путь Китая 40

---

АЭС и экология 48

---



## Уважаемые читатели!

Российская атомная отрасль — одна из наиболее передовых в мире по научно-техническим разработкам в области проектирования реакторов, по компетенциям и технологиям в ядерном топливном цикле и эксплуатации атомных станций. Сегодня «Росатом» активно развивает и инновационные неатомные технологии, оказывающие мультипликативный эффект на отрасль в целом.

Материалы главной темы номера рассказывают, как в госкорпорации зарождались и развиваются новые бизнес-направления, какие управленческие решения позволяют добиться значимых результатов, как новые бизнесы способствуют достижению национального технологического суверенитета и движению к глобальному технологическому лидерству.

Из других материалов номера вы узнаете об исследовании в области применения систем искусственного интеллекта в промышленной медицине и о разработке новых радиофармпрепаратов для лечения и диагностики онкозаболеваний; о преимуществах замыкания ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах и об оценке позиций Китая в области ЗЯТЦ; а также о том, как можно обеспечить защиту водозаборов АЭС и других сооружений от биопомех и не навредить природе.

**ВЕСТНИК  
АТОМПРОМА**

№ 6, июль — август 2025 года

Информационно-  
аналитическое  
издание



Фото на обложке  
«Росатом»

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

*Выпускающий редактор*  
Еременко О. В.

*Дизайн и верстка*  
Балдин В. В.

*Корректор*  
Бомбенкова А. Н.

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

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

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

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

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

Тираж 1980 экземпляров.  
Цена свободная.  
Дата выхода в свет: 31.07.2025

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-008/25.

## Содержание

Главная тема	КОРОТКО	<b>От новых продуктов — к проектам технологического суверенитета и лидерства</b> 4	Промышленная медицина	<b>Построить траекторию здоровья</b> 30
		<i>Новые бизнесы «Росатома»: для российского и зарубежных рынков</i>		<i>Рассказываем о первом исследовании, которое поможет оценить роль систем искусственного интеллекта в развитии промышленной медицины</i>
	ПРЯМАЯ РЕЧЬ	<b>На новый лад</b> 6	Ядерная медицина	<b>Найти и уничтожить</b> 34
		<i>Как выручка новых бизнесов «Росатома» стала триллионной и что для этого потребовалось</i>		<i>Томские ученые создают радиофармпрепараты для диагностики и терапии онкологических заболеваний</i>
	РЕГИОНЫ	<b>Выявляем потребности — предлагаем решения</b> 14	Радиоэкология	<b>Смотреть в будущее</b> 38
		<i>Направления работы «Росатома» по продвижению новых продуктов и бизнес-инициатив в российских регионах</i>		<i>Интегрированная система кодов РОЗА помогает оценить радиологические риски</i>
	МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	<b>«Сегодня нужно понимать, что хочет рынок»</b> 16	Зарубежный опыт	<b>Китайское замыкание</b> 40
		<i>Задачи «Росатома» по продвижению продуктов новых бизнесов за рубежом</i>		<i>Как в КНР работают над замыканием ядерного топливного цикла</i>
КАДРЫ	<b>Кадровый потенциал в центре внимания</b> 20	Экология	<b>В согласии с природой</b> 48	
	<i>Как строится кадровая политика госкорпорации в отношении новых бизнесов</i>		<i>Наиболее доступная природоподобная технология защиты водных биоресурсов и АЭС</i>	
ОБРАЗОВАНИЕ	<b>Экономика должна быть</b> 24	ИЦАЭ	<b>Как важно быть несерьезным</b> 54	
	<i>Новое мышление для будущих инженеров-ядерщиков: как в ведущем опорном вузе «Росатома» студентов обучают бизнесу</i>		<i>Наука в красках и наука в движении: новый взгляд на просветительские форматы</i>	
КООПЕРАЦИЯ	<b>От кварцевого песка до электроэнергии</b> 27	Книжная полка	<b>Парадоксы стратегии</b> 57	
	<i>Как работает технологическая цепочка «Росатома» в ветроэнергетике</i>		<i>Искусство управления противоречиями</i>	

# От новых продуктов — к проектам технологического суверенитета и лидерства

Российская атомная отрасль, имеющая 80-летнюю историю, обладает уникальным опытом, накопленным в области всего спектра технологий ядерного топливного цикла и строительства АЭС. Помимо традиционных сегментов, госкорпорация «Росатом» активно развивает целый ряд других направлений — от ветроэнергетики, аддитивных технологий, композитных материалов и систем накопления энергии до инфраструктурных решений и цифровых продуктов. Эта работа базируется на мощной материально-технической базе и кадровых ресурсах отрасли, а также наработанном опыте успешной координации деятельности научных, проектных и конструкторских организаций.

Среди целей развития новых энергетических и неэнергетических направлений бизнеса «Росатома» — формирование новых точек долгосрочного роста отрасли, снижение воздействия изменений рыночной конъюнктуры на традиционных рынках, содействие сохранению уровня занятости на территориях присутствия госкорпорации.

Одним из ключевых критериев для принятия решений о развитии новых направлений деятельности является ожидаемая экономическая привлекательность. Сегодня таких направлений в «Росатоме» — более 80. В 2024 году выручка новых бизнесов превысила 1,4 трлн рублей, что составило более 40% общей выручки госкорпорации в открытой части.

Дальнейшее развитие новых продуктовых направлений «Росатома» позволит удовлетворять значительный объем потребности в новых технологических решениях большинства ключевых отраслей промышленности. При этом фокус на развитии перспективных технологий и создании инновационных продуктов определяет роль «Росатома» как лидера национального технологического суверенитета и способствует выполнению задачи по достижению госкорпорацией глобального лидерства по ряду передовых направлений.

## Прямая речь



### *Кирилл Комаров*

Первый заместитель генерального директора — директор блока по развитию и международному бизнесу госкорпорации «Росатом»:

**— Мы очень серьезно занимаемся тем, что мы раньше называли новыми продуктами, а сейчас мы говорим о продуктах, которые обеспечивают технологический суверенитет нашей страны.**

Текст: Юлия Долгова

Фото: «Росатом», «ТВЭЛ»

# На новый лад

Как выручка новых бизнесов «Росатома» стала триллионной и что для этого потребовалось

**Новые бизнес-направления занимают все более значительное место в деятельности «Росатома»: сегодня их более 80. О том, как зарождались и развиваются эти направления, какие управленческие решения работают на результат и почему новые бизнесы сегодня правильнее называть проектами технологического суверенитета, «Вестнику атомпрома» рассказали Дмитрий Байдаров, директор департамента поддержки новых бизнесов госкорпорации «Росатом», кандидат юридических наук, и Дмитрий Файков, ведущий специалист РФЯЦ-ВНИИЭФ, профессор кафедры «Экономика и менеджмент в промышленности» НИЯУ «МИФИ», доктор экономических наук, доцент.**

## Как все начиналось

— Когда в госкорпорации появилось понятие «новые бизнесы»? С чем это было связано?

**Дмитрий Байдаров:** Задача развития направлений, выходящих за рамки традиционной деятельности госкорпорации «Росатом», появилась в 2011 году, именно тогда Кирилл Борисович Комаров (в 2011 году — заместитель генерального директора «Росатома» по развитию и международному бизнесу, с февраля 2015 года — первый заместитель генерального директора «Росатома» — директор блока по развитию и международному бизнесу. — *Примеч. ред.*) со товарищи начали думать о том, каким образом эта работа может быть организована. Почему стало понятно, что «Росатому» надо заниматься не только атомной энергетикой и ядерными технологиями? В традиционной деятельности у нас накопилось множество знаний, умений, навыков, которые мы могли бы использовать для решения других задач. А не входя в смежные области, мы бы их не использовали никоим образом.

Кроме того, требования в самой атомной энергетике очень серьезно меняются, поэтому и здесь необходимо привнесение новых технологий, например цифровых. Процессы в атомной отрасли выстроены в рамках критической инфраструктуры, и чтобы уверенно применять новые технологии, мы должны держать их в своих руках, чувствовать «на кончиках пальцев». Это тоже потребовало создания и развития совершенно новых областей деятельности. К тому же пример других аналогичных компаний (Westinghouse,

Areva, Alstom и др.) показывал, что если они концентрируются только на атомной энергетике, они постепенно «сжимаются», и в этом точно нет будущего.

**Дмитрий Файков:** Есть примеры крупных высокотехнологичных компаний, которые развивают разные направления деятельности и исторически показывают выживаемость и устойчивость. Как пример — Siemens, Philips, General Electric, Toshiba. Все они имели как минимум четыре дивизиона: крупные электрические машины; все, что связано с радиационными технологиями (например, Siemens начал делать рентгеновские трубки еще в конце XIX века); медицинская техника; элементная база. Каждое направление — это очень серьезные технологии, прежде всего промышленные. И за счет того, что у этих компаний была научная, производственная, инженерная база, позволявшая делать качественные продукты, они уже затем стали выпускать, например, бытовую технику, то есть вышли с рынка B2B на рынок B2C, который намного сложнее. И «Росатом» идет похожим путем, развивая на основе традиционных новые направления деятельности.

**Д. Б.:** В это же самое время, в 2011 году, в госкорпорации начали заниматься очередным этапом диверсификации ядерного оружейного комплекса, потому что понимали, что в ЯОК накоплено наибольшее количество технологических переделов, которые можно и нужно каким-то образом «вытаскивать» на гражданские рынки. Но это тогда не было бизнесом: ЯОК работал на государственный оборонный заказ, то есть заказчик один — государство, он оплачивает всю разработку и производство, речь о прибыли в этой деятельности (в рыночном понимании) не идет. И перестраивать часть деятельности на другие принципы было сложно.

**Д. Ф.:** Нужно понимать, что это не хорошо и не плохо. Это работа в оборонной сфере, она во всем мире так устроена, об окупаемости речь не идет. Цели деятельности совершенно другие. То есть даже ментально эта сфера построена совершенно по-другому.

**Д. Б.:** Параллельно с диверсификацией ЯОК создавалось подразделение, которое отвечало за развитие. Тогда еще не было понятия «новые бизнесы», просто начали заниматься чем-то новым, стали приходить новые люди, появилась медицинская и другие тематики. А новые бизнесы оконтурились в понимании в конце 2014 — начале 2015 года, когда появились отдельные продуктовые направления, по которым было принято решение, что «Росатом» будет этим



### Дмитрий Байдаров

Директор департамента поддержки новых бизнесов госкорпорации «Росатом», кандидат юридических наук



### Дмитрий Файков

Ведущий специалист РФЯЦ-ВНИИЭФ, профессор кафедры «Экономика и менеджмент в промышленности» НИЯУ «МИФИ», доктор экономических наук, доцент

заниматься, и были установлены первые КПЭ. Появилось понятие «интегратор» — это бизнес-субъект, отдельное юридическое лицо, которое отвечает за развитие бизнеса перед госкорпорацией. И в то же время появился орган принятия решений — совет по развитию и глобализации, где рассматривались все направления, которые только зарождались. Первоначально их было 36 (а выявлено и проанализировано было 350 групп продуктов), и эти направления постоянно менялись. Первые утвердили как раз в 2015 году, и их стали развивать.

Сначала все это было скорее интуитивно. Как тогда говорил Кирилл Борисович Комаров, «пусть растут все цветы», давайте сначала научимся заниматься бизнесом, будем рассматривать любые проекты предприятий. В то время возможностей финансирования было больше, чем предлагалось проектов. Но, конечно, речь не шла о том, чтобы финансировать любой проект, все предложения всесторонне внимательно рассматривались и анализировались.

— Не было ли внутри отрасли сомнений, что новые бизнесы могут помешать совершенствованию компетенций в традиционных областях деятельности?

Д. Б.: Были некоторые сомнения, что это может помешать «оборонке». Сначала нужно было делать акцент на том, чтобы директора предприятий хотя бы начали думать о новых бизнесах. Для всех это было нелегко. Но в результате на предприятиях ЯОК все заработало. Прежде всего, у них были продукты. Они реально были! У них были компетенции, технологии. Предприятия нужно было просто вовлекать в гражданскую деятельность и выстраивать соответствующую систему управления. И среди элементов такой работы был запуск совместно с Корпоративной Академией «Росатома» программы «Бизнес-мастерская ЯОК». Задачей «Бизнес-мастерской» было научить работать с продуктами и с рынками тех, кого ЯОК готов делегировать в гражданские направления. Обучались сотрудники разного уровня — от замдиректора по «гражданке» до ведущих специалистов. В итоге были разработаны 10 продуктовых стратегий, и в целом там были очень интересные кейсы, люди многому научились.

Д. Ф.: Очень важно, что в «Бизнес-мастерской» стали объединяться команды разных предприятий. Вдруг оказалось: атомная отрасль существует 70 лет, все люди друг друга знают, все связи в традиционных направлениях работ давно выстроены, но по новым гражданским направлениям никто вместе практически не работал. Не было согласованности в такой деятельности, часто несколько предприятий делали одно и то же, потому что, например, все умеют делать, скажем широко, приборы. Когда в 2000-х предприятия начали выходить с «гражданкой» на рынки, все

приходили к одному заказчику, условно «Роснефти» или «Газпрому», и говорили: мы можем делать приборы. В итоге конкурировали между собой, и такая конкуренция только снижала цены, не давала возможностей развития, позволяла иностранным компаниям занимать отечественный рынок. А если бы все объединились и пришли с одним продуктом, то спокойно бы потеснили иностранных конкурентов.

В «Бизнес-мастерской» как раз произошло нужное взаимодействие: сотрудники разных предприятий в одной команде дополняли друг друга. И оказалось, что вместе-то получается лучше! Это очень сильно помогло, в том числе в выстраивании горизонтальных связей. Люди общались в неформальной учебной обстановке и знали, образно говоря, кому потом звонить, с кем взаимодействовать.

Д. Б.: Кстати, по инициативе Ивана Михайловича Каменских (в 2012–2019 годах — первый заместитель генерального директора «Росатома» — директор дирекции по ядерному оружейному комплексу, в настоящее время — советник генерального директора «Росатома». — *Примеч. ред.*) запустили тогда еще одну программу, которая называлась «Экономика конструирования», и он уже в то время говорил нашим инженерам: мы делаем то, что умеем, а надо делать то, что нужно рынку, поэтому давайте учиться. Затем «Экономика конструирования» и «Бизнес-мастерская ЯОК» объединились в одну программу под названием «Новый продукт». Она действует до сих пор,

## Подробности

Программа «Бизнес-мастерская ЯОК» стартовала по инициативе блока по развитию и международному бизнесу госкорпорации «Росатом» в 2016 году. По результатам программы были утверждены 10 стратегий развития новых продуктов ЯОК, которые соответствуют приоритетным бизнес-направлениям «Росатома», они были признаны перспективными и рекомендованы для дальнейшей реализации совместно с отраслевыми интеграторами. 10 проектных команд, представляющих 16 организаций ЯОК, прошли обучение в рамках модулей по темам: «Современные принципы маркетинга и стратегическое планирование», «Капитализация и управление финансами», «Сбыт и продвижение продукции», «Разработка и вывод на рынок нового продукта», «Лидерство и внедрение изменений». В межмодульный период команды вели проектную работу по разработке продуктовых стратегий.

## Основные стратегические программы новых бизнесов

«Цифровые продукты»	«Композиционные материалы»
«Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) и электротехника»	«Умный город»
«Ядерная медицина и технологии»	«Критическая информационная инфраструктура»
«Накопители электроэнергии на основе химических источников тока»	«Продукты и услуги для нефтегазовой отрасли»
«Аддитивные технологии»	«Обращение с отходами производства и потребления»
«Ветроэнергетика»	«Производство лития»
	«Водородная энергетика»

мы обучаем команды, но уже не только ЯОК, а всей отрасли. Опыт оказался очень удачным.

### Механизмы управления

— Что изменилось, когда «цветы» выросли и начали давать плоды? Каким был следующий этап?

**Д. Б.:** Следующий этап наступил в 2019 году, когда количество новых бизнесов стало уже значительным. Сложность системы управления возросла и от количества проектов, и от их сутевого отличия, и от требований. Возможности финансирования уже примерно совпадали с количеством проектов, и стало понятно: этап «пусть растут все цветы» заканчивается, надо выбирать, чем будем серьезно заниматься. Стали появляться крупные государственные задачи, такие как развитие Северного морского пути. Пришло понимание, что на уровне госкорпорации невозможно принимать решения по всему многообразию проектов, поэтому появилось предложение: выделить ключевые проекты, назвать их стратегическими программами и по каждой создать один орган — управляющий совет, где собираются все лица, принимающие решения (стратегический совет как орган более высокого уровня продолжил работу). Первоначально оценивалось, что будет 4–5 стратегических программ. В результате сейчас их 16.

Именно в 2019 году серьезно поменялась стратегическая цель. Наглядно это изменение видно в объеме выручки: если до этого выручка по новым бизнесам оценивалась в 640 млрд рублей, то в 2019 году Алексеем Евгеньевичем Лихачевым была поставлена новая, амбициозная задача — 1,6 трлн рублей (для всей отрасли планируемая выручка — 4 трлн рублей, а по новым бизнесам — 40% от этого показателя). Стало понятно: раз ставятся такие цели, то сама идея создания новых бизнесов, новых направлений деятельности: а) оказалась правильной, б) себя уже оправдала и в) это требует совершенно других механизмов управления. Представляете, какой скачок? Появилось понимание, что естественным ростом этой цели достичь не получится. Но весь опыт атомной

отрасли показывает, что когда ставятся масштабные задачи, нужно просто искать новые пути решения и подходы.

— Какие именно новые решения и подходы можно выделить?

**Д. Б.:** Мы осознали, что можем получить этот результат, только включая в серьезное выстраивание отношений с технологическими, организационными, стратегическими партнерами. Мы начали говорить, что надо заниматься сделками M&A, надо недостающие технологические компетенции «втягивать» в себя. Пример — логистика. Какое отношение «Росатом» имеет к логистике? Самое прямое: мы занимаемся строительством большого количества АЭС за рубежом. Нам очень важно наши грузы правильно (вовремя, с нужной стоимостью и т.д.) доставлять на площадки, и это становится определенным технологическим циклом нашей деятельности. Первоначальным шагом было вхождение в группу «Дело», затем вместе с ними купили «Трансконтейнер». Далее указом президента РФ «Росатому» был передан контрольный пакет акций FESCO, одной из крупнейших транспортно-логистических компаний России. Все это согласуется и с развитием Севморпути: заказчик должен понимать, где его контейнер, когда он будет доставлен. А это совсем другая модель, «Росатом» должен всем этим управлять, имея свои логистические бизнесы.

Понятно, что «Росатом» это делает не только для себя, поскольку мы, как госкомпания, всегда смотрим на задачи страны. И понимаем, что если задача госкорпорации является составной частью государственной, то беремся и выполняем ее в целом для страны. При доставке грузов выгодно большую часть пути проходить в своих водах, то есть по СМП, а потом в нейтральных водах. Это путь на Восток, в те страны, с которыми Россия активно взаимодействует.

Подчеркну, что президент РФ впервые сказал о необходимости обеспечения технологического суверенитета в 2019 году, хотя реально осознали все это,

наверное, только в 2022-м. Но, знаете, может быть, как-то подсознание в «Росатоме» все равно сработало, и наши решения и до 2020 года работали в том числе в этом направлении. И сегодня мы все чаще вместо «новые бизнесы» говорим «проекты технологического суверенитета».

— **Расскажите немного подробнее о развитии взаимодействия с партнерскими бизнесами.**

**Д. Б.:** Мы здесь прошли очень важный путь. Сначала предполагалось: если заключается M&A-сделка, обязательно нужно, чтобы у нас было не менее 50%, мы должны управлять. Затем подход изменился, и сейчас живем в логике партнерских бизнесов, когда мы не считаем нужным иметь долю больше 50%. Например, «Медскан», уже упоминавшаяся «Дело», ряд других компаний, в которых мы работаем вместе с партнером, — они, может быть, лучше понимают рынок, они исторически уже выстроили свою деятельность. И, на мой взгляд, такой подход позволил нам сделать шаг вперед с точки зрения развития новых бизнесов.

Именно совместные управленческие действия с партнером, совместное умение прогнозировать ситуацию, разрабатывать бизнес позволяют достичь тех результатов, которые есть сейчас, и не факт, что по отдельности мы их достигли бы. И, что самое главное, когда рассматривается приобретение бизнеса или вхождение в партнерство, всегда анализируется: как технологические компетенции «росатомовских» предприятий будут задействованы в этом бизнесе. Наши технологии плюс технологии партнеров дадут технологии в квадрате? Если не дадут, то такие сложности ни к чему, мы друг у друга и так можем купить все, что нужно. Но если такое партнерство переводит бизнес в новое качество, то оно действительно нужно для движения вперед.

— **Изменилось ли что-то в механизмах управления новыми бизнесами, которые принадлежат госкорпорации полностью?**

**Д. Б.:** По мере того, как новые бизнесы развиваются, постоянно достраивается и система управления. Поскольку задачи прирастали все больше и больше, принятие решений по продуктовым стратегиям (это направления, которые по объемам, перспективам или срокам скромнее, чем стратегические программы, или находятся в начале своего развития) передали в дивизионы. То есть дивизион самостоятельно принимает решение: продуктовую стратегию утвердить, обновить, закрыть и т.д. Единственное условие: представители блока по развитию и международному бизнесу госкорпорации входят в состав органов принятия решений дивизиона и у них есть право вето по продуктовым стратегиям в нескольких случаях. Во-первых, если показатели вдруг существенно снижаются, то дивизион объясняет почему. Это не значит, что представитель госкорпорации всегда голосует против, но он имеет право вынести вопрос на уровень госкорпорации. И, во-вторых, если этим бизнесом в госкорпорации уже кто-то занимается, то проверяется,

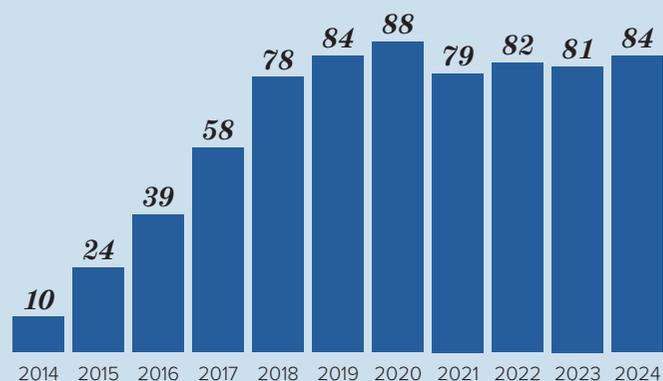
**M&A (mergers and acquisitions, с англ. «слияния и поглощения»)** — это процесс объединения активов двух компаний, сделки, в результате которых собственность компаний или их операционных подразделений передается или консолидируется с другой организацией. С точки зрения стратегического управления сделки такого рода позволяют предприятиям расти или оптимизировать часть бизнеса, изменять его характер и место на рынке. Таким образом, основная цель M&A-сделок — возможность улучшить финансовые показатели и снизить издержки и риски.

чтобы не было дублирования и внутренней конкуренции. Все остальные решения принимаются дивизионом без вмешательства госкорпорации, так что это достаточно гибкая модель.

У дивизионов также есть бизнес-инициативы — проекты, которые пока не могут быть оформлены как продуктовые стратегии или стратегические программы, так как не всегда понятен рынок для такой продукции. Дивизиону дается пара лет, чтобы с этим разобраться, а потом, в случае успеха, перевести бизнес-инициативы в понятные элементы управления, которые есть в госкорпорации.

В прошлом году было принято еще одно решение. Когда образовалось 16 управляющих советов (по каждой из стратегических программ), стало понятно, что в этих советах участвуют примерно одни и те же люди, и их объединили в один комитет по развитию бизнеса. Поскольку вместо 16 управляющих советов появился один комитет, от стратегического совета ему тоже делегировали ряд полномочий, чтобы принимать решения уже на уровне этого комитета, что проще, быстрее и понятнее. Тем самым еще более упростили систему принятия решений. На этом тоже не остановились, полномочия управляющих советов

**Количество новых бизнесов**



передали дивизионам. На мой взгляд, системность управления стратегическими программами и продуктовыми стратегиями сейчас оптимальна.

Важно отметить, что ответственность за развитие новых бизнесов через показатели эффективности пронизывает вообще всю госкорпорацию, все дивизионы, все структурные подразделения. Все находится в одной лодке, каждый должен внести свой вклад в достижение результата в своей функциональной вертикали. У главы госкорпорации есть КПЭ по выручке и портфелю по новым продуктам. У юристов, например, тоже есть такие показатели. Понятно, что юридические работники не должны «бегать по рынку» и что-то продавать. Но скорость согласования договоров, унификация документов и т.д. — это зона ответственности юристов, и они понимают, что чем быстрее принимают решения, тем быстрее появляется выручка. Кадры — та же самая история: чем быстрее кадровые службы решают вопросы с подбором и назначением людей, с оптимизацией структур, тем больше приносят пользу бизнесу. *(О кадровой политике в отношении новых бизнесов читайте на стр. 20.)*

— Все перечисленные меры принесли нужные результаты?

Д. Б.: Прошлый год госкорпорация закончила с выручкой по новым продуктам 1,474 трлн рублей, то есть понятно, что цель 2030 года — 1,6 трлн рублей — будет достигнута уже в этом или в следующем году. Продукция новых бизнесов востребована, и цели, скорее всего, надо менять. Поэтому в прошлом году произошел пересмотр целей на 2030 год, и вместо 4 трлн рублей общей выручки госкорпорации утверждено 5 трлн рублей. По новым бизнесам

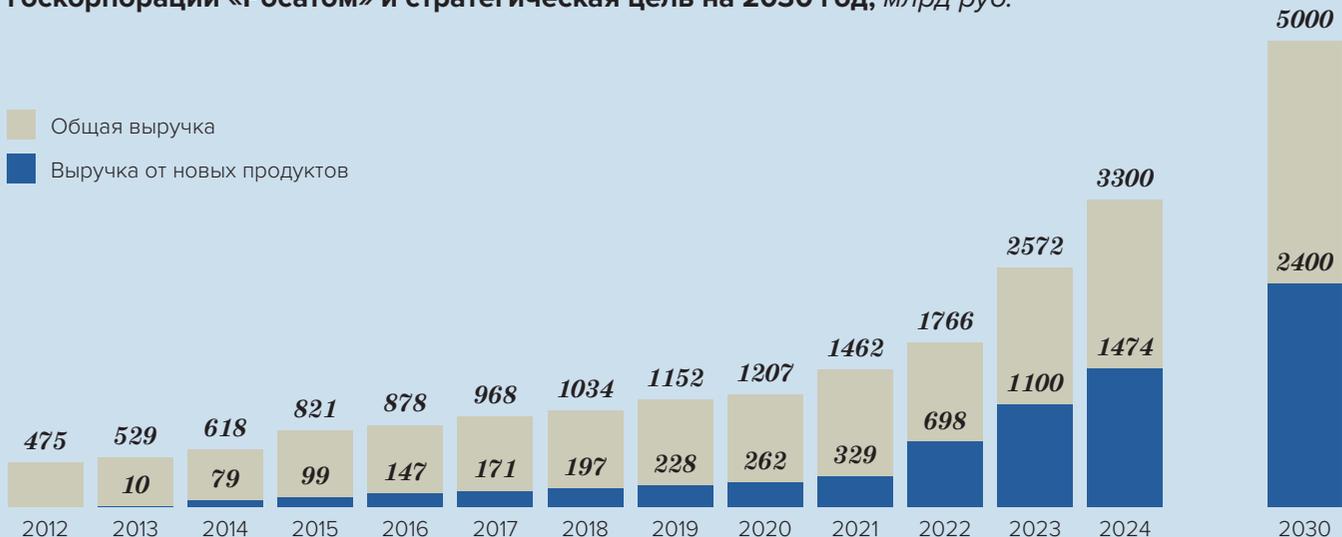
сохраняется доля не менее 40% от общей выручки, но сама цифра — уже 2,4 трлн рублей (считается только внешний по отношению к «Росатому» рынок). Уже сегодня есть понимание, что этой цели можно достичь, просто выполняя все обязательства по реализации имеющихся проектов. Но все равно мы на месте не стоим, движемся вперед, ищем новые направления, дополняем наши компетенции.

### Направления роста

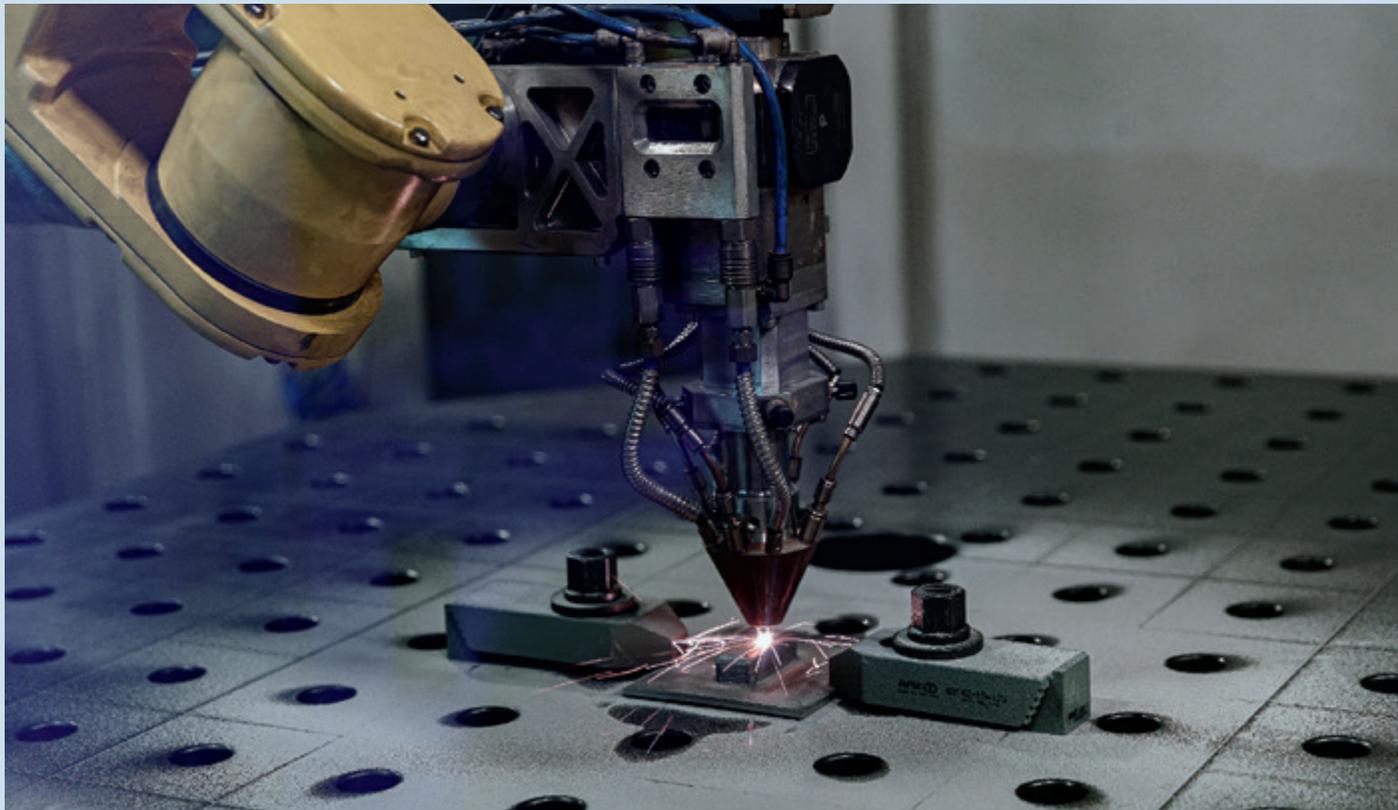
— Просчитывались ли при формировании направлений новых бизнесов взаимодействия между дивизионами?

Д. Б.: Да, это новое организационное направление, которое проявилось, когда занялись ветрогенерацией. В «Росатоме» не было для этого особых технологий и компетенций, кроме того, что исторически он присутствует на рынке электроэнергетики: есть понимание, как работать с электроэнергией, как она продается и покупается, и это тоже определенная компетенция. При этом предприятия госкорпорации могут делать большие электрические машины, хотя в ветроэнергетике они не такие, как на АЭС. В результате началось «обязывание» нового направления различными технологическими переделами, стали вовлекаться различные дивизионы и организации госкорпорации. *(Подробнее о технологической цепочке «Росатома» в ветроэнергетике читайте на стр. 27.)* Сейчас Кирилл Борисович Комаров еще более серьезно к этому подходит. Например, разрабатывается аппарат МРТ, нужно понимать схему распределения работ: кто какой элемент делает, организации «Росатома» или сторонние, если сторонние, то какие. А серию кто будет делать? А сколько штук

Общая выручка (в открытой части) и выручка от новых продуктов госкорпорации «Росатом» и стратегическая цель на 2030 год, млрд руб.



Аддитивные технологии — одно из активно развивающихся направлений новых бизнесов «Росатома», охватывающее полный цикл производства: от разработки и изготовления 3D-принтеров до создания порошковых материалов и оказания услуг в сфере 3D-печати



будет в серии? Так начинает выстраиваться цепочка: что мы производим сами, где нужна кооперация, где нужно приобретение компетенции, то есть покупка компании, а где мы можем предоставить долгосрочный заказ на комплектующие и т.д.

Интегратору иногда с внешними компаниями работать легче. Но становится заметно, что чем дальше, тем больше организации «Росатома», работая и понимая компетенции друг друга, осознают, что со своими работать лучше. Когда построена цепочка, можно, например, получить преференцию с точки зрения системы закупок. Можно рассчитывать на общий консолидированный инвестресурс и т.д. К тому же развиваем в госкорпорации новые компетенции, создавая новые продукты.

— Какие еще точки роста, векторы развития новых бизнесов можно выделить?

**Д. Б.:** Когда создается новый бизнес, идет анализ, какие компетенции есть у нас и чего нам не хватает, чтобы стать более конкурентоспособными — и не только на внутреннем рынке, но и на мировом. И задача ставится так: все новые бизнесы должны иметь экспортный потенциал.

Мы обязательно смотрим, как можно вывести продукт на международный рынок, особенно если продукт может обеспечить так называемый экспорт технологического суверенитета. То есть обеспечить иностранному заказчику возможность формировать свой технологический суверенитет, используя технологии и продукты

«Росатома». У нас есть понятие «система коллективного технологического суверенитета» с дружественными странами. Мы не можем делать все сами, но вместе с другими странами, развивая их определенные технологические компетенции, формируя страновые блоки и альянсы, мы вполне можем построить зону технологической безопасности. Вот в этом, может быть, и есть миссия «Росатома». На зарубежных рынках «Росатом» — это флагман, который заходит в страны со своими технологиями, компетенциями, образованием, формируя определенную культуру взаимоотношений. Таким образом развивается присутствие России, устанавливается больше доверия между странами. И отечественные предприятия могут предлагать свои решения нашим партнерам, чтобы вместе создавать новый технологический ландшафт, который меньше зависит от недружественных стран.

— Есть ли резервы развития на внутреннем рынке?

**Д. Б.:** Примерно два года назад появилось понимание, что внутренний рынок тоже недооценен, и было принято решение активизировать работу в стране по двум направлениям. Первое — это аккаунт-менеджмент, формирование долгосрочных взаимодействий с крупными партнерами. «Росатом» научился очень многое делать для себя, почему бы не помочь нашим коллегам из «Ростеха», «Роскосмоса», «Россетей», «Газпрома», «Транснефти», «Алмаз-Антея» и пр. Мы можем им что-то предложить, можем что-то получить от них. Раньше, как уже упоминалось, наши предприятия предлагали свою продукцию крупным компаниям

самостоятельно, и зачастую это ничем не заканчивалось. И Кирилл Борисович Комаров принял решение работать с крупными партнерами через «одно окно», то есть через конкретного человека, который взаимодействует с определенной компанией. Была поставлена задача выстроить взаимоотношения с топ-менеджментом этих компаний, и это стало приносить положительные результаты. Наша организация «Росатом Международная сеть» занимается такой же деятельностью на международной арене, где есть свои культурные и законодательные отличия, другие нюансы, и коллеги умеют с этим работать. *(Подробнее об аккаунт-менеджменте и других направлениях деятельности РМС по продвижению продуктов новых бизнесов за рубежом читайте на стр. 16.)*

Это важная составляющая. Чтобы предлагать какие-либо решения, необходимо изучать нужды нашего партнера. Специально мы никому ничего

не навязываем, но всегда есть простой путь, который поможет взаимодействию. Так выстраивается очень важная система взаимоотношений, взаимопомощи. И самое главное, что это тоже идет на благо страны, на благо тех территорий, где присутствует не только «Росатом», но и эти компании.

И как раз вторая составляющая, которой мы начали заниматься, — это работа с регионами. «Росатом» традиционно уделяет внимание работе с городами и регионами присутствия, сейчас к этой деятельности подключились и новые бизнесы. У регионов есть задачи, в решении которых новые бизнесы «Росатома» точно могут помочь. Мы стараемся активно показать это в регионах, взаимодействуя с губернаторами, проводя стратегические сессии, «Дни "Росатома"», рассказывая о наших возможностях. Предприятия «Росатома» расположены в разных регионах страны, высококвалифицированные специалисты нужны во всех регионах, а не только в Москве, и для этого им нужно создавать достойные условия жизни у себя дома. Но нельзя создать хорошие условия для работников предприятия и какие-то другие для остальных жителей. Если говорить о новых бизнесах, «Росатом» может прийти в регион с «Умным городом», электрозаправками, накопителями энергии, композитными мостами, с медицинским обслуживанием и еще много с чем. Причем это касается не только регионов присутствия «Росатома», а всей страны. На этот год у нас план поработать по 10 регионам. Это серьезная работа: мы проводим встречи с губернаторами и общественностью, находим точки соприкосновения, подписываем дорожные карты по проектам, начинаем их реализацию. Где-то уже вовлечены интеграторы, а где-то пока идет предварительное ознакомление. «Росатом» организует в разных регионах производства новых продуктов, создавая рабочие места, увеличивая доходы в местные и региональные бюджеты, диверсифицируя местную экономику. *(Подробнее о работе по развитию новых бизнесов в регионах — на стр. 14.)*

## Подробности

В апреле 2025 года в Кызыле (Республика Тыва) прошла стратегическая сессия «Росатома» и правительства республики, на которой была представлена программа по возможному взаимодействию региона и госкорпорации до 2030 года. Основой для документа стали данные комплексного анализа экономики региона, проведенного Отраслевым центром развития инноваций «Росатома». При планомерном развитии предложенных якорных направлений объем валового регионального продукта республики может вырасти на 40%. По итогам встречи был составлен проект дорожной карты развития перспективных направлений. В частности, планируется подготовить предложения в области технологий освоения Арысканского и Улуг-Танзекского (содержит запасы лития, ниобия, тантала и других металлов) месторождений в сотрудничестве с операторами госкорпорации «Росатом» и другими предприятиями горнодобывающей отрасли. Также стороны обсудили возможности размещения в республике объектов генерации, в частности малых ГЭС. В разделе «Логистика» прошла презентация сервисов транспортной группы FESCO. Представители АО «Росатом РДС» и Министерства здравоохранения Республики Тыва договорились рассмотреть возможность поставок в республику нескольких видов специализированного медицинского оборудования для проведения клинической апробации. ООО «Росатом Аддитивные технологии» совместно с Министерством образования Республики Тыва и Тувинским государственным университетом планируют открыть ряд учебных центров аддитивных технологий на базе образовательных учреждений.

## Кадры во главе угла

— **Хватает ли кадров для выполнения всех этих масштабных задач?**

**Д. Б.:** Для новых бизнесов нужны новые кадры, а какие — сразу и не понятно. На Севморпути кто нужен: капитан, логист или человек, работающий с малыми народами Севера? Многие жители нашей страны не знают, что «Росатом» — это давно не только атомная энергетика, и воспринимают образование, необходимое для работы в госкорпорации, как ядерную физику или близкие специальности. И мы должны рассказывать о том, что такое новые бизнесы и какие кадры для них нужны.

Другой аспект. Инженеры долгое время были в нашей стране невостребованной специальностью: все купим у китайцев, японцев, американцев и еще у кого-нибудь. А в эпоху необходимости обеспечения технологического суверенитета инженеры вновь стали очень нужны. По инициативе Кирилла Борисовича

Комарова вместе с коллегами организовали в МИФИ программу «Экономическое мышление инженера» (подробнее — на стр. 24), смысл которой в том, что каждый инженер должен понимать экономические последствия принимаемых технических решений. И в результате столкнулись с тем, что сначала надо обучить экономической мысли преподавателей. Это сложно. Но эффект потихоньку появляется. Этим нужно заниматься, потому что экономика — это кровеносные сосуды всей жизни страны.

**Д. Ф.:** Экономика — это общественная наука, а без нормальных общественных отношений не будет ничего, в том числе технологий и производств. Пример — гражданская авиация, которой сегодня уделяется много внимания. Со времен СССР и до сих пор наша страна еще обладает большим количеством технологий в этой сфере. Компетенций много, «придумок» много. В Советском Союзе гражданские самолеты были. Сейчас есть металлы, стекла, двигатели, даже сборочные заводы. Всё есть — самолетов нет. Почему? Потому что в 1990-е годы развалили общественные отношения в виде кооперации, связанных цепочек производства, системы подготовки кадров. Сейчас в срочном порядке все это восстанавливаем. В этом плане атомная отрасль сумела сохранить в сложные годы свое единство, что и послужило базой для сегодняшнего развития.

Программа «Экономическое мышление инженера» — это один из кирпичиков в общем направлении необходимых изменений в образовании. В «Росатоме», как в структуре хозяйствующей, часто есть потребность совмещения у одного человека разных образований. Инженер должен понимать экономическую суть того, что он делает, а это как минимум два образования, пускай второе не совсем полное, но должно быть базовое понимание экономики. Или производство медтехники: у инженера обязательно должны быть медицинские познания. То же касается производства радиофармпрепаратов и т.п. То есть сегодня много профессий, в том числе востребованных в новых бизнесах «Росатома», которые существуют на стыке разных направлений подготовки.

**Д. Б.:** Работа с вузами в целом очень важна, потому что кадры нам нужны высокопрофессиональные, а скорость изменения технологий высока. Специалист пять лет учится, потом три года адаптируется на предприятии и в это время еще ничего не выдает на-гора, а технологии все это время меняются, зачастую кардинально. Это вызов для системы образования — быстро подстраивать программы обучения под изменения и нужды заказчика. Но мы понимаем, что без вовлечения будущего работодателя в процесс обучения нельзя получить специалистов, которые будут решать новые задачи. Мы должны участвовать в процессе на всех этапах, а не только выдавать требования, какие специалисты нужны.

### На новом уровне

— Если подвести итог, то как бы вы определили некую сверхзадачу развития новых бизнесов?



**Д. Б.:** У «Росатома» есть важная особенность: это госкорпорация, которая, с одной стороны, обладает некими функциями органа государственной власти, но, с другой стороны, может заниматься еще и бизнесом. «Росатом» участвует в выработке государственных задач в своей сфере деятельности, предлагает, как их решать, и сам участвует в их реализации. И как результат, компания, наделенная государственными функциями, способна и имеет возможность обеспечить стране (пусть в определенных сферах) не только технологический суверенитет, но и технологическое лидерство.

Если говорить о кадровой составляющей нашей работы, мы же не всех выпускников опорных вузов берем к себе, а для всей страны готовим специалистов с учетом изменения существующих технологий, создания новых технологий.

В этом же ряду вопросы территориального развития, поскольку для того, чтобы страна нормально существовала и развивалась, в разных регионах страны должны быть определенные значимые компетенции: любой город формируется вокруг какой-то задачи, какого-то производства. И здесь «Росатом» участвует в решении задач и федерального, и субфедерального, и муниципального уровня, прежде всего там, где живут и работают наши сотрудники. Если брать традиционные направления деятельности «Росатома», то все уже в целом выстроено и работает. А развитие новых направлений, то, что заставляет размышлять, менять систему управления, выстраивать отношения, — это, на мой взгляд, и есть то, что необходимо нашей стране для развития. Это пример новой экономической модели, которая позволяет двигаться вперед. И наши проекты технологического суверенитета — это как раз то новое, что мы привносим в эту модель и что является своего рода «топливом» для развития всей страны.

### На фото

Опираясь на научный, технологический и производственный потенциал предприятий атомной промышленности, «Росатом» ставит своей целью внести максимальный вклад в решение задачи национального масштаба — в формирование в России массового производства электротранспорта, а также необходимой инфраструктуры

# Выявляем потребности — предлагаем решения

Направления работы «Росатома» по продвижению новых продуктов и бизнес-инициатив в российских регионах



**Дмитрий Кочергин**

Директор проекта департамента по взаимодействию с регионами госкорпорации «Росатом»

**Департамент по взаимодействию с регионами госкорпорации «Росатом» с начала 2024 года активно включился в продвижение новых продуктов — в обеспечение поддержки на уровне региональных правительств. Именно руководство субъекта Федерации — наиболее удобная точка системного входа на территорию для тех руководителей проектов и специалистов, которые непосредственно отвечают за продажи. О том, как продвигаются новые продукты и бизнес-инициативы, рассказывает Дмитрий Кочергин, директор проекта департамента по взаимодействию с регионами госкорпорации «Росатом».**

— Наш департамент работает с органами государственной власти, в том числе в регионах. Задача по продвижению новых продуктов «Росатома» была поставлена нам первым заместителем генерального директора — директором блока по развитию и международному бизнесу Кириллом Комаровым в конце 2023 года, после чего работа активно развернулась по ряду направлений.

Первое — это серия мероприятий «Дни «Росатома»», мы проводим их совместно с департаментом поддержки новых бизнесов (ДПНБ), которым руководит Дмитрий Байдаров. Мы заблаговременно организуем встречу представителей органов власти, институтов развития и местного бизнеса с представителями предприятий госкорпорации — бизнес-интеграторами, руководителями проектов. На этих встречах презентуем свои продукты и возможности, договариваемся о дальнейшей работе. Как правило, после проведения «Дня «Росатома»» подписываем дорожную карту с региональным правительством — на уровне председателя или первого зампреда правительства региона. В этом документе прописаны проекты и сроки мероприятий, которые будут совместно реализованы на местах.

Второй формат продвижения, также стартовавший в 2024 году и проводимый совместно с ДПНБ, — это бизнес-миссии, которые развивают формат стратегических сессий, проводившихся с 2022 года. В их рамках проводятся выезды представителей

бизнес-интеграторов «Росатома» для деловых встреч в органах власти, на предприятиях регионов, у потенциальных заказчиков. Мы помогаем в организации встреч с представителями региональных правительств, иногда участвуем в проведении переговоров.

Третий формат продвижения, стартовавший по инициативе директора отраслевого центра развития инноваций «Росатома» Станислава Кречетова, в который мы активно включились, — это разработка стратегий социально-экономического развития регионов. В настоящее время завершается работа над такой стратегией для Республики Тыва, в работе — стратегией для Омской, Самарской и Тульской областей. Во все эти документы мы добавляем бизнес-предложения «Росатома», если в них заинтересованы субъекты.

Также продвижение новых продуктов «Росатома» находит отражение в проектах тех соглашений, которые подписывает глава госкорпорации Алексей Лихачев с губернаторами. В начале июня подписано соглашение с губернатором Нижегородской области Глебом Никитиным на форуме «ЦИПР», подобные документы подготовлены для подписания с главами регионов на Петербургском международном форуме и готовятся для подписания на Восточном экономическом форуме.

Эти и другие мероприятия позволяют представителям госкорпорации познакомить бизнес регионов с линейкой предложений «Росатома», заинтересовать, приступить к процессу реализации. Все мероприятия объединяются в сводный план, и на 2025 год в нем более 800 мероприятий. Работа расширяется: в 2024 году была примерно половина от этого количества. Наша задача — охватить продвижением новых продуктов «Росатома» всю территорию страны, причем особое внимание мы уделяем субъектам Федерации, где госкорпорация исторически не присутствовала. Понятно, что в регионах присутствия (там, где есть крупные предприятия, научные организации, АЭС) госкорпорацию уже знают и контакты с органами власти нашим интеграторам наладить легче. Мы же сосредотачиваем усилия там, где «Росатом» представлен меньше. В этом году мы поставили себе задачу провести десять «Дней «Росатома»» и работаем над такими встречами в Пермском и Ставропольском крае, на Дальнем Востоке; проявляет заинтересованность во встрече Кабардино-Балкария.

## Прямая речь

Приоритетные продукты, наиболее востребованные регионами, — это композитные решения, которые продвигает соответствующий дивизион госкорпорации; например, у них есть интересные предложения по шпунту, конструкционным изделиям для строительства мостов. «Медскан» развивает направления по медицине, в том числе активно продвигает оборудование и создает сеть клиник по проектам ГЧП и концессиям. Недавний пример — очередная клиника, открывшаяся в Перми в начале года. Развивают свою деятельность наши логистические компании, такие как FESCO, группа «Дело», сейчас они активно наращивают объем транспортных услуг с опорой на возможности Северного морского пути. Широкие линейки предложений — у «Росатом Сервис», «Росатом Инфраструктурные решения», это целая линейка продуктов в сфере энергетики, экологии. Интересный проект, который активно развивается в Омске, — это «умные» пешеходные переходы, они оборудуются возле детских садов и школ и существенно повышают безопасность.

Мы ожидаем роста запросов со стороны «Росатома» на наше содействие продвижению новых продуктов. Во взаимодействии с интеграторами и представителями новых продуктов формируем программы «Бизнес-дни», готовим встречи. Активизировались предложения гражданской продукции от предприятий ЯОК, там формируется большая линейка продуктов для внутрисервисного рынка, с 2025 года они активно включились в продвижение. Много предложений поступает от цифрового блока — это вычислительные системы, системы критической информационной инфраструктуры, программное обеспечение. Некоторые мероприятия мы проводим с заделом на среднесрочную перспективу — например, участвуем в организации «Квантовой недели» в Омске; эта тематика интересует также Нижегородскую область, Башкирию. Большой интерес регионы проявляют к развитию электромобильности, к инфраструктуре электрозаправочных станций.

Продвижению продуктов «Росатома» хорошо содействует имидж, сложившийся у госкорпорации. Это хороший фон, помогающий нашей работе. Даже там, где «Росатом» не присутствует, нас воспринимают как обязательного по срокам и качеству, технологически развитого партнера с широким спектром возможностей. Главная сложность и для нас, и для бизнес-интеграторов — помочь сориентироваться в возможностях сотрудничества, поскольку в контуре госкорпорации порядка 600 организаций и предприятий и в рамках одного-двух мероприятий сложно показать весь спектр наших продуктов и потенциал, который есть в «Росатоме». Одно только направление высокотехнологичной медицины — это десятки технологий. Даже в некоторых крупных городах собеседники иногда с удивлением узнают: «оказывается, «Росатом» занимается и медициной, и химией». Программное обеспечение — тоже несколько десятков предложений, от проектно-конструкторского софта до решений по управлению городской инфраструктурой. Поэтому на этапе



## Марина Курдакова

Директор департамента по взаимодействию с регионами госкорпорации «Росатом»:

— Работа по продвижению новых бизнесов началась с проведения стратегических сессий, которые департамент по взаимодействию с регионами начал проводить с 2022 года совместно с департаментом поддержки новых бизнесов. Обновленный формат этих встреч — дни госкорпорации «Росатом», которые мы совместно организуем в регионах второй год. Формат работы в виде таких расширенных стратегических сессий востребован и регионами, и руководителями бизнес-направлений «Росатома». Проведенные мероприятия позволяют формировать команды из профильных компетентных специалистов, которые продолжают заниматься разработанными проектами и способны довести их до успешной реализации.

подготовки мероприятий нам важно оценить потребности региона — тогда по выявленным направлениям готовятся наиболее интересные для территории презентации. В продвижении новых продуктов активно задействованы наши представительства, созданные в федеральных округах. Представители, находясь на местах, выявляют потребности регионов, участвуют в организации встреч.

В процессе развития нашей работы по продвижению новых продуктов «Росатома» для нас важно, чтобы увеличивалось количество реализованных проектов. Мы не задействованы напрямую в продажах, но непосредственно влияем на их подготовку через взаимодействие с представителями региональных правительств. Как в любом рыночном процессе, количество переговоров не означает напрямую, что вырастет и прибыль. Многие переговоры имеют отложенный эффект, не везде для реализации предложений сегодня есть достаточный объем финансирования и так далее. Но «ответственность за результат» — не просто слова, и в наших общих КПЭ есть пункт об экономических результатах работы, его выполнение мы считаем важнейшим. На данный момент, когда уже завершён второй квартал, этот пункт — в «зеленой» зоне, и мы рассчитываем, что ситуация не изменится.

Текст: Юлия Долгова

Фото: «Росатом», «Аккую Нуклеар»

# «Сегодня нужно понимать, что хочет рынок»

Задачи «Росатома» по продвижению продуктов новых бизнесов за рубежом



**Егор  
Квятковский**

Первый заместитель генерального директора частного учреждения «Росатом Международная сеть»

**Экспорт высокотехнологичных решений и трансфер компетенций являются ключевыми драйверами для укрепления позиций России на мировом рынке. Опыт российской атомной энергетики показывает, что наиболее эффективное сотрудничество выстраивается, когда экспортер готов адаптировать свою продуктовую линейку под индивидуальные особенности рынка страны и региона. Сегодня «Росатом» присутствует более чем в 60 странах мира, а портфель зарубежных заказов госкорпорации составляет порядка \$200 млрд. О том, как строится работа по продвижению продуктов новых бизнесов за рубежом, «Вестнику атомпрома» рассказал первый заместитель генерального директора частного учреждения «Росатом Международная сеть» (РМС) Егор Квятковский.**

— Перед «Росатомом» в настоящее время стоит задача не только достижения технологического суверенитета России, но и обеспечения технологического лидерства на международной арене. Какие новые направления появляются в этой связи в вашей деятельности?

— Сегодня быть просто поставщиком товаров и услуг — недостаточно. В современных условиях, когда Россия делает ставку на технологический суверенитет, а «Росатом» одновременно решает задачу укрепления международного лидерства, важно не только продавать то, что уже создано, но и выстраивать деятельность вокруг потребностей рынка и клиента. Поэтому одна из основных задач, стоящих в настоящее время перед блоком по развитию и международному бизнесу «Росатома», — это трансформация системы маркетинга, продвижения и продаж, а также ее синхронизация с системой производства и выстраивание в логике проектирования и кастомизации наших продуктов под запросы рынка и клиентов. Мы стараемся очень плавно перейти от привычного продуктового маркетинга к региональному, страновому и клиентскому маркетингу. Это сегодня один из главных трендов в международной деятельности «Росатома».

Вторая ключевая задача, которую хотелось бы осветить, — это разработка многоуровневых стратегий, которые тесно связаны между собой.

Сегодня крайне важно расставить по приоритетам, какие рынки наиболее перспективны, какие проекты заслуживают первоочередного внимания, где мы получим наибольшую отдачу. Мы уже третий год занимаемся формированием страновых стратегий и планов. Возглавляет эту работу блок по развитию и международному бизнесу, а «Росатом Международная сеть» является оператором страновых стратегий и планов, то есть фактически формирует эти документы. Но мы делаем это далеко не в одиночку. Вовлекаем предприятия отрасли, ориентированные на международный бизнес. С одной стороны, мы рассказываем дивизионам об актуальной рыночной конъюнктуре, подсвечиваем перспективные тренды. С другой — взвешиваем продукты и проекты, которые есть у дивизионов, и находим ниши, где такие продукты могут соответствовать рынку. Совместно мы структурируем и определяем (исходя из социально-экономических показателей разных стран, из потенциалов рынка, которые нам интересны) те проекты и продукты, которые в этих странах «выстрелят». И занимаемся тем, что формируем конкретные планы действий в этих странах в соответствии с рыночными возможностями. Для нас это как раз дает возможность приоритизации: работать так, чтобы не расплывать наши силы и внимание, а концентрироваться на наиболее перспективном.

Список приоритетных стран мы для себя определили на основании целого ряда рыночных предпосылок. По одиннадцати стратегии уже написаны и утверждены, еще по шести будут подготовлены в этом году. Дальше будем двигаться в той же логике. Задача заключается в том, чтобы по всем приоритетным странам иметь четкую стратегию развития деятельности «Росатома» и продвижения как традиционных, так и новых продуктов. Таким образом, речь идет не просто о выходе на новые рынки, а о комплексной системе международного позиционирования «Росатома» как глобального технологического лидера, гибко адаптирующегося к изменяющемуся миру и умеющего работать с будущими запросами, а не только с текущими потребностями.

— С разными странами вы строите сотрудничество по-разному? От чего зависит модель взаимодействия?

— Да, действительно, модель взаимодействия с каждой страной мы выстраиваем индивидуально. Унифицированного подхода не существует, потому

что слишком много факторов влияет на архитектуру партнерства: уровень социально-экономического развития, энергетические потребности, политическая воля, степень готовности к технологическому сотрудничеству, наличие инфраструктуры, регуляторные условия и многое другое. У нас глобально есть три модели работы со странами. Все зависит от того, с каким продуктом мы приходим на тот или иной рынок.

Первый формат — работа в странах, куда мы изначально приходим с проектами в области атомной энергетики. Это наш флагман, стратегически значимый продукт, с которым «Росатом» давно ассоциируется на глобальном уровне. Проект в области атомной энергетики в этом смысле — своего рода «драйвер доступа» к системной работе на рынке, и, продвигая его, мы получаем возможность предлагать достаточно широкую линейку направлений новых бизнесов. Это очень действенный канал, потому что зеленый свет на высоком уровне по ключевому проекту дает нам хорошую почву для работы с госструктурами, крупным бизнесом, муниципалитетами по линейке других продуктов.

Второй тип работы — обратная модель, когда мы изначально приходим в страну с новыми бизнесами. Яркий пример — это Кыргызстан, куда мы вошли с проектами гидроэлектростанций, ветроэлектростанций, реализовали уже несколько проектов ТЭО для мини-ГЭС, в 2023 году подписали контракт на строительство ветропарка мощностью 100 МВт в Иссык-Кульской области Кыргызстана (это первый ветроэнергетический проект «Росатома» за рубежом). И эти новые бизнесы позволили усилить наши позиции в общении с Министерством энергетики Кыргызстана по проекту атомной станции малой мощности. То есть мы вошли на рынок страны через новые продукты, и это стало мостиком к усилению сотрудничества в традиционной для нас сфере.

Есть и третья модель, и сейчас она находится в стадии формирования. Мы отработываем ее с партнерами в Беларуси, это формат выстраивания многогранных отношений. С одной стороны, мы реализуем определенную продукцию нашим белорусским партнерам. С другой — определяем продукцию, которую можем купить в Беларуси для развития технологического суверенитета России, для целей «Росатома». И, наконец, третий элемент, к которому мы сейчас продвигаемся, — это когда мы вместе с белорусскими партнерами начнем осуществлять совместные проекты либо в Беларуси, либо в России, либо вообще в третьих странах. Это действительно уникальная модель, которая базируется на стремлении лидеров наших стран всесторонне развивать интеграцию и сотрудничество, и мы со своей стороны решаем бизнес-задачи. Такую модель мы будем в дальнейшем мультиплицировать в других странах. Такой адаптивный подход позволяет нам не только предлагать стране то, что ей действительно нужно, но и выстраивать доверительные отношения на длительный срок. Ведь для нас международные проекты — это не просто экспорт, а стратегическое партнерство на десятилетия.

Госкорпорацией «Росатом» и Министерством энергетики Кыргызской Республики подписан меморандум о сотрудничестве в сооружении атомных станций малой мощности. В рамках меморандума стороны выражают заинтересованность в развитии сотрудничества по сооружению АСММ на базе реакторной установки РИТМ-200Н. Также меморандум предполагает содействие в развитии ядерной инфраструктуры Кыргызстана и совместную работу по повышению квалификации научно-технического персонала в различных областях мирного использования атомной энергии.

— Как вы определяете, страна в целом приоритетная или нет?

— В 2023 году, когда мы систематизировали работу по формированию государственных стратегий, ключевым элементом для нас, конечно, было присутствие «Росатома» в стране. Безусловно, когда ты построил или строишь атомную станцию где-либо, эта страна для тебя уже базово является приоритетной. Ты можешь продолжать развивать традиционный бизнес и продвигать новый. Страны, где мы не строили или не строим атомные станции, но планируем, — это тоже наш приоритет.

Если же проектов по строительству АЭС пока нет, то мы оцениваем общее состояние экономики страны, изучаем рынок. Анализируем драйверы развития экономики, какие рыночные ниши сегодня существуют в этих странах, насколько они наполнены

На фото

Первый серийный 3D-принтер «Росатома» RusMelt 310M. «Росатом» предлагает зарубежным заказчикам не только поставку оборудования и материалов для печати, но и обучение сотрудников



конкурентами, какую долю из этих ниш мы можем забрать себе, на что можем претендовать.

Все это рассматривается с точки зрения продуктов, которые у нас есть. Здесь важна емкость и перспектива рыночных ниш и корреляция наших продуктовых решений с ними. И это главный фактор, который позволяет определить приоритетность страны, чтобы написать под нее стратегию, планы, и затем заниматься уже непосредственно работой по продвижению нового бизнеса.

#### — РМС координирует всю эту комплексную работу?

— «Росатом Международная сеть» — это структура, которая играет ключевую роль и является фактически форпостом «Росатома» в зарубежных странах. И там, где мы присутствуем, мы координируем работу, что называется, «на земле». И в целом, если говорить про экспортную деятельность «Росатома» в части новых бизнесов, РМС является ответственной структурой с точки зрения их продвижения за рубежом — мы обеспечиваем организациям госкорпорации «Росатом» максимально благоприятные условия для ведения их бизнеса за рубежом.

Важно понимать, что в международной деятельности у нас условно выделяются два направления: атомные и новые бизнесы. В атомных, таких как строительство АЭС большой и малой мощности, поставки ядерного топлива, сервисное обслуживание и др., основную роль играют отраслевые интеграторы. Здесь РМС выступает скорее в партнерской и поддерживающей роли: мы обеспечиваем выстраивание отношений и взаимодействие с локальными контрагентами, создаем условия для диалога и продвижения, работаем с общественной приемлемостью атомных технологий в стране, совместно со страной и при поддержке МАГАТЭ развиваем ядерную инфраструктуру, но сами продукты ведут профильные дивизионы.

## Справка

**Аккаунт-менеджмент** — это неотъемлемая часть бизнеса, которая заключается в процессе управления отношениями с действующими и потенциальными клиентами. В фокусе аккаунт-менеджмента — построение долгосрочных и взаимовыгодных стратегических отношений с клиентом, которые выходят за рамки простых продаж, а также поиск новых возможностей для сотрудничества. Аккаунт-менеджер изучает бизнес клиента и цели этого бизнеса и способствует их достижению, выступая в роли постоянного контакта для клиента.

Совершенно иная ситуация — в новых бизнесах, где наша ответственность полная: от формирования рыночной гипотезы до постконтрактного сопровождения. Мы начинаем с маркетингового анализа, выявляем потенциальные точки входа, оцениваем рыночные предпосылки, выстраиваем контакт с потенциальными заказчиками, вместе с дивизионами «Росатома» проводим переговоры с заказчиками, помогаем предприятиям готовить и заключать контракты, при необходимости «держим руку на пульсе» в ходе их исполнения и развиваем отношения дальше. Это работа на всем жизненном цикле взаимодействия, и здесь РМС — надежный партнер предприятий отрасли на зарубежных рынках. Мы не идем впереди предприятий, а, скорее, «заводим» их на рынки, обеспечивая все возможности для эффективной работы.

И нам очень важно, чтобы это были не разовые сделки, а выстраивание длительных и устойчивых взаимоотношений с партнерами в странах. Именно под такие задачи в отрасли сформирован институт аккаунт-менеджмента. Фактически РМС и раньше был аккаунт-менеджером по странам, далее в отрасли был принят подход по формированию отдельных систем работы с клиентами и партнерами в РФ и за рубежом. Это необходимо для обеспечения связки между международной деятельностью и российскими производственными центрами компетенций, предприятиями и партнерами.

#### — Почему важно объединение всех трех этих элементов аккаунтинга в одной структуре?

— Во-первых, важна единая методология работы, единые принципы. Когда управление строится на одних и тех же принципах, в том числе в части анализа, взаимодействия с заказчиком, постановки целей, формирования продуктового предложения и сопровождения клиента, — мы получаем синхронизированную, предсказуемую и управляемую систему.

И во-вторых, когда в одной организации совмещаются компетенции по страновому, зарубежному и российскому аккаунтингу, именно в этих точках пересечения сегодня все чаще рождаются новые бизнес-идеи и кросс-рыночные решения. Например, наш специалист, курирующий авиастроение, начал взаимодействовать с Беларусью и «Белавиа», параллельно работая с «Аэрофлотом». Это позволило ему посмотреть на задачу иначе — не как на два отдельных проекта, а как на возможность сформировать единый, более масштабный рынок с синхронизированными требованиями и большими объемами закупок. А это уже совсем другой уровень привлекательности для наших предприятий и производителей, которым важно масштабирование и устойчивость спроса.

— Вы упомянули проекты по строительству различных энергетических объектов, мы часто пишем о сотрудничестве «Росатома» с зарубежными странами в области ядерной медицины. Есть ли примеры интересных иностранным заказчикам

### продуктов новых бизнесов, которые не связаны с электроэнергетикой и ядерными технологиями?

— Большой интерес зарубежных заказчиков сегодня фиксируем в отношении аддитивных технологий (3D-принтинг). Казалось бы, в этом сегменте прочно доминируют китайские поставщики. Однако не все страны с потребностью в 3D-принтерах готовы покупать изделия китайского производства по соображениям качества, сервисной поддержки, технологической совместимости и просто политической чувствительности. Это открыло для нас окно возможностей, которое мы сейчас активно осваиваем. Важно отметить, что в этом направлении «Росатом» предлагает не только поставку оборудования и сырья к нему в виде порошков, но также обучение сотрудников, которые будут работать на оборудовании, по сути, создавая целую отрасль внутри страны-партнера.

И для нас это очень интересная ниша, которую мы сейчас должны продолжать развивать. И это как раз тоже абсолютно параллельная история и международного, и российского аккаунтинга. Может быть, это неочевидная связь, но она есть, и она работает очень хорошо.

Уже есть конкретные результаты. Несколько тендеров выиграно в Индии, коллеги готовят оборудование, производят под заказчика. Параллельно коллеги вместе с партнерами в Республике Беларусь собираются открывать центр 3D-печати под Минском, где сосредоточены крупные производственные компании.

Это отличный пример того, как новые технологические компетенции «Росатома» начинают работать на внешние рынки, не имея прямой связи с атомной энергетикой.

— Какова в вашей работе роль «мягкой силы» — формирования благоприятного облика российской атомной отрасли в зарубежных странах?

— Формирование благоприятного облика российской атомной отрасли за рубежом напрямую влияет на наши экспортные возможности, уровень

доверия и устойчивость присутствия «Росатома» в мире.

Атомная отрасль — это не просто высокотехнологичный бизнес, а сфера, находящаяся под пристальным вниманием общества, регулирующих органов и политических структур. Любой проект — особенно если речь идет о строительстве атомной станции — требует не только согласования на уровне министерств и правительств, но и широкой общественной поддержки. И вот тут доверие к «Росатому» и российским технологиям становится ключевым фактором.

Что входит в это понятие в нашей практике? Мы укрепляем доверие через образовательные инициативы, вовлечение местных сообществ в выставочную деятельность. Мы последовательно формируем понятный, открытый и дружелюбный образ российской атомной отрасли. Работаем с молодежью и экспертами из профессиональной или академической среды. Поддерживаем локальное развитие, создавая рабочие места, передавая технологии и участвуя в инфраструктурных проектах. Все это позволяет закрепить нас как надежного и открытого партнера — а это зачастую становится конкурентным преимуществом, не менее важным, чем цена или срок реализации проекта.

Мы не просто поставляем технологии — мы строим долгосрочные отношения, и в этих отношениях важен не только продукт, но и то, как нас воспринимают.

### На фото

Развитие межкультурного диалога — важная составляющая зарубежной деятельности «Росатома». Накануне одного из наиболее значимых национальных праздников Турецкой Республики — Праздника национального суверенитета и дня детей — «Росатом» провел мероприятие для школьников региона, где идет строительство АЭС «Аккюу»



Текст подготовила Дарья Быстрова

Фото: «Росатом Возобновляемая энергия», «Росатом», газета «Страна Росатом» / Игорь Захаров

# Кадровый потенциал в центре внимания

*Как строится кадровая политика госкорпорации в отношении новых бизнесов*



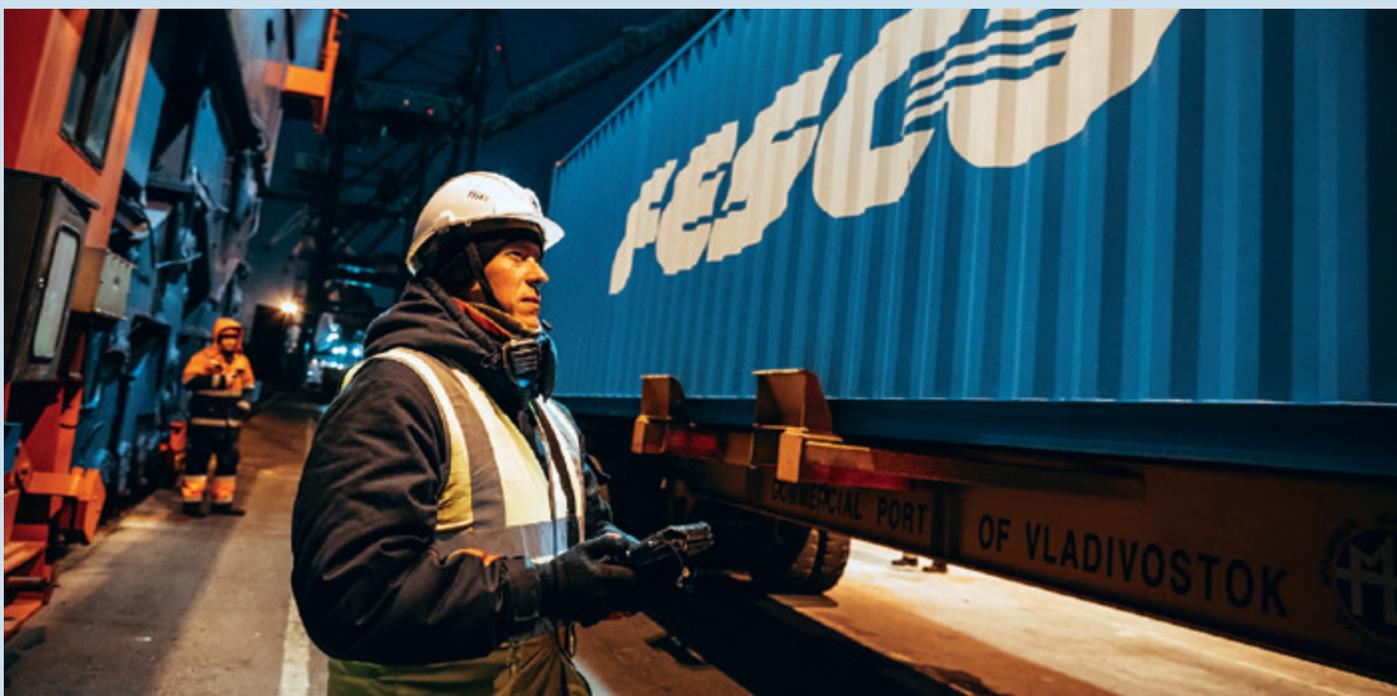
## Андрей Бешко

Заместитель директора департамента кадровой политики — руководитель программы развития кадрового потенциала новых бизнесов госкорпорации «Росатом»

Для дальнейшего развития новых направлений бизнесов «Росатом» необходимо обеспечить образованными, квалифицированными и мотивированными специалистами. Госкорпорация сегодня занимается теплоэнергетикой, ветроэнергетикой, композитными материалами, аддитивными технологиями, экологическими решениями, цифровыми технологиями, транспортной логистикой, медициной и многими другими новыми направлениями, которые определяют будущее страны. Помимо задач бизнеса, госкорпорации необходимо решать задачи по достижению технологического суверенитета, поэтому для «Росатома» кадровый вопрос — в зоне повышенного внимания. О кадровых вызовах и роли служб персонала новых бизнесов «Вестнику атомпрома» рассказал заместитель директора департамента кадровой политики — руководитель программы развития кадрового потенциала новых бизнесов госкорпорации «Росатом» Андрей Бешко.

Мы мыслим так: для нас фокус внимания — это бизнес и его успех. Бизнес делают люди, успешный бизнес делают высокопрофессиональные, амбициозные, вовлеченные и сплоченные команды. Задача служб персонала новых бизнесов — помочь сформировать и удержать такие команды, а также предоставить им все необходимые условия для достижения успеха.

Но важно понимать, что новые бизнесы «Росатома» очень разные — по виду деятельности, зрелости системы управления, количеству сотрудников, модели управления, доходности и т.д. При этом с точки зрения кадровой политики можно выделить две основные категории. Первая категория — это партнерские новые бизнесы (например, группа «Дело», «Медскан», «Код Безопасности» и т.д.), где мы участвуем в принятии стратегических решений, как правило, через коллегиальные органы управления. У этих компаний уже исторически сложившаяся собственная кадровая политика и подходы в работе с людьми. Вторая категория — новые бизнесы, которыми «Росатом» владеет на 100%, операционно управляет, и здесь мы отвечаем за реализацию кадровой политики в полном объеме — такую же, как во всей отрасли. Поскольку функция управления персоналом централизована,



то, исходя из этого, мы все работаем по единым правилам, процедурам, принципам, подходам.

Таким образом, кадровая политика строится исходя из различных условий конкретных бизнесов. Все направления работы и задачи можно перечислять долго, поэтому в этой статье сфокусируемся на основной роли службы персонала в помощи новым бизнесам в достижении амбициозных целей.

### В тесном сотрудничестве и партнерстве

Что касается новых бизнесов, где «Росатом» является партнером, то у нас при работе с партнерами есть три важные задачи. Самая главная наша задача — чтобы была обеспечена четкая декомпозиция и корреляция бизнес-целей и ключевых показателей эффективности партнерского бизнеса и «Росатома» в целом: они не должны расходиться, должны быть связанными друг с другом, быть амбициозными, и мы за этим следим. Вторая задача — необходимость обеспечить четкую связь между достижением бизнес-показателей партнерского бизнеса и вознаграждением топ-команды. Вознаграждение топ-команды должно быть прозрачным для всех акционеров и самой команды, а также зависеть только от достижения бизнес-результата, который находится у партнеров, как правило, в их картах КПЭ и коррелирует с целями «Росатома». Третья задача — это назначение руководителей на должности, которые мы определили при совершении сделки. В остальном партнерские бизнесы полностью самостоятельны в своей кадровой политике. При этом мы всегда открыто делимся своими практиками в области управления персоналом и готовы по запросу внедрять наши подходы.

### На все 100

Если говорить о новых бизнесах, которыми «Росатом» владеет на 100%, то с точки зрения кадровой политики у нас там более широкая зона ответственности, где мы полностью отвечаем за наличие успешных команд и эффективное использование кадровых ресурсов. Мы должны понимать, сколько человек нам нужно и каких специальностей, бизнесы должны быть укомплектованы людьми с необходимыми компетенциями для достижения их производственной задачи, коллективы должны быть вовлечены. Отсюда возникает много вопросов: как и где этих людей найти; что нужно сделать, чтобы их удержать; как правильно и наиболее эффективно использовать их потенциал; что мы можем сделать, чтобы повысить продуктивность и вовлеченность команд; эффективна ли у нас организационная структура; как успешно интегрировать присоединяемые активы и не сломать уже имеющиеся в этих компаниях работающие процессы. И мы, как HR-команда новых бизнесов, вместе с руководителями каждый день на эти вопросы отвечаем. При этом, как и все, мы работаем в условиях ограниченных ресурсов и высококонкурентного рынка труда с исторически низким уровнем безработицы — примерно 2,4% (для понимания: нормальный уровень безработицы для работающей экономики — 4–5%).

## «Бизнес делают люди, успешный бизнес делают высокопрофессиональные, амбициозные, вовлеченные и сплоченные команды. Задача служб персонала новых бизнесов — помочь сформировать и удержать такие команды, а также предоставить им все необходимые условия для достижения успеха».

Важно понимать, что деятельность бизнесов очень разнородная, и нам нужны сотни самых разных специальностей: от моряков и инженеров по эксплуатации ветропарков до специалистов в области медицины. В целом к 2030 году нам необходимо нанять для новых бизнесов более 120 тыс. человек, при этом обеспечить необходимый уровень укомплектованности мы должны к определенным важным бизнес-датам: началу строительства, вводу в эксплуатацию объекта, спуску судна на воду, открытию R&D центра и т.д.

Порядка 80% работников придут к нам с рынка труда. Естественно, мы используем десятки источников найма работников, привлекать персонал нам в первую очередь помогает сильный бренд «Росатома». В том числе мы используем наш флагманский сайт «Карьера в Росатоме» (единый карьерный портал — gosatom-career.ru), где представлены все вакансии и где мы много и подробно рассказываем про «Росатом»: чем занимается госкорпорация, почему к нам нужно приходиться, что человек внутри «Росатома» может найти для себя, как он может построить свою карьеру. Мы делаем это, чтобы все, кто находится вовне, могли понять, что такое «Росатом» и как сюда попасть.

Понятно, что мы не всех специалистов можем найти на рынке труда, примерно 10% команды мы берем из вузов и их готовим под себя внутри «Росатома». При этом только ключевых вузов для разных направлений

### Подробности

#### Чем новые бизнесы «Росатома» привлекательны для работников:

- амбициозные, масштабные, глобальные задачи;
- технологически интересные проекты;
- бренд: опыт работы в «Росатоме» — это знак качества;
- возможность расти внутри крупной корпорации;
- «Росатом» — устойчивая компания с сильным будущим.

**> 120 тыс.  
человек**

требуется нанять для новых бизнесов «Росатома»  
к 2030 году

**с 40 ключевыми  
вузами,**

в которых готовят специалистов для разных направлений деятельности новых бизнесов, активно работает «Росатом»

деятельности, с которыми мы активно работаем, более 40 по всей стране: от Калининграда (БФУ им. И. Канта) до Владивостока (МГУ им. адм. Г. И. Невельского). Здесь службы персонала и менеджмент проделявают огромную работу по взаимодействию: мы открываем кафедры, проводим образовательные мероприятия, знакомим ребят с деятельностью наших компаний, дополняем образовательные программы, организуем стажировки и практики и многое другое.

Все это важно, чтобы студенты сделали выбор в пользу «Росатома».

Но в любом случае мы не можем просто взять выпускника из вуза или специалиста с рынка труда. Наша задача — помочь ему выйти на необходимый уровень продуктивности и не потерять его в первый год работы, а еще лучше — это время выхода на необходимый уровень кратно сократить. Для этого должен быть пройден определенный путь, и этот путь должен быть прозрачен и понятен для всех: для сотрудника, для его руководителя, для компании. Поясню: потерю работника в первый год работы можно считать как

чистую потерю денег, которые были потрачены на него за этот период времени. Если таких работников становится много, то затраты кратно растут, а продуктивность и показатели бизнеса начинают идти вниз. Я уже не говорю о сопутствующих потерях: это время руководителей, атмосфера в коллективе, репутационные потери и т.д.

И здесь как раз выстраивается процесс адаптации и подготовки персонала. То есть мы должны понимать, каким образом человека нужно этим путем провести, чтобы он через определенный период времени стал сотрудником, который не просто занимает штатную единицу, но дает максимальную отдачу на этой штатной единице, понимает специфику работы по своей профессии в «Росатоме». Наша задача — обеспечить работника всем: от полностью оборудованного рабочего места в первый рабочий день до получения всех необходимых специализированных знаний и допусков для работы на производстве.

Для каждого направления у нас существуют свои программы подготовки: для корпоративного блока под каждую функцию — своя школа (для юристов, служб персонала, бухгалтеров, закупщиков и т.д.) и для производственного блока под каждое направление — свои технологические школы, где мы готовим людей к профессиональной работе в инженерной деятельности или на рабочих специальностях.

### Создавать комфортные условия

Конечно, нам важно понимать, что волнует людей, настроение внутри коллективов, поскольку наша задача — обеспечить комфортные условия работы, способствующие повышению продуктивности и желанию работника оставаться в компании надолго. Почти все крупные компании в мире отслеживают такие показатели, называть это можно по-разному: удовлетворенность, обратная связь. У нас есть такой термин (инструмент), как вовлеченность, именно ее оценка дает нам представление об общих настроениях. Вовлеченность измеряется с помощью ежегодного опроса сотрудников, мы смотрим более чем на 10 факторов, которые на нее влияют, по ним мы видим, что людей беспокоит, а что, наоборот, у нас уже хорошо работает. В том числе результаты опроса по вовлеченности влияют на донстройку кадровой политики в каждой организации на ближайший год. Для менеджмента и службы персонала — это инструмент получения коллегиальной обратной связи.

Сейчас средний уровень вовлеченности по новым бизнесам — 71%, по России средняя вовлеченность составляет 69%, но в целом в «Росатоме» — 82%, то есть нам есть с чем еще работать.

Если смотреть на фокусы внимания, то это вопросы, связанные с карьерными возможностями, балансом работы и личной





жизни, качество взаимодействия, вознаграждение — с этим нам надо работать, при этом у нас все хорошо с поддержкой и признанием от непосредственного руководителя, содержанием работ, брендом и самостоятельностью в работе. Отсюда рождаются такие мероприятия, как: карьерное консультирование, проект по регрейдингу, сессии топ-команд по определению и каскадированию стратегии, встречи руководителей с коллективами и т.д.

### Растить успешных руководителей

Бизнесы «Росатома» растут, растут структуры, люди освобождают позиции, поэтому у нас всегда есть потребность в скамейке запасных для руководящих должностей. Нам нужны сильные управленцы: у сильного и эффективного руководителя такая же команда. И наша задача сделать все, чтобы у руководителя были необходимые компетенции, чтобы он мог сформировать успешную команду, удерживать и мотивировать ее.

Для этого мы ежегодно (по итогам оценки деятельности) формируем пул преемников, совместно с менеджментом очно проводим оценку их потенциала и мотивации и направляем на специальные программы подготовки «Кадровый резерв». Важно совместно с менеджментом увидеть не только потенциал работника для перехода на следующую руководящую должность, но и желание сделать этот шаг, поскольку, как правило, это непростой путь, требующий серьезных усилий всех сторон, и не все работники хотят делать этот шаг.

При этом мы следим за тем, чтобы назначения из кадрового резерва осуществлялись. Сейчас процент назначенных из кадрового резерва достигает 90%. Это говорит о том, что 9 из 10 работников, прошедших программу подготовки, получают карьерное продвижение, а отрасль получает подготовленного по отраслевым правилам руководителя.

### Эффективная оргструктура — драйвер роста

Один из наших фокусов внимания — это построение понятной и эффективной организационной структуры, за которую мы отвечаем. Наша задача — совместно с менеджментом сделать ее с минимальным количеством уровней управления, это важно для быстрого принятия управленческих решений и прохождения коммуникационного сигнала между первыми лицами и линейным персоналом. Также мы внимательно относимся к количеству руководящего состава, чтобы не было как на известной картинке — когда 1 человек работает, а 10 человек им управляют. Кроме того, особо важно определить полномочия, ответственность и цели каждой позиции и подразделений, чтобы было четкое понимание, какую ценность должность дает бизнесу и не несем ли мы затраты зря. Еще один немаловажный фокус внимания — это удержание в нормальных параметрах (15%) доли корпоративных функций, поскольку их избыток, как показывает практика, начинает формировать дополнительную контрольную и бюрократическую нагрузку на бизнес. Все это важно для построения эффективной системы управления.

Текст: Дмитрий Анохин

# Экономика должна быть

Новое мышление для будущих инженеров-ядерщиков: как в ведущем опорном вузе «Росатома» студентов обучают бизнесу



**Владимир  
Кислов**

Руководитель  
дирекции раз-  
вития проектной  
деятельности  
НИЯУ «МИФИ»

**В МИФИ всегда старались выпускать специалистов, «заточенных» на решение ценных для практического воплощения задач. А где ценность — там и выраженная в денежном эквиваленте оценка труда; а где оценка — там и экономика. Полтора поколения назад, в последние годы советской эпохи, когда автор этих строк оканчивал факультет экспериментальной и теоретической физики, на старших курсах нам параллельно читали два предмета: «экономика отрасли» и «планирование организации управления предприятием и научно-исследовательским институтом».**

**С тех пор неузнаваемо изменились и отдельные предприятия, и НИИ, и сама отрасль. А МИФИ, как известно, уже полтора десятка лет — Национальный исследовательский ядерный университет. Есть в его составе и образовательные подразделения, где экономические дисциплины преподаются как специальные (например, Институт финансовых технологий и экономической безопасности, факультет бизнес-информатики и управления комплексными системами, Институт международных отношений). Но подавляющее большинство свежеспеченных выпускников с дипломом МИФИ — по-прежнему физики и математики. Как и зачем в университете начали формировать у них новое экономическое мышление, рассказывает руководитель дирекции развития проектной деятельности НИЯУ «МИФИ» Владимир Кислов.**

— Владимир Александрович, проект «Экономическое мышление инженера» реализуется в НИЯУ «МИФИ» в течение двух лет. Зачем будущим инженерам понадобилось обновить экономическое мышление?

— Ключевую рамку проекту задал первый заместитель генерального директора — директор блока по развитию и международному бизнесу госкорпорации «Росатом» Кирилл Комаров, который на стратегической сессии по программе развития НИЯУ «МИФИ» во взаимодействии с госкорпорацией «Росатом»

до 2030 года поставил задачу: университет должен готовить инженеров, способных понимать экономические последствия принимаемых технических решений. С этого началась активная работа с двумя департаментами «Росатома» — поддержки новых бизнесов и кадровой политики — по развитию экономического мышления у будущих инженеров.

На старте проекта совместно с госкорпорацией мы провели глубинные интервью сотрудников 14 дивизионов «Росатома», чтобы сформировать представление об актуальных на сегодняшний день бизнес-компетенциях для обладателей инженерных профессий. Выявилась общая проблема: приходя в бизнес-структуру, инженер продолжает мыслить как потенциальный автор уникального изделия или продукта, подсознательно игнорируя экономические категории — прибыль, затраты, рентабельность, окупаемость. Но современному бизнесу с гораздо большей вероятностью понадобится отнюдь не уникальная разработка, а изделие с более усредненными характеристиками, которое тем не менее пойдет в серию и как конкурентоспособный продукт сформирует спрос на рынке.

— Бизнес как раз и направлен на извлечение прибыли, а не на поддержку гениальных изобретений с неочевидным будущим. Нет прибыли — нет эффективности...

— Конечно. В этом смысле сегодняшний день работающего в предпринимательской среде инженера сильно отличается от советского позавчера, когда можно было (и в определенные моменты в научно-исследовательской среде считалось даже модным) вкладываться только в уникальные разработки, не задумываясь ни о сроках, ни тем более о реальной стоимости их внедрения. Впрочем, эта проблема была присуща не только советской научно-технической сфере. Классический пример с промахом в экономике атомной отрасли: американцы (уж на что, казалось бы, прожженные бизнесмены) в середине прошлого века решили не вкладываться в центрифужный метод разделения урановых изотопов, предпочтя ему газодиффузионный. В итоге обожглись на стоимости настолько, что до сих пор импортируют ядерное топливо из Европы.

— Как все это «приземлить» на современный образовательный процесс?

— Тривиальный ответ — ограничиться линейкой новых образовательных курсов, где все это рассказывать

студентам. Мы решили, что такой ответ неверен, потому что в очередной раз приведет к передаче оторванных от жизни знаний молодым людям, занятым в исследовательских лабораториях работой с конкретными «железкой» или расчетным кодом. Предуведывая возможное падение в «яму непонимания», мы решили внедрить эти темы в курсы специальных профильных дисциплин.

На практике эта задача разбивается на две большие части. Первая: чтобы студент, придя на лекцию по специальному предмету, понял определенные термины и правильно их интерпретировал, базовая экономическая подготовка у него все же должна быть. Для этого в МИФИ запущен пилотный проект по обучению всех наших студентов-технарей (а на базовом уровне образования их подавляющее большинство) трем практикоориентированным курсам. Они называются «Экономика и управление жизненным циклом продукции», «Менеджмент и маркетинг», «Управление интеллектуальной собственностью» и преподаются последовательно, один за другим. Поскольку пока это все же эксперимент, апробировали первый предмет в 2023/24 учебном году на младшекурсниках Института интеллектуальных кибернетических систем МИФИ. Год спустя к ним прибавились студенты еще двух подразделений московской площадки — Института ядерной физики и технологий и Инженерно-физического института биомедицины (ИФИБ). В грядущем учебном году добавим еще Институт лазерных и плазменных технологий.

— **Что делают младшекурсники других подразделений, пока на счастливых обкатывают «пилот»?**

— Продолжают обучаться по традиционному базовому курсу экономики, который был у нас в университете прежде. Но некоторые его преподаватели уже параллельно читают дисциплины по новым программам. Частично преподаватели по ним привлечены новые. В любом случае стараемся двигаться эволюционно, без скачков. В методической разработке новых курсов колоссальную поддержку нам оказали преподаватели Высшей школы экономики. Сейчас наш основной партнер — Всероссийская академия внешней торговли, поддержку нам оказывают Минобрнауки, Российская академия народного хозяйства и государственной службы и Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук.

— **А вторая часть задачи, о которой вы упомянули?**

— Предположим, базовые знания в обновленном образовательном формате младшекурсники усвоили. На старших курсах у них начинаются кафедральные курсы по специальности. Мы задались вопросом: а кто будет интегрировать экономический компонент в эти образовательные программы? Предположим, студентам ИФИБ читается семестровый курс



### Павел Рябов

Заместитель директора института Лазерных и плазменных технологий НИЯУ «МИФИ»:

— Сегодня крайне важно актуализировать профильные инженерные дисциплины как с точки зрения их содержания в контексте современных технологий, так и с точки зрения используемых образовательных подходов, методов и инструментов. Мы видим, что студенту важно понимать практический аспект получаемых знаний. В этой связи интеграция блоков, связывающих технологии и экономику технологий в рамках одной дисциплины или серии дисциплин, видится крайне важной ввиду их неразрывности. Помимо этого, междисциплинарный контекст на стыке экономики и технологий позволяет строить интересные образовательные дисциплины с точки зрения педагогического дизайна.



### Никита Комаров

Выпускник 2025 года, направление «Электроника и автоматика физических установок» Института физико-технических интеллектуальных систем (ИФТИС) НИЯУ «МИФИ»:

— Экономическое мышление действительно помогло мне в работе над выпускной квалификационной работой. Благодаря ему я научился оценивать не только техническую реализуемость проекта, но и его практическую ценность, рентабельность и эффективность. Это позволило не просто дописать экономическую главу, а сделать ее осмысленной частью работы, связанной с реальными условиями и потребностями производства.

медицинской техники. 15 лекций прочитает профессор-специалист, а на 16-ю в аудиторию придет профессиональный экономист? Это чревато все той же оторванностью от реальности, о которой мы говорили выше. Раз курс единый, то и экономика в него должна быть встроена органично. Значит, по экономическому модулю в его составе должен быть подготовлен тот самый упомянутый выше лектор, читающий на профильной кафедре одну из специальных дисциплин.

К решению этой задачи мы тоже уже приступили совместно с Корпоративной Академией «Росатома». Ведь на подходе первые старшекурсники, которым уже через несколько месяцев предстоит учиться по-новому! Обучение, которое внутри университета считается программой повышения квалификации, прошли 120 преподавателей — не только московской площадки, но и из шести филиалов НИЯУ (в Обнинске, Трехгорном, Лесном, Озерске, Снежинске и Новоруральске). Каждый из них после обучения успешно защитил выпускной проект.

Признаюсь, далеко не сразу преподавательская аудитория восприняла это начинание с энтузиазмом. Часто, особенно в первом из пяти потоков обучения, раздавались вопросы: «А зачем нам это надо?» Спокойно, планомерно и вдумчиво общались с преподавателями, объясняли им тонкости проекта, совместно с ними дорабатывали программу обучения. И теперь, после пятого по счету потока, отношение изменилось диаметрально. К нам даже пошли вопросы из еще не охваченных институтов филиальной сети: «А когда вы дойдете до нас?»

Важно отметить, что к подобному развитию и продвижению инициатив проекта приложили силы представители «Росатома»: директор департамента поддержки новых бизнесов Дмитрий Байдаров и заместитель директора департамента кадровой политики Андрей Бешко. Они вместе с командой проекта встречались с преподавателями, объясняли, зачем это нужно нашему ключевому индустриальному партнеру, проводили лекции и встречи со студентами по теме проекта. Это позволило разогнать проект, чтобы он жил и развивался!

**— Преподаватели наконец-то осознали, зачем им самим нужно мыслить экономически?**

— Да. Потому что они увидели, как лучшие из них начали «выстреливать». Досконально разобравшись, как устроен современный высокотехнологичный бизнес и в каких инновационных проектах инвесторы могут быть заинтересованы в первую очередь, исполнители отдельных тем внутри МИФИ кратно нарастили свои НИОКР. Ведь теперь они понимают, с какими идеями стоит идти к потенциальному заказчику, а какие лучше не озвучивать, чтобы не получить негативный ответ. И студенты начинают воспринимать их лекции иначе, потому что видят полезность этой парадигмы на конкретном примере, а не умозрительно.

**— Чего на уровне университета ждут от студентов, которые успешно освоят новые образовательные программы?**

— Большинство студентов, особенно начиная со старших курсов базовой формы обучения, параллельно работают по своей будущей специальности. Мы хотим помочь им сфокусировать взгляд на экономических аспектах деятельности предприятий и организаций, где они начинают свою трудовую биографию. Тогда встроиться в бизнес-аспекты работы им будет значительно легче. Но уже и на стадии обучения ребята в силах добиться серьезных результатов. Проходя практику на предприятии, занимаясь там учебно-исследовательской работой, они смогут детально просчитать финансово-экономическую модель своего проекта и заявиться в рамках НИЯУ «МИФИ» на конкурс студенческих стартапов. А это возможность получить миллионный грант, который, в свою очередь, будет потрачен на усовершенствование бизнес-характеристик конкретного изделия или продукта интеллектуальной собственности. Выгода прямая!

**— Но ведь не все выпускники-мифисты пойдут работать в бизнес-структуры. Среди них будут и ученые, и конструкторы, причем не обязательно работающие в атомной отрасли, а у других отраслей — своя экономическая специфика.**

— Поэтому проект «Экономическое мышление инженера» мы не загоняем в жесткие рамки. Выше мы говорили о специфике новых образовательных курсов для студентов-старшекурсников, предполагающих работать в бизнес-структурах. Но это только один образовательный трек из трех, сейчас же мы завершаем формирование образовательных программ по двум остальным. Первый из этих двух условно можно назвать НИРовским: там студентам рассказывают об экономике научно-исследовательских работ, учат составлять адекватные сметы, чтобы они понимали хотя бы в общих чертах, как рассчитываются зарплата, налоги, обязательные бюджетные отчисления, накладные расходы. Второй мы условно называем прикладным опытно-конструкторским; у него тоже своя специфика, связанная с экономикой современных конструкторских бюро и проектных институтов. Предполагается, что в рамках нашего проекта студенты самостоятельно выберут один трек из трех возможных.

Без этого не обойтись. Время одиночек — изобретателей и талантливых первооткрывателей — безвозвратно минуло. Проектировщики и ученые (даже гениальные теоретики) сегодня работают в команде, бок о бок с коллегами — внедренцами, экспериментаторами, маркетологами. А где научно-технический коллектив, там и экономика процесса, напрямую затрагивающая всех его участников. И чем раньше начинающий специалист это осознает, тем легче ему будет начать профессиональную деятельность!

Текст: Ирина Дорохова

Фото: «Росатом Возобновляемая энергия», «Росатом»

# От кварцевого песка до электроэнергии

Как работает технологическая цепочка «Росатома» в ветроэнергетике

**Кооперация композитного и ветроэнергетического дивизионов, пожалуй, самый яркий в сфере новых бизнесов пример работы полной технологической цепочки от минерального сырья до конечных изделий и далее девелопмента и эксплуатации ветроэлектростанций. В будущем к этой цепочке добавится цепочка, связанная с переработкой редкоземельных металлов и производством магнитов.**

## Стекловолокно. Начало

Львиную долю в составе ветролопасти занимают стеклокомпозиты, поэтому первое ключевое звено в цепочке «от сырья до электроэнергии» занимает «Росатом Стекловолокно». Предприятие расположено в городе Гусь-Хрустальном (Владимирская область) — историческом центре российской стекольной промышленности. Стекловолокно на предприятии начали изготавливать еще в 1943 году.

Технологический процесс изготовления стекловолокна начинается с компоновки шихты, состоящей из кварцевого песка, каолина, мела и других составляющих. Все поставляют российские предприятия. Компоненты шихты тщательно перемешиваются в точных пропорциях в соответствии с рецептурой. Затем шихту плавят в стекловаренной печи при температуре около 1600 °С.

В процессе варки образуется стекломасса, которую пропускают через фильерные питатели — специальные устройства с большим количеством отверстий. В результате формируются тончайшие стеклянные волокна, которые собирают в единую прядь — стекловолокно. На его поверхность наносится замасливатель — специальный химический состав, который позволяет легко обращаться с материалом на следующих переделах и, в частности, обеспечивает химическую адгезию к полимерной матрице в композитных материалах. Вокно сматывают в бухты и сушат, замасливатель во время сушки полимеризуется. Наконец, бухты стекловолокна, осматривают, упаковывают и отправляют на склад. Из стекловолокна делают стеклоткани, стеклопластиковые трубы и баллоны, арматуру, стеклонаполненные термопласты и проч.

Нас интересуют стеклоткани, которые выпускают на том же заводе. Каждая партия ткани проходит тщательный контроль по ключевым техническим показателям и отправляется на «Росатом Ветролопасти» в Ульяновск.

## Ветролопасти. Сборка

Компания «Росатом Ветролопасти» была создана в июне 2023 года в Ульяновске. За год и четыре

### На фото

Кузьминская ВЭС в Ставропольском крае



месяца команда нашла поставщиков оборудования, организовала производство основных и вспомогательных производственных форм, наладила поставку сырья и материалов, смонтировала и отладила все оборудование и технологию изготовления ветролопастей. В январе 2024 года проверили работоспособность основного оборудования, изготовив у поставщика тестовую лопасть. Отправили ее в сертификационный центр на комплексные испытания по международным стандартам, в декабре того же года они успешно завершились. Тестовая лопасть прошла комплекс испытаний на предельные нагрузки в продольном и поперечном направлениях, а также несколько миллионов циклов изгибающих нагрузок для подтверждения 20-летнего непрерывного срока работы лопасти на ветроустановке. В октябре 2024 года в Ульяновске серийное производство лопастей стартовало. «В структуре Композитного дивизиона это уже 17-й завод, и его запуск означает переход к производству крупногабаритной продукции», — отметил на церемонии открытия гендиректор «Росатома» Алексей Лихачев.

Проектная мощность ульяновского завода — 360 лопастей в год. Длина лопасти — 51 м, вес — 8,6 тонны. Ульяновский завод сможет производить и более длинные модели. В изготовлении используются стекло- и углеткани (на углекомпозиаты приходится порядка 10% веса изделия), бальзовое дерево, эпоксидный и полиуретановый клеи и листы из пенополиуретана.

#### На фото

Первый завод по производству российских композитных ветролопастей начал работу в 2024 году

Лопастей делают так: сначала несколько тонн стеклотканей с различной структурой и поверхностными плотностями нарезают и скручивают на автоматизированном раскройном комплексе. В соответствии с чертежами часть идет на наветренную половинку лопасти, остальное — на подветренную, они отличаются геометрически.



Параллельно изготавливают полки лонжеронов. Полка — это полоса из нескольких десятков слоев углеткани, скрепленных полимеризованной эпоксидной смолой, идущая по всей длине каждой из половинок лопасти. Это основной силовой элемент, позволяющий конструкции выдерживать ветровую нагрузку в сотни тысяч килограммов в течение нескольких миллионов циклов изгибающих нагрузок более чем за 20 лет службы. Полки закладываются в оболочки. Вместе со двоянными лонжеронами из сэндвича стеклотканей, вспененных матов наполнителя и полимеризованной эпоксидной смолы они формируют пространственную раму, встроенную в тело ветролопасти, несущую все основные нагрузки.

Также параллельно формируют половинки лопастей: в подготовленную форму выкладывают элементы системы молниезащиты, стеклоткани, бальзовое дерево, листы пенополиуретана, элементы крепления лопасти к хабу генератора (гондоле), следом — разветвленный комплекс каналов для подачи и равномерного распределения эпоксидной смолы. Все укрывают несколькими слоями специальной пленки и вакуумируют прецизионными вакуумными насосами. Затем подается подготовленная, смешанная в четких пропорциях дегазированная эпоксидная смола с отвердителем, после чего половинки полимеризуются под температурным контролем системы управления на каждых нескольких квадратных метрах поверхности формы. На одну из половинок уже сформированной поверхности лопасти устанавливают (с помощью специального пространственного кондуктора с вакуумным механизмом удержания) конструкции из собранных вместе стенок лонжеронов, детали примеряют и склеивают. Качество клеевых швов и наиболее важные элементы лопасти проверяют ультразвуковым дефектоскопом.

В собранной лопасти ламинируют клеевые швы, чтобы укрепить их, проверяют геометрические параметры, покрывают шпатлевкой, красят, взвешивают, балансируют и красивую чистую белую лопасть с цветовыми контрастами отправляют на склад готовой продукции и отгружают заказчику.

#### Ветроэнергетика. Использование

Ветролопасти Композитного дивизиона устанавливают на турбины мощностью 2,5 МВт, которые использует «Росатом Возобновляемая энергия». Ульяновские лопасти заменили датские, производства LM, которые Ветроэнергетический дивизион «Росатома» использовал до того, как компания ушла с российского рынка. Локализация производства не только позволила продолжить строительство ВЭС, у наших лопастей лучше КПД из-за большей длины и более эффективной аэродинамики.

Изготавливаемые лопасти монтируют на ветроустановках Новолакской ВЭС, которую строит «Росатом Возобновляемая энергия» в Кумторкалинском и Новолакском районах Дагестана. Ветропарк станет

## На фото

Горнорудный дивизион «Росатома» разработал технологию разделения редкоземельных металлов

крупнейшим в России: 120 ветроустановок мощностью 2,5 МВт каждая. Сооружаться и вводиться в эксплуатацию он будет в два этапа. До конца 2025 года заработает 61 ветроустановка совокупной мощностью 152,5 МВт, в 2026 году — 59 ветроустановок совокупной мощностью 147,5 МВт. Планируется, что среднегодовая выработка ветропарка составит 879 млн кВт·час.

Также «Росатом Возобновляемая энергия» выходит на рынки других стран в качестве девелопера полного цикла, поэтому позднее ульяновские лопасти понадобятся для зарубежных ВЭС. Так, в Кыргызстане в 2023 году компания заключила договор поставки электроэнергии, произведенной объектами ВИЭ совокупной мощностью 100 МВт в районе озера Иссык-Куль. Тогда же она заключила предварительный договор поставки электроэнергии, произведенной объектами ВИЭ общей мощностью 100 МВт в других областях Кыргызстана.

В марте 2024 года «Росатом Возобновляемая энергия» подписал соглашение о проработке и реализации инвестиционного проекта по строительству объектов возобновляемой энергетики мощностью до 1 ГВт с Министерством энергетики Кыргызстана. В том же месяце около Иссык-Куля начались ветроизмерительные работы. В сентябре 2024 года возле села Кок-Мойнок-Первое (Иссык-Кульская область) была торжественно заложена капсула, символизирующая начало работ по созданию ветропарка. В декабре 2024 года компания и Министерство энергетики Кыргызстана заключили инвестиционное соглашение о строительстве и эксплуатации ВЭС установленной мощностью 100 МВт возле села Кок-Мойнок-Первое и продаже ее электроэнергии. До конца этого года должны начаться проектные работы по строительству ветропарка.

Кроме того, в Казахстане прорабатывается проект ВЭС мощностью 100 МВт. В первом полугодии 2025 года был установлен ветроизмерительный комплекс, разработана схема выдачи мощности и выделен участок под проектно-изыскательские работы. До конца 2025 года планируется завершить разработку и согласование соглашения о гарантированной поставке электроэнергии, а также определить основные параметры участия в проекте.

### Магнитная цепочка

Кооперационные цепочки внутри «Росатома» пополняются новыми звеньями. Так, «Росатом Возобновляемая энергия» использует постоянные магниты в генераторном блоке, они нужны для безредукторных ветроустановок.

Производство таких магнитов на базе неодим-железо-бора создает компания «Росатом МеталлТех» (входит в Топливный дивизион «Росатома»). Проект продвигается: готовится инфраструктура (водоснабжение, водоотведение и проч.) будущего завода на площадке промышленного парка Глазова. Затем



начнется строительство производственного комплекса.

Неодим для магнитов будет выпускать Соликамский магниевый завод (СМЗ), который входит в Горнорудный дивизион «Росатома». Пока СМЗ выпускает только коллективные концентраты редкоземельных металлов (к их числу относятся и неодим), а нужны индивидуальные. В настоящее время на СМЗ идут инженерные изыскания для размещения нового предприятия: анализируются грунты, воздействие на окружающую среду и проч. Параллельно идет проектирование. Уже разработаны аппаратно-технологические схемы, предварительное компоновочное решение по размещению оборудования, выполнен 3D-макет здания главного производственного корпуса и вспомогательных зданий, обсуждаются решения по прокладке инженерных сетей.

Предыдущее звено, Ловозерский горно-обогатительный комбинат, также входит в Горнорудный дивизион «Росатома». Там производят лопаритовый концентрат, который затем отправляют на СМЗ на переработку.

Звенья, которые достраивает «Росатом», работают не только на технологические цепочки внутри отрасли, но и для внешних клиентов: магниты предполагается использовать в различных двигателях, разделенные РЗМ — для нужд примерно десятка отраслей, стеклокомпозиты — в судостроении, строительстве и проч.

# Построить траекторию здоровья

*Рассказываем о первом исследовании, которое поможет оценить роль систем искусственного интеллекта в развитии промышленной медицины*



**ФМБА России и госкорпорация «Росатом» совместно запустили новый проект по теме «Цифровой профиль здоровья». Елена Загайнова, руководитель НИР, заместитель генерального директора по развитию Федерального научно-клинического центра физико-химической медицины им. акад. Ю. М. Лопухина ФМБА России, рассказала «Вестнику атомпрома», чем уникален проект, почему для исследования выбран именно город Лесной и, конечно, о том, чего удалось достичь.**

— Елена Вадимовна, расскажите, как появился проект «Проведение исследований для разработки систем доверенного и объяснимого искусственного интеллекта в превентивной профессиональной медицине».

— Проект родился на стыке двух векторов. С одной стороны, в рамках реализации Стратегии развития промышленной медицины в системе ФМБА России

создаются комплексные центры здоровья работающих, направленные на повышение трудового долголетия, качества и доступности медицинской помощи работникам промышленных предприятий. Поэтому мы активно предлагаем новые алгоритмы работы с сотрудниками различных технологических отраслей, в том числе атомной отрасли. Наша задача — для каждого человека определить персональную траекторию ведения. Причем не только медицинского (проведение профосмотров, диспансеризации, назначение дополнительных обследований, при необходимости — лечение). Задача шире — спрогнозировать, что со здоровьем работника будет происходить в дальнейшем, учитывая специфику его работы, наследственные особенности и другие факторы. На основе такого прогноза можно создать условия, в которых человек как можно дольше будет оставаться здоровым и активным. То есть в этой задаче есть и социальные, и демографические аспекты, так как речь идет о повышении качества жизни людей и о продлении возраста трудовой активности.

Второй вектор — быстрое развитие искусственного интеллекта, которое мы сейчас наблюдаем. В Нижегородском государственном университете им. Н. И. Лобачевского (ННГУ) работает исследовательский центр искусственного интеллекта в области превентивной профессиональной медицины. Научный руководитель центра — Александр Горбань, ведущий мировой ученый в области машинного обучения, ИИ и методов анализа многомерных данных. Нижегородский центр стал одним из 12 центров, поддержанных грантовыми средствами правительства РФ в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект». Специалисты центра под руководством Михаила Иванченко, директора Института биологии старения ННГУ, предложили нам разработать систему ИИ для анализа больших данных по работникам, которые у нас наблюдаются и лечатся. Цель — сформировать первичный массив данных для обучения ИИ, а далее обученный ИИ будет анализировать персональные риски развития заболевания и неправильного старения у каждого обследованного. Это работа в области превентивной медицины, направленная на раннюю диагностику заболеваний, в том числе социально значимых, и предотвращение осложнений.

— Почему участниками первого исследования стали именно сотрудники комбината «Электрохимприбор» (ЭХП) в ЗАТО Лесной?

— Учитывая специфику условий труда сотрудников комбината, мы согласовали исследования

с руководством ФМБА России и «Росатома». Связались с руководителем предприятия Сергеем Жамиловым, попросили об организации совместной встречи с главным врачом медсанчасти № 91 ФМБА России Виктором Мишуковым. Медсанчасть внутри маленького города — это практически второе градообразующее предприятие, поэтому руководители хорошо знакомы друг с другом. Мы рассказали им о нашем важном для здоровья проекте. Сергей Жамилов все выслушал и сказал: «Заходим в проект, что от меня нужно?» Мы запросили список сотрудников, согласившихся на участие в проекте: для этих людей мы проследим персональную траекторию здоровья и постараемся максимально сохранить им трудовое долголетие. Каждый сотрудник, согласившийся участвовать в проекте, брал на себя обязательство временно сдавать анализы и соблюдать персональные рекомендации, работники медсанчасти со своей стороны обеспечивали выполнение обследований. Окончательный список утверждало руководство комбината, учитывая личное согласие каждого работника — участника проекта. В итоге у нас сформировалась однородная группа: мужчины близкого возраста и условий труда.

### — Что происходит дальше?

— Этот список передается медсанчасти. Сотрудники, как положено, проходят профосмотр, в который включены анализы крови, исследования ЭКГ, флюорография, осмотр узких специалистов. Затем собранную информацию мы превращаем в деперсонифицированные данные с кодовым четырехзначным номером и включаем в аналитику. Строится таблица, в ней отражаются 170 показателей, полученных в результате профосмотра. Например, только общий анализ крови разбивается на 12 столбиков — эритроциты, лейкоциты, другие показатели. Все эти данные вносятся в таблицу так, чтобы искусственный интеллект их понял (то есть однозначно, без пространственных описаний). Подчеркну, это непростая задача: перевести слова в цифры и коды — большой труд.

У ФМБА России есть система учета прикрепленного контингента — Единая ведомственная медицинская информационно-аналитическая система (ЕВМИАС). Частично информацию выгрузили оттуда. Но, как вы понимаете, это очень общая большая система, она заполнена не по законам анализа больших данных ИИ. Поэтому часть данных мы взяли из ЕВМИАС, часть собрали и внесли дополнительно.

### — Сколько человек вошло в список?

— Первая группа — это 1163 человека, чьи данные оцифровали и внесли в таблицу для обучения искусственного интеллекта. Далее были выбраны 536 сотрудников, кто, по анкетным данным, не собирается менять работу в течение ближайших нескольких лет. Взяли дополнительно кровь, по добровольному согласию, для расширенного иммунологического исследования, анализа генетических и эпигенетических данных. Что касается генетики и эпигенетики,



### Елена Загайнова

Член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, специалист в области экспериментальной и клинической онкологии и регенеративной медицины.

Автор более 280 научных работ и 19 патентов. Индекс Хирша — 36 (Scopus).

Родилась в Нижнем Новгороде. В 1995 году окончила Нижегородскую государственную медицинскую академию. В 2000 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, в 2007 году — на соискание ученой степени доктора медицинских наук. С 2013 по 2019 год была директором Научно-исследовательского института биомедицинских технологий (ПИМУ Минздрава РФ). В 2019 году избрана членом-корреспондентом РАН по отделению медицинских наук. С 2020 по 2023 год занимала пост ректора ННГУ им. Н. И. Лобачевского. В апреле 2023 года назначена заместителем директора по развитию Федерального научно-клинического центра физико-химической медицины им. Ю. М. Лопухина ФМБА России.

то здесь речь идет о самых современных технологиях, так называемых омиксных (от англ. -omics, одинакового окончания нескольких дисциплин, таких как геномика — genomics. — *Примеч. ред.*), которые дают возможность исследовать с высокой точностью экзом — совокупность всех экзонов генома, представляющих собой белок-кодирующие участки ДНК, и провести полногеномный анализ метилирования ДНК, которое является важнейшим механизмом регуляции экспрессии генов.

### — Поясните, пожалуйста, для неспециалистов, чем эпигенетические данные отличаются от генетических, что должны показать эти анализы?

— Генетика — это то, с чем мы рождаемся: у каждого из нас есть набор генов, которые нам дали родители. Но не факт, что все гены, которые мы получили (и хорошие, и плохие), реализуются в процессе жизни, для этого надо сильно постараться — опять же как в хорошем, так и в плохом смысле. Например, мы переболели какими-то инфекциями или попали в зону воздействия вредных факторов. Или мы

много, долго, упорно работаем, не высыпаемся. Все это может запустить работу плохих генов, которые нам достались (или переключить механизм работы нормальных генов). И вот о том, что эти процессы запустились, говорит эпигенетика: допустим, наши гены уже продуцируют нехорошие, неправильные белки, и это вызывает болезнь. Поэтому важно различать: генетика — это факторы предрасположенности, а эпигенетика — то, что уже реализовалось на сегодняшний день, и с этим надо что-то делать. Проходить лечение, соблюдать правильную диету, заниматься спортом — в зависимости от того, какие отклонения нашли врачи по результатам анализов. Здесь важно понимать, что эпигенетические изменения (в отличие от генетических) обратимы: режим дня, питание, физические нагрузки могут менять механизм, при помощи которого организм воспроизводит клетки.

Результаты биохимических исследований мы посмотрели сразу, они показательны и важны именно на текущий момент. А все анализы, касающиеся генетики и иммунологии, можно сделать позже, поэтому мы заморозили кровь, взятую у участников группы в Лесном, и специальной доставкой отправили в Москву. В ФНКЦ ФХМ им. Ю. М. Лопухина ФМБА России сделали генетический и эпигенетический анализы у 100 работников и у 200 посмотрели расширенные иммунологические показатели, остальные образцы у нас хранятся замороженные в специальном отделении биобанка. В 2025 году планируется сделать генетический, эпигенетический и иммунологический анализы еще 100 образцов. Биохимию крови будем делать каждый год свежую, потому что важно отслеживать изменения ежегодно. Часть полученных данных омиксных анализов уже внесли в систему в конце 2024 года, часть будем вносить в 2025 году.

— **Что дальше происходит с этими данными?**

— Пока их обработка идет в ручном режиме. Мы из этих 536 человек выделим высокую и низкую группы риска по разным видам заболеваний. В нашей команде есть профпатологи (врачи, которые занимаются изучением и лечением специфических заболеваний, характерных для людей той или иной профессии, и разрабатывают методики профилактики патологий, связанных с трудовой деятельностью. — *Примеч. ред.*), они все это увидят по имеющимся анализам. Также мы сопоставим клинические группы риска с явно выраженными генетическими изменениями, то есть наша задача — посмотреть, есть у этих клинических проявлений генетическая подоплека или нет. Надеемся, что на этом этапе мы уже окончательно отдадим информацию искусственному интеллекту, и дальше он будет «думать» сам. Как это в точности будет происходить, пока трудно сказать, поскольку таких разнообразных выборок еще никто никогда не делал.

— **То есть по широте выборки ваше исследование первое в мире?**

— Да. Если вы посмотрите на медицинские выборки, которые есть в открытом доступе или обсуждаются в медицинских статьях, они всегда очень небольшие: 100–200 человек с одной болезнью, с одним типом анализов. Если вы заглянете в интернет и спросите, какие есть платформы с применением искусственного интеллекта для анализа медицинских данных, вы найдете несколько компаний, которые используют ИИ для анализа, например, флюорографии, или урографии, или МРТ головного мозга. То есть это очень однотипные данные. А у нас мультипараметрические показатели, где есть и анализы крови, и результаты лучевой диагностики и других исследований. Таких выборок просто ни у кого больше нет, тем более на тысячу человек. В этом смысле наш проект действительно уникальный.

— **Что вы рассчитываете получить на выходе: общую картину состояния здоровья сотрудников предприятия, конкретные медицинские рекомендации для каждого участника исследования, что-то еще?**

— Задача проекта — дать оценку рисков развития заболеваний у каждого человека. Скажем, у сотрудника есть повышенное давление и высокий риск заболевания сердечно-сосудистой системы, угроза инфаркта в течение, например, следующих пяти лет. Или высокий риск развития сахарного диабета второго типа: тоже должна быть видна предсказательная динамика, когда заболевание может возникнуть, если ничего не делать, не менять образ жизни, не следовать рекомендациям врача. Мы увидим биологический возраст человека — и оценим, насколько он соответствует паспортному. Есть ли признаки ускоренного старения и, соответственно, появления новых заболеваний.

— **Биологический возраст тоже определит искусственный интеллект?**

— Да, верно. Биологический возраст определяется по маркерам старения. В нашем случае в качестве маркеров старения принимаются эпигенетика и иммунологические факторы, которые мы смотрим. Старение не изучается отдельно — мы его оцениваем как дополнительный фактор риска. Есть риски определенных заболеваний, а есть опасность быстрого, неправильного старения, что также отражается в патологии органов.

В результате наши врачи разных специальностей — кардиологи, терапевты, гастроэнтерологи — увидят зоны риска и те заболевания, которые мы выделили, и скажут, например, одному пациенту: «Вы в группе высокого риска, уже есть видимые изменения в анализах, значит, вам показано диспансерное наблюдение с углубленным обследованием». У другого пациента уже есть заболевание в начальной стадии, значит, нужно лечь в больницу. У третьего есть риски, но пока нет болезни, значит, ему требуются определенная диета, особый режим отдыха, возможно, медицинская реабилитация в профилактории, который

есть у комбината. А дальше уже нужен разговор с кадровой службой предприятия о том, каким образом выстраивать сотруднику правильный график, когда и куда ему отправиться отдыхать, например, показан ли ему отпуск на море. Важно понимать, что ИИ предоставит аналитику, проанализирует угрозы, риски и потенциальную возможность заболевания, а задача врачей — решить, что именно с этим нужно делать конкретному работнику, и дать необходимые рекомендации.

— **Проект «Цифровой профиль здоровья» рассчитан на период до 2026 года. Какие у вас планы на текущий год?**

— 536 человек в этом году пройдут обследование второй раз. Мы увидим (или не увидим) динамику в клинической симптоматике, то есть в результатах анализов и обследований, которые делаются при профосмотре. Доделаем еще часть генетических анализов. И к концу 2025 года первым 200 сотрудникам ЭХП, участвующим в проекте, мы дадим персональные рекомендации. В 2026-м у нас добавится третий год динамического наблюдения. Будем вновь брать анализы короткого срока действия, то есть смотреть иммунологию, биохимию. Генетические исследования повторять не будем, поскольку генетика дана раз и навсегда. В результате мы увидим динамику за три года и сможем оценить, как ИИ работает с большими данными, которые мы ему даем, и верны ли его прогнозы.

— **Как вы оцениваете этот проект с точки зрения национальных целей в области здравоохранения?**

— Мы могли бы принять участие в реализации федерального проекта «Здоровье для каждого» национального проекта «Продолжительная и активная жизнь». Его цель — популяризация здорового образа жизни, своевременного прохождения диспансеризации и профилактических медицинских осмотров, профилактики неинфекционных заболеваний. Главная задача федерального проекта — помогать предупреждать или как можно раньше обнаруживать сахарный диабет, сердечно-сосудистые, онкологические и другие заболевания. Ведь чем раньше начать лечение, тем выше шансы человека на долгую и полноценную жизнь. В отличие от предыдущего федерального проекта, ориентированного на долголетие, «Здоровье для каждого» направлен в том числе на сохранение трудового долголетия, то есть продление активной плодотворной жизни.

— **Есть ли планы по масштабированию проекта? Например, на другие предприятия «Росатома»?**

— Сейчас мы должны показать, что создали работающую систему искусственного интеллекта, в которую можно загрузить определенные данные и получить на выходе заключения по персональным особенностям человека, по рискам заболеваний, по долголетию, рекомендации по образу жизни. Поэтому наша задача, когда мы получим результаты



**Александр Сергеев**

Научный руководитель Национального центра физики и математики, академик РАН:

— Потрясающе бурное развитие ИИ явно изменит нашу жизнь и наш социальный уклад, и в этой области мы должны быть на соответствующем передовом уровне. По-видимому, в будущем основной задачей медицины будет не только вылечить больного, но и сохранить здоровье человека как можно дольше. Такой подход к изучению состояния организма включает серьезные исследования и сложные анализы. И дальше — мощнейшая биоинформатика: биологи и математики, которые анализируют данные. Для «Росатома» развитие таких технологий и с их помощью улучшение здоровья сотрудников, повышение качества их жизни, сохранение активного долголетия наших «золотых мозгов» — это огромнейшая, благороднейшая и важнейшая задача.

Первая российская когорта, которая взята для совместного проекта «Росатома», ФМБА России и ННГУ им. Н. И. Лобачевского (университет входит в научную кооперацию НЦФМ. — *Примеч. ред.*), — из ЗАТО Лесной. В наших закрытых городах особый контингент — образованная и интеллигентная публика, а еще там минимальная миграция населения, поэтому для исследования не найдешь ничего лучше, чем атомграды. Это первый подобный проект в стране, но, конечно, хотелось бы, чтобы как можно больше атомных городов и наших предприятий проявили в нем заинтересованность, мы к этому всех призываем. Возможно, это когда-то будет рыночным продуктом, но по большому счету это очень важный социальный проект, потому что здоровьесбережение — одна из приоритетных национальных целей в нашей стране.

проекта, рассказать об этом руководству ФМБА России и «Росатома», чтобы дальше принимались решения о масштабировании. И конечно, для масштабирования проекта важно, чтобы на местах были восприимчивые и активные руководители, тогда все получится: без их участия осуществить проект было бы сложно.

**Текст:** Евгений Рожков  
**Фото:** служба новостей ТПУ

Научные исследования Владимира Чернова связаны с созданием инновационных РФП и методологии радионуклидных исследований в онкологии и кардиологии

# Найти и уничтожить

*Томские ученые создают радиофармпрепараты для диагностики и терапии онкологических заболеваний*



**Ученые Томского политехнического университета (ТПУ) вместе с коллегами разработали, запатентовали и успешно провели первую фазу пилотных клинических исследований первой в России тераностической пары — радиофармпрепаратов для диагностики и терапии рака. Эту разработку и ее перспективы «Вестник атомпрома» обсудил с Владимиром Черновым, доктором медицинских наук, руководителем отделения радионуклидной терапии и диагностики Томского НИМЦ и одновременно руководителем стратегической ставки «Инженерия здоровья» ТПУ.**

— Владимир Иванович, что такое тераностика?

— Термин «тераностика» состоит из двух уже более понятных слов — «терапия» и «диагностика». В тераностике используется одна и та же молекула

адресной доставки, которая распознает рак сначала для диагностики, а потом для терапии. Если молекула не накапливается в метастазах, тогда нет смысла использовать терапевтическую молекулу. А если накапливается — значит, можно лечить.

В мире уже есть молекулы, которые используются для тераностики рака предстательной железы. Для диагностики этого рака на поздних стадиях применяется позитронно-эмиссионная компьютерная томография — метод ядерной медицины, использующий радиоактивный изотоп для нацеливания на раковые клетки и их уничтожения. При этом используется галлий-68 в связке с простат-специфическим мембранным антигеном (ПСМА). Высокая экспрессия (уровень выработки клетками. — *Примеч. ред.*) ПСМА в простате человека уникальна, поскольку никакое другое млекопитающее не экспрессирует этот антиген. Экспрессия ПСМА увеличивается при увеличении степени злокачественности. Если галлий-68 ПСМА (<sup>68</sup>Ga-PSMA) хорошо накапливается

в опухоли, делает ее видимой, то для терапии можно использовать препарат из пептидного лиганда, который связывается с ПСМА, и радиоактивного изотопа лютеций-177. Это бета-излучатель, который может убить опухоль. Но для того, чтобы он убил конкретно опухоль, а не здоровые ткани, как раз и применяется молекула ПСМА, то есть вектор доставки ПСМА, с помощью которого изотоп попадает непосредственно к раковой клетке.

### — У этого препарата есть торговая марка?

— Да, в 2022 году компания Novartis (транснациональная фармацевтическая компания, одна из крупнейших в мире. — *Примеч. ред.*) зарегистрировала радиофармпрепарат, который называется Pluvicto. Он как раз и содержит радиоактивный изотоп лютеций-177. Чтобы завладеть такой молекулой, компания Novartis купила фирму-разработчика за \$2,1 млрд. И уже за первый год владения, 2023 год, компания Novartis продала этот радиофармпрепарат более чем на \$900 млн. Эта молекула достаточно активно используется и в России. С 2022 года мы в Томске также используем эту молекулу для диагностики и терапии рака предстательной железы. Но мы понимаем, что эта молекула находится под патентной защитой, нам нужна своя. Поэтому мы и занялись исследованием для создания собственной молекулы. Эта работа была профинансирована благодаря поддержке федеральной программы Минобрнауки «Приоритет-2030» национального проекта «Молодежь и дети». Изначально мы создавали молекулу на основе технеция для диагностики рака предстательной железы.

### — Почему именно технеция?

— Технеций-99m — самый распространенный радиофармпрепарат для использования в диагностике. Он дешев, доступен, его можно регистрировать на однофотонных эмиссионных компьютерных томографах, которых в России более 200. В каждом регионе есть это оборудование, которое может отбирать пациентов на терапию лютецием PSMA-617 ( $^{177}\text{Lu-PSMA-617}$ ). И вот на первом этапе мы создали собственную молекулу, которая позволяет визуализировать метастазы рака предстательной железы. В ее основе — соединение BQ-PSMA, которое является производным мочевины и обладает высокой чувствительностью и сродством с ПСМА. BQ-PSMA эффективно обнаруживает в организме опухолевые клетки с экспрессией ПСМА. В зависимости от применяемого изотопа (технеций-99m или лютеций-177) на основе BQ-PSMA синтезируется диагностический или терапевтический радиофармпрепарат. В настоящее время эта молекула прошла все стадии доклинических исследований. В прошлом году мы завершили первую фазу клинических исследований этого препарата, оценили, как он распределяется по организму, определили дозовые нагрузки на те или иные органы. В 2025 году мы проводим прямые клинические исследования — сравниваем классический  $^{177}\text{Lu-PSMA-617}$ , то есть, по сути, препарат Pluvicto компании Novartis, и наш отечественный препарат — молекулу, которая принадлежит ТПУ.

## Владимир Чернов

В 1985 году с отличием окончил лечебный факультет Томского государственного медицинского института. С 1985 года работал в НИИ кардиологии СО РАМН сначала врачом-радиологом, затем старшим научным сотрудником, а после успешной защиты в 1998 году докторской диссертации — ведущим научным сотрудником. Профессор по специальности «лучевая диагностика, лучевая терапия» с 2003 года. С 2006 года является заведующим отделением радионуклидной диагностики и с 2013 года — заместителем директора по научной работе и инновационной деятельности Томского НИИ онкологии. С 2016 года — заместитель директора по научной и инновационной работе Томского НИМЦ. С 2022 года — член-корреспондент РАН. Основные научные исследования связаны с созданием инновационных радиофармпрепаратов (РФП) и методологии радионуклидных исследований в онкологии и кардиологии. Им опубликованы более 700 печатных работ, из них 33 монографии и главы в монографиях, 167 статей в журналах, рецензируемых в Web of Science (WOS) или Scopus, является редактором двухтомного Национального руководства по радионуклидной диагностике. Индекс Хирша составляет: РИНЦ — 28, Scopus — 14, WOS — 13. Имеет 65 патентов на изобретения, 5 лицензионных соглашений о предоставлении права использования патентов. Патент «Способ получения реагента для приготовления меченого технецием-99m нанокolloида на основе гамма-оксида алюминия» вошел в 100 лучших изобретений России за 2014 год.

### — В чем суть этих исследований?

— Для того, чтобы вывести препарат на рынок, нужны серьезные исследования, которые требуют значительного финансирования. Но прежде мы должны провести прямые сравнительные исследования. При сравнительных исследованиях мы вводим диагностические дозы BQ-PSMA и сравниваем с терапевтическими дозами  $^{177}\text{Lu-PSMA-617}$ . Вводим пациентам, которые находятся у нас на лечении в НИИ онкологии Томского НИМЦ, поэтому эта часть клинических исследований нам обходится недорого. Если наш препарат окажется при прямом сравнении хуже, чем классический препарат с лютецием, то смысла в дальнейшем его исследовании нет. Пока мы осторожно говорим, что у нас есть перспективный препарат. Пока все на уровне гипотезы, но это обоснованная гипотеза, потому что препарат хорошо показал себя в доклинических исследованиях, не хуже, чем  $^{177}\text{Lu-PSMA-617}$ . У него оказались очень хорошие клинические показатели. Это мы обнаружили по первой фазе клинических исследований.

— Допустим, все последующие испытания пройдут успешно. При каких условиях и на каком этапе будет применяться будущий радиофармпрепарат?

— Расскажу по порядку. Рак предстательной железы на ранних стадиях лечится достаточно неплохо. Мы можем удалить опухоль хирургическим путем, можем провести лучевую терапию первичной опухоли. Существуют методы низкодозной брахиотерапии, когда в опухоль предстательной железы вводятся так называемые зерна йода-125. Существует высокодозная брахитерапия, когда вводятся специальные трубки, по которым поступает гамма-излучающий нуклид, и он с высокой вероятностью уничтожает опухоль.

Но нередко к нам попадают пациенты, у которых рак уже начал метастазировать. На этом этапе существует достаточно большое количество видов терапии, но прежде всего это гормонотерапия. Мы можем лечить препаратами, которые снижают уровень мужских половых гормонов, достаточно долго. Иногда лечение позволяет продлить жизнь на годы, реже — на десятилетия. Но в какой-то момент рак теряет гормональную чувствительность и переходит в так называемую коррекционно-резистентную стадию, когда снижение уровня половых гормонов не предотвращает развития этого заболевания. В этот момент метастазы уже поражают кости, лимфатическую систему, органы. У врачей остается не очень много возможностей. В частности, это химиотерапия. Но в какой-то момент даже на самой агрессивной химиотерапии происходит прогрессирование заболевания. Тогда пациенты поступают к нам, и мы используем методы радионуклидной терапии.

Уже много лет для лечения костных метастазов используется целый ряд радиофармпрепаратов. Это стронций-89, самарий-153 и радий-223. Когда перестают работать они, мы прибегаем к лечению <sup>177</sup>Lu-PSMA-617. Но для того, чтобы отобрать этих пациентов, мы должны визуализировать метастазы. Для этого есть два пути. Либо достаточно

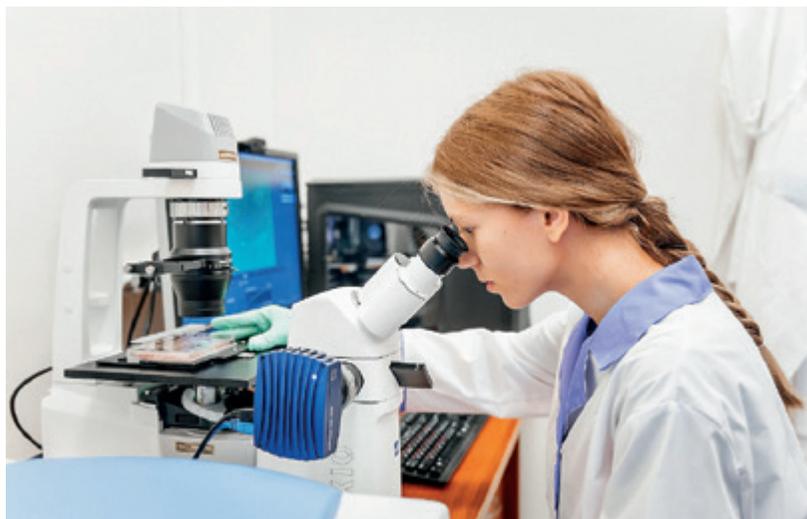
дорогостоящая и недоступная во многих российских городах позитронно-эмиссионная компьютерная томография, либо однофотонная эмиссионная компьютерная томография, которая проводится с помощью радиофармпрепарата на основе технеция — прибор для ее проведения, в принципе, имеется в каждом онкодиспансере. Повторюсь, что первой точкой нашего исследования было как раз создание именно диагностического подхода, и лишь потом мы пришли к терапии. После обнаружения опухоли мы доставим к ней для терапии наш препарат.

— Как вы думаете, в России будет высокий спрос на этот препарат и по какой цене он будет доступен пациентам?

— Наверное, это вопрос не ко мне. Я не коммерсант, я прежде всего врач и ученый, и меня интересует здоровье пациентов. Но если сравнить стоимость использования лечения PSMA в мире, то колебания достаточно серьезные. Где-то эта инъекция стоит \$60 тыс. В Индии можно одну инъекцию сделать за \$10 тыс. В среднем же инъекция стоит около \$40 тыс. В России эта процедура проводится по квоте по оказанию высокотехнологичной медицинской помощи. Стоимость составляет около 521 тыс. рублей. Полный курс терапии составляет пять-шесть инъекций с перерывом от шести до восьми недель. То есть где-то в течение года мы лечим этих пациентов. Понятно, что 100% гарантии нет: кто-то хорошо реагирует на лечение, кто-то не очень, особенно учитывая, что пациенты приходят к нам уже очень тяжелые, у них обширное поражение костной ткани. Я повторюсь, что это не панацея, но у достаточно большого количества пациентов мы наблюдаем очень хороший эффект.

— Могут ли эти препараты использоваться для других видов рака?

— Есть такое понятие, как таргетная терапия, то есть терапия, направленная на тот или иной рецептор рака. Создано огромное количество таргетных химпрепаратов, более тысячи, и на уровне клинических исследований уже около 190 препаратов показали, что они достаточно эффективны. При тераностике за последние десятилетия в ядерной медицине появились только два таких препарата. Это Lutathera для терапии и диагностики нейроэндокринного рака и Pluvicto для терапии рака предстательной железы. Но мы в Томске не останавливаемся только на тераностике рака предстательной железы. Уже сейчас мы имеем очень хорошие результаты доклинических исследований при создании препарата для тераностики агрессивных раков молочной железы. Этот препарат будет направлен на взаимодействие рецепторов клеток, которые окружают опухоль, так называемые стромы опухоли. Дело в том, что раковые клетки не существуют абстрактно или отдельно. Для того, чтобы раковая клетка существовала, она должна чем-то подпитываться. Вот для этого она формирует строму. И при некоторых видах рака эта строма составляет до 90% опухоли. То есть раковых клеток там 10%, а стромы 90%. Мы получили



грант Российского научного фонда для создания препарата, который позволит нам визуализировать такие формы рака с развитой стромой и создавать препараты для его терапии. Пока мы в начале пути, первый год работаем над этим.

— Как проходит разработка таких препаратов? Какие специалисты и мощности задействованы?

— В Томске у нас сложился достаточно хороший коллектив. Мы занимаемся ядерной медициной, созданием новых радиофармпрепаратов уже почти 40 лет. И это очень сложная система. Чтобы создать радиофармпрепарат, должна быть смычка с ядерными физиками, с инженерами, которые дают нам в конечном итоге изотоп. Мы должны взаимодействовать с радиохимиками, которые выделяют эти изотопы из мишени в чистом виде, потому что один и тот же изотоп, допустим лютеций, может быть с разными примесями. Мы должны взаимодействовать с биологами и с химиками-органиками, которые создают нам векторы доставки. Ведь если мы просто введем препарат, то есть изотоп, в человека, он просто накопится в органе на каком-то критическом уровне и убьет пациента. Это должен быть препарат, который накапливается преимущественно в опухоли, а не, допустим, в печени или в почках. К врачам мы приходим уже, по сути, в финале. Это вершина айсберга.

Препарат должен быть исследован на всех уровнях. Должно быть доказано, что он чрезвычайно эффективен, нетоксичен, что в нем нет каких-то побочных продуктов, например бактериальных эндотоксинов, которые могут вызывать температуру, что возможно его серийное производство. Все это огромный труд. Поэтому немудрено, что стоимость молекулы — \$2 млрд, и это еще не очень много. Уже упоминаемая Lutathera обошлась более чем в \$4 млрд той же компании Novartis.

— Хватает ли возможностей для конкуренции с крупными разработчиками лекарств?

— В Томске благодаря мегагранту был создан научно-исследовательский центр «Онкотераностика». Это было сделано во взаимодействии со шведскими коллегами из Уппсальского университета, с Институтом биоорганической химии, где работает академик Сергей Деев, уникальный специалист по созданию так называемых скаффолдов (структур из биоматериалов, которые служат субстратом для регенерации тканей. — *Примеч. ред.*).

Здорово нам помог работающий в Уппсальском университете профессор Владимир Толмачев, один из ведущих радиохимиков мира, который занимается созданием новых оригинальных радиофармпрепаратов. Под его руководством в Томске создана такая же лаборатория, как и в шведском университете. И вся наша молодежь, которая сейчас работает в Томске, проходила стажировки в Уппсальском университете. Благодаря мощностям лаборатории мы очень быстро проводим все

---

**«Мы занимаемся ядерной медицинской, созданием новых радиофармпрепаратов уже почти 40 лет. За время работы новой лаборатории мы создали девять абсолютно новых оригинальных препаратов. Создали четыре диагностических радиофармпрепарата, получили на них регистрационное удостоверение».**

---

доклинические исследования, быстро вводим препараты в стадию клинических исследований. Если в мире на это уходит 15–20 лет, то мы можем за 2–3 года дойти до первой фазы клинических исследований. За время работы новой лаборатории мы создали девять абсолютно новых оригинальных препаратов. Создали четыре радиофармпрепарата диагностических, получили на них регистрационное удостоверение.

— Расскажите подробнее про какой-либо из этих препаратов.

— Препарат на основе гамма-оксида алюминия, он в настоящее время доступен для всех наших онкологических учреждений. Называется он «Сентискан», используется для выявления сторожевых лимфатических узлов. Что такое сторожевой лимфатический узел? Это лимфатический узел, через который проходит отток лимфы от опухоли. Вокруг каждой опухоли находится 20–30 таких лимфатических узлов, но отток осуществляется через 1–3 лимфатических узла. «Сентискан» позволяет визуализировать эти сторожевые лимфатические узлы. Во время операции они изымаются, пока удаляется первичная опухоль, делается их патолого-анатомический анализ, во время которого под микроскопом изучается, есть там метастазы или нет. И если метастазы есть, то делается большая операция, удаляются все лимфатические узлы, потому что с большой вероятностью они поражены. А если нет метастазов в сторожевых лимфатических узлах, то можно ограничиться удалением первичной опухоли. Раньше во многих отечественных клиниках, где сторожевые узлы не определяются, удалялась первичная опухоль, а с ней и все лимфатические узлы, допустим, подмышечной области. В результате огромное количество осложнений, отеки, нарушаются функции руки. Пациенты зачастую уходят инвалидами из онкологической клиники после таких операций. На мой взгляд, в 90% случаев такие операции, с удалением лимфоузлов, делаются абсолютно зря. После применения «Сентискана» при чистоте лимфоузлов эти пациенты могут уйти с незаметным рубчиком на молочной железе и многие десятилетия чувствовать себя здоровыми и физически активными.



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

# Смотреть в будущее

*Интегрированная система кодов РОЗА помогает оценить радиологические риски*

**В Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года, утвержденной распоряжением правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 года №908р, к приоритетным направлениям относится «внедрение лучших экологических практик по снижению потенциальной биологической опасности отходов атомной энергетики». Действительно, актуальность этой проблемы определяется известными фактическими данными: если к 2015 году в мире было накоплено 280 тыс. тонн ОЯТ, то к 2040 году ожидается накопление 570 тыс. тонн ОЯТ.**

## Методики оценки радиологического риска

Международные стандарты в области ядерной и радиационной безопасности определяются тремя авторитетными организациями:

- Научным комитетом ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), который дает научные заключения;
- Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ), которая дает практические рекомендации;
- Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), которое принимает окончательные стандарты безопасности.

После атомной бомбардировки в 1945 году японских городов Хиросима и Нагасаки правительства Японии и США в 1954 году создали регистр хибакуса, то есть лиц, переживших атомные бомбардировки (86,5 тыс. человек). Основной целью создания регистра была оценка частоты онкологических заболеваний у облученных контингентов. Регистр хибакуса существует до настоящего времени и является основой для получения зависимости «доза — эффект» на международном уровне.

В результате долгосрочных и крупномасштабных эпидемиологических исследований в Японии было установлено, что 7% выявленных смертей от солидных

раков обусловлены радиационным воздействием и 51% выявленных смертей от лейкозов также радиационно обусловлены. Было также показано, что зависимость «доза — эффект» («эффект» в данном случае — это повышенная частота онкосмертности и онкозаболеваемости) лучше всего описывается линейной безпороговой моделью. Вместе с тем, в дозовом интервале 0–100 мЗв имеет место очень высокая степень неопределенности в полученных рисковых коэффициентах.

Одним из основных выводов этих исследований следует считать эпидемиологическое заключение о том, что кроме дозы облучения (которая составляла в среднем 220 мЗв) радиологический риск строго зависит от индивидуальных характеристик, прежде всего таких, как пол и возраст. Так, радиологический риск заболеваемости лейкозами при дозе 1 Гр может отличаться у 20-летних и тех, кому больше 30 лет, в три-четыре раза.

Используя данные японского регистра, НКДАР ООН в 1975 году ввел метрику радиологического канцерогенного риска — эффективная доза (зиверт, Зв). В 2007 году, когда время функционирования японского регистра хибакуса уже превысило 50 лет, МКРЗ выпустила рекомендации (Публикация 103) и ввела новое понятие — LAR (пожизненный радиационно обусловленный канцерогенный риск). Величина LAR впервые учитывает пол и возраст в зависимости «доза — эффект».

Технология определения величины LAR включает переход от ожидаемой эффективной дозы к эквивалентным дозам в органах и тканях и вычисление на этой основе потенциальных канцерогенных рисков. При этом показано, что для ряда радионуклидов имеет место уточнение зависимости «доза — эффект» примерно в 8–10 раз.

В основополагающих принципах безопасности МАГАТЭ подчеркивается: «Нынешнее и будущее население и окружающая среда должны быть защищены от радиационных рисков». А в Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (ратифицирована Федеральным законом РФ от 4 ноября 2005 г. № 139-ФЗ) отмечается, что

необходимо «стремиться избегать действий, имеющих обоснованно предсказуемые последствия для будущих поколений, более серьезные, чем те, которые допускаются в отношении нынешнего поколения».

### Оценка уровня радиологической защиты при создании ОДЭК

Учитывая вышеупомянутое, в рамках ПН «Прорыв» разработана интегрированная система кодов (ИСК) РОЗА (Радиологическое Обеспечение ЗАщиты), включающая программные модули (ПМ) РОЗА-Н (защита нынешнего поколения), РОЗА-РАО (защита будущих поколений) и РИСК-ЭКО (защита от факторов онко-риска нерадиационной природы).

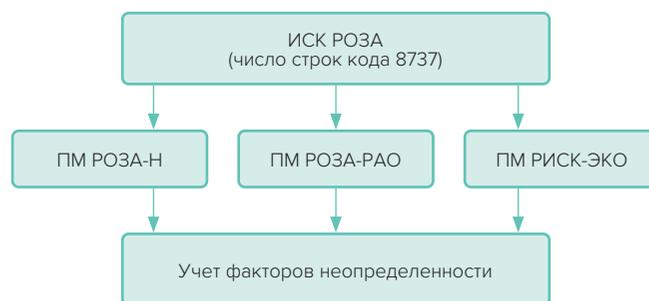
ИСК РОЗА была использована для оценки уровня радиологической защиты населения и персонала при создании опытно-демонстрационного энергоком-плекса (ОДЭК) на площадке Сибирского химического комбината. В рамках действующих в стране Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009) уровень пренебрежимо малого риска составляет  $10^{-6}$ .

Пожизненные риски (LAR) онкосмертности были оценены для модуля фабрикации/рефабрикации (МФР), модуля переработки (МП), реакторной установки (РУ БРЕСТ-ОД-300), а также в целом ОДЭК. Полученная величина канцерогенного радиационно обусловленного риска составляет  $4,63 \times 10^{-7}$  при нормальной эксплуатации ОДЭК и относится к пренебрежимо малому уровню. Вместе с тем для сценария запроектной аварии ОДЭК возможно превышение пренебрежимо малого риска  $10^{-6}$ . Установлено также, что за счет факторов риска нерадиационной природы (загрязнение воздушного пространства) возможно также превышение рискового порога  $10^{-6}$ .

Как было отмечено выше, ИСК РОЗА ориентирована на оценку уровня радиологической защиты как нынешнего, так и будущих поколений при интенсивном развитии в РФ двухкомпонентной ядерной энергетики.

Показано, что при замыкании ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах уже через 100 лет выдержки достигается эффект радиологической эквивалентности, когда за счет трансмутации минорных актинидов в РБН выравниваются канцерогенные радиационные риски РАО и природного уранового сырья. Рассмотрены различные сценарии развития двухкомпонентной ядерной энергетики, когда меняется доля тепловых и быстрых реакторов в выработке электроэнергии. Получено соотношение радиационно обусловленных потенциальных канцерогенных рисков ОЯТ реактора ВВЭР-1000 и РАО реактора БР-1200 при одинаковой выработке 1 ГВт·год электроэнергии. Установлено, что на временном интервале 10 тыс. лет после захоронения канцерогенные риски ОЯТ реактора ВВЭР-1000 в 130 раз выше канцерогенных рисков РАО реактора БР-1200. Поэтому достижение эффекта радиологической эквивалентности в приемлемые сроки для реактора ВВЭР-1000 невозможно.

### Интегрированная система кодов РОЗА

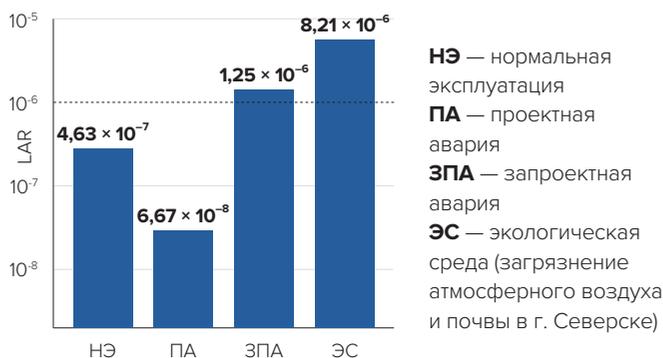


### Преимущества ЗЯТЦ на базе РБН

В указанной выше Энергетической стратегии подчеркивается также необходимость «внедрения технологий замкнутого ядерного топливного цикла». Практическое использование ИСК РОЗА дает следующие основные выводы по данной проблеме:

- достижение эффекта радиологической эквивалентности РАО и природного уранового сырья при ЗЯТЦ на базе РБН обеспечивает радиационную безопасность будущих поколений за счет минимизации потенциальных канцерогенных рисков населения;
- установлено, что значение радиационно обусловленного канцерогенного риска населения при эксплуатации ОДЭК ниже пренебрежимо малого уровня ( $10^{-6}$ ), включенного в действующие в РФ Нормы радиационной безопасности;
- показано, что величина канцерогенного риска от факторов нерадиационной природы (концентрация загрязняющих веществ в атмосфере воздуха г. Северска) более чем в 10 раз превосходит аналогичный показатель по радиационному фактору.

### Сравнительный анализ канцерогенных рисков радиационной и нерадиационной природы при эксплуатации ОДЭК



# Китайское замыкание

Как в КНР работают над замыканием ядерного топливного цикла

**Китай считается одним из лидеров в мировой атомной энергетике. Однако в одном из самых перспективных направлений развития — в области замыкания ядерного топливного цикла — у этой страны пока не самые сильные позиции. Рассказываем, чего не хватает КНР для замыкания ЯТЦ и как планируется преодолевать эти трудности.**

Сегодня Китай — государство с самой масштабной программой развития атомной энергетике в мире. Страна не только стремится повысить собственную энергетическую безопасность и снизить давление на экологию, но и хочет закрепиться со своими предложениями на внешних рынках. Важным стимулом стали цели, о которых в 2020 году объявил глава КНР Си Цзиньпин. К 2030 году Китай должен достичь углеродного пика — точки максимальных объемов выброса углекислого газа в атмосферу, за которой начнется снижение этого показателя. К 2060 году страна, как постановил председатель КНР, должна выйти на углеродную нейтральность.

В Китае сейчас работают 58 ядерных энергоблоков. В 2035 году общая мощность китайских АЭС может составить 150 ГВт. Но чтобы страна могла выйти на уровень нулевых выбросов, суммарная мощность ее атомных электростанций, по различным оценкам

китайских специалистов, должна вырасти к запланированному сроку до 300–400 ГВт.

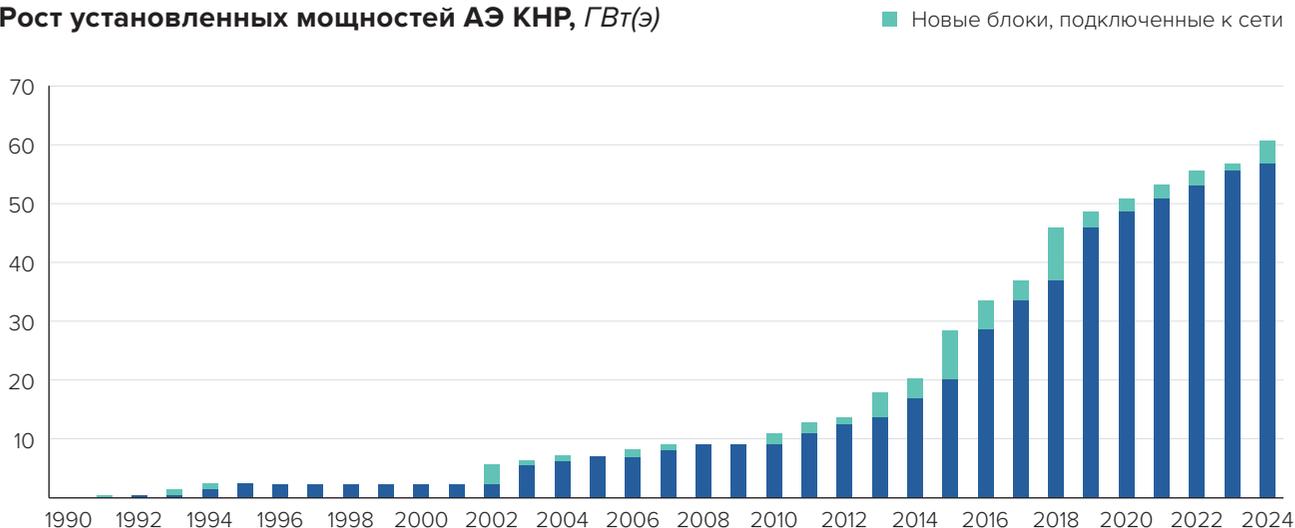
Стремление к таким грандиозным показателям неумолимо влечет за собой обострение двух проблем. Во-первых, отрасли потребуется значительно увеличить ресурсно-сырьевое обеспечение. Во-вторых, как результат работы АЭС, будут накапливаться в критических объемах отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) и радиоактивные отходы (РАО). В этой ситуации выходом может стать замыкание ядерного топливного цикла.

В последние годы КНР, помимо расширения собственной энергетике, старается укрепить позиции как экспортер технологий. Страна достигла высокого уровня в развитии начальной стадии ЯТЦ, однако в завершающей стадии возможности Китая на данный момент достаточно ограничены. Замыкание топливного цикла и строительство реакторов на быстрых нейтронах (РБН) стали одними из ключевых направлений в развитии китайской атомной энергетике, в которых она сотрудничает с иностранными партнерами, в первую очередь с Россией.

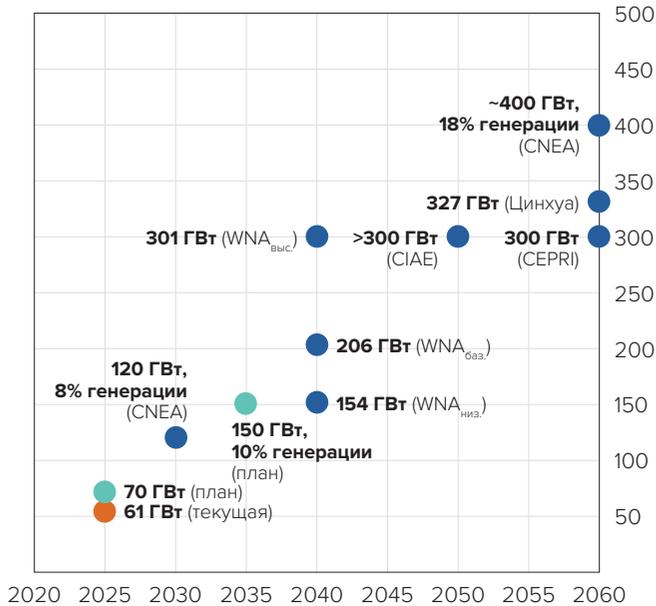
Мы приводим краткие результаты исследования о развитии технологий замыкания ядерного топливного цикла в Китае, проведенного экспертами Центра аналитических исследований и разработок (ЦАИР)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Квятковский С. А., Пономарев А. В., Сафиканов Д. И. Текущее состояние и перспективы развития завершающей стадии ядерного топливного цикла в Китайской Народной Республике / Госкорпорация «Росатом», ЧУ «Наука и инновации», ЦАИР. — М., 2024.

Рост установленных мощностей АЭ КНР, ГВт(э)



### Некоторые прогнозы развития атомных мощностей в КНР



### Долгий путь к замыканию цикла

В Китае первые исследования по радиохимической переработке начались в 1950-е годы в рамках военной ядерной программы. При поддержке ученых из СССР в стране проводились эксперименты по переработке облученного топлива методом осаждения. Но в 1960-е годы, после прекращения сотрудничества с Советским Союзом, Китай сделал выбор в пользу технологии экстракции.

В 1960–1970 годы КНР самостоятельно построила ряд установок по переработке для военной промышленности. Первая из них — в провинции Ганьсу (впоследствии предприятие получило название «Завод 404») — была введена в эксплуатацию в 1968 году и использовалась для переработки ОЯТ промышленного реактора, который находился там же. На установке производился плутоний для ядерных зарядов. В 1969 году началось строительство нового завода с реактором и установкой по переработке ОЯТ в провинции Сычуань, который заработал в 1976 году.

В это же время проводились исследования по улучшению технологий переработки, извлечения продуктов деления и минорных актинидов (нептуния, америция и кюрия) из жидких радиоактивных отходов.

Военные разработки стали для Китая базой для развития и гражданских технологий переработки ОЯТ. Однако после 1980-х годов темпы развития технологий переработки заметно снизились. Это во многом было связано с закрытием военных предприятий и сокращением инвестиций в разработки.



### Денис Сафиканов

Аналитик отдела ядерного топливного цикла Центра аналитических исследований и разработок (ЦАИР) частного учреждения «Наука и инновации» (госкорпорация «Росатом»):

— Для Китая, как и для России, стратегическим приоритетом развития атомной энергетики является замыкание ядерного топливного цикла (ЯТЦ). Это направление представляется одним из наиболее перспективных с точки зрения развития двустороннего сотрудничества. Так, в 2023 году госкорпорация «Росатом» и Агентство по атомной энергии КНР подписали Комплексную программу долгосрочного сотрудничества в области реакторов на быстрых нейтронах и замыкания ядерного топливного цикла, а в 2024 году была разработана соответствующая дорожная карта. Для выстраивания эффективного взаимовыгодного партнерства требуется углубленный анализ текущих возможностей, планов и стратегических интересов китайской стороны в данной области.

Работа над отчетом представляла значительную сложность, учитывая характерную для китайской атомной отрасли закрытость информации по многим темам, которая особенно усиливается в отношении таких «чувствительных» направлений, как завершающая стадия ЯТЦ (в первую очередь в части переработки ОЯТ).

Особенность отчета заключается в том, что он практически полностью написан на основе первоисточников на китайском языке. При этом в процессе подготовки был проанализирован широкий спектр материалов: официальные документы государственных ведомств, доклады представителей китайской атомной отрасли на международных и внутренних мероприятиях, научные публикации в китайских журналах, корпоративные отчеты, информация о закупках китайских компаний и даже спутниковые снимки. Дополнительные сведения удалось получить благодаря взаимодействию с китайскими специалистами в рамках визитов в КНР. Таким образом, в отчете удалось собрать по крупицам и систематизировать разрозненную и труднодоступную информацию и провести всеобъемлющий анализ текущего состояния и перспектив развития завершающей стадии ЯТЦ в Китае.

Решение китайского правительства о замыкании ядерного топливного цикла было принято в 1980-е годы на старте развития гражданской атомной промышленности. В 1983 году была предложена трехэтапная программа развития атомной энергетики. Она включала последовательное внедрение сначала реакторов на тепловых нейтронах, затем — на быстрых и, наконец, освоение управляемого термоядерного синтеза. Ключевыми элементами данной стратегии стали переработка ОЯТ и замыкание ЯТЦ. Этот выбор был во многом сделан из-за небольшого количества урановых месторождений, известных в стране на тот период. В 1986 году в Китае была принята программа, предусматривающая строительство пилотного завода по переработке ОЯТ и экспериментального реактора на быстрых нейтронах.

В 1993 году на территории Завода 404 начались работы по созданию пилотного предприятия по переработке ОЯТ. Его физический пуск состоялся в 2010 году. Однако работе перерабатывающей установки мешали многочисленные технические проблемы. Параллельно при участии России шли разработка и сооружение китайского экспериментального реактора на быстрых нейтронах.

В 2007 году китайская компания CNNC (China National Nuclear Corporation) начала переговоры с французской компанией Areva (ныне — Orano) о строительстве промышленного комплекса по переработке и рециклированию ОЯТ. В 2010 году в стране был создан Фонд по переработке и захоронению ОЯТ АЭС. А в 2015 году состоялся пуск лаборатории по переработке и радиохимии, которая стала на сегодня основной исследовательской площадкой в стране в этой сфере.

### Прогнозы потребностей в природном уране и накопления ОЯТ в КНР на период 2025–2060 гг. (CINIS)

	2025	2030	2035	2040	2050	2060
<b>Мощность АЭ (ГВт)</b>	68	108	148	198	298	398
<b>Потребности в уране (тыс. тU/год)</b>	14	22	29	38	56	74
<b>Кумулятивные потребности в уране (тыс. тU)</b>	60	156	288	461	942	1603
<b>Доля в мировых ежегодных потребностях (%)</b>	20	29	32	32	—	—
<b>Годовое накопление ОЯТ (т/год)</b>	1496	2376	3256	4356	5456	8756
<b>Кумулятивное накопление ОЯТ (т)</b>	14 200	24 320	38 840	58 420	83 500	192 000

Также с 2015 года в Китае ведется строительство промышленного парка ядерных технологий CNNC, в составе которого возводится демонстрационный завод по переработке ОЯТ энергетических реакторов мощностью не менее 200 тонн в год. В 2017 и 2020 годах началось строительство первого и второго реакторов на быстрых нейтронах CFR-600 электрической мощностью 600 МВт на АЭС «Сяпу».

### CiFR: за и против

Нужно отметить, что Китай продолжает усиленно работать над своей трехэтапной стратегией развития ядерной энергетики. В частности, в рамках реализации второго этапа стратегии страна занимается созданием интегрированной ядерной энергетической системы с быстрыми реакторами и замкнутым топливным циклом (CiFR). Демонстрационный проект должен быть реализован к 2035 году.

Систему CiFR и в целом работы по замыканию ЯТЦ продвигают компания CNNC и ее дочерние организации. Под их контролем находятся практически все мощности завершающей стадии ядерного топливного цикла. Так, инженеринговая компания CNPE (China Nuclear Power Engineering Corporation) участвует в создании большинства объектов по обращению с ОЯТ и РАО в качестве проектировщика и генерального подрядчика. Кроме того, она — главная организация по промышленному освоению гидрометаллургического метода переработки ОЯТ. CIAE (China Institute of Atomic Energy) лидирует в области развития технологий реакторов на быстрых нейтронах и переработки их отработавшего топлива. Сейчас этот институт сфокусировался на пирохимической переработке ОЯТ. CEPIC (CNNC Environmental Protection Corporation) является ключевой организацией по обращению с радиоактивными отходами.

Поддерживаемая ими концепция CiFR включает: — расположенные на одной площадке шесть реакторов на быстрых нейтронах CiFR1000 мощностью 1200 МВт, работающих на металлическом топливе; — модуль регенерации топлива (установка по пирохимической переработке ОЯТ и установка по производству металлического топлива); — модуль по обращению с радиоактивными отходами и другие поддерживающие системы.

Эта концепция начала прорабатываться китайскими специалистами недавно, в 2021 году. Но за четыре прошедших года она получила значительное продвижение: ее предложили внести в список крупных национальных научно-технических проектов. Это позволит получить значительную ресурсную поддержку со стороны государства.

Концепция CiFR подразумевает следующий процесс. Отработавшее ядерное топливо китайских тепловых реакторов PWR перерабатывается на радиохимических заводах, которые используют гидрометаллургическую технологию. Полученный в результате плутоний

применяют для изготовления МОКС-топлива для реакторов на быстрых нейтронах. Отработавшее МОКС-топливо отправляется на промежуточное хранение. После этого оно поступает в CiFR, где подвергается пирохимической переработке. Продукты этой переработки используются для изготовления металлического топлива для реакторов, работающих в системе CiFR. Затем осуществляется рециклинг урана и трансурановых элементов — плутония и минорных актинидов — в рамках каждого отдельного комплекса CiFR.

Разработанная в Китае концепция предусматривает три этапа реализации.

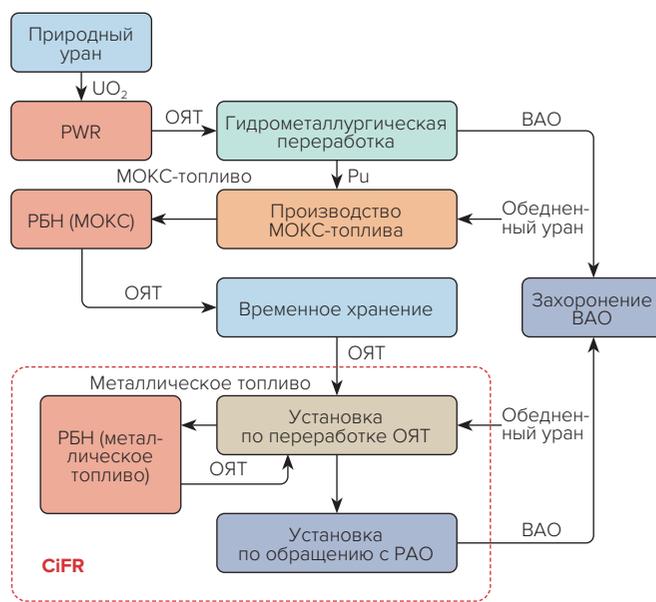
- На первом происходит активное сооружение реакторов на тепловых нейтронах и достижение общей мощности примерно в 200 ГВт в максимально возможные короткие сроки. Одновременно происходит накопление обедненного урана и ОЯТ этих реакторов. Таким образом формируется материальная основа для дальнейшего развития реакторов на быстрых нейтронах.
- Второй (промежуточный) этап предполагает строительство заводов по гидрометаллургической переработке ОЯТ тепловых реакторов, заводов по производству МОКС-топлива для быстрых реакторов и шести-восьми РБН, работающих на нем. Плутоний и минорные актиниды, извлеченные при переработке ОЯТ тепловых реакторов, используются в РБН, что позволяет согласованно развивать применение реакторов обоих типов. Отработавшее топливо РБН отправляется на временное хранение. Такая схема позволяет стабилизировать накопление ОЯТ на приемлемом для страны уровне в течение длительного времени.
- На третьем этапе происходит использование накопленного обедненного урана и продуктов переработки отработавшего МОКС-топлива для изготовления металлического топлива для CiFR. В дальнейшем подразумевается автономная работа в рамках каждого комплекса CiFR за счет регенерации топлива РБН.

В течение 10–20 лет накопленное МОКС-ОЯТ сможет обеспечить первоначальную загрузку для крупномасштабного строительства комплексов CiFR (до 200 ГВт). При этом общая мощность АЭС в стране может достигнуть 400 ГВт.

Однако концепция замыкания цикла на базе CiFR имеет некоторые недостатки. Так, в ее основу положены технологии, которые ранее не применялись в промышленных масштабах ни в Китае, ни в мире в целом (например, пирохимическая переработка ОЯТ или металлическое топливо для РБН). Для достижения показателя в 200 ГВт нужно построить 20–30 комплексов CiFR, которые включают столько же радиохимических производств на близком расстоянии от потребителей электроэнергии. Это влечет за собой и разработку новых требований по безопасности, и возможную негативную реакцию со стороны общества.

Наконец, концепция не учитывает развитие других типов реакторов, которые разрабатываются в Китае (например, высокотемпературных газоохлаждаемых

## Концепция замыкания ЯТЦ в КНР



реакторов, жидкосольевых реакторов, РБН с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем и др.). Кроме того, если Китай перейдет на CiFR и прекратит строить реакторы PWR, это резко снизит привлекательность его экспортных предложений.

Тем не менее в августе 2024 года для ускорения разработки и реализации проекта был учрежден инновационный консорциум CiFR, в который вошли более 40 производственных и научных организаций. Сооружение первого демонстрационного проекта планируется начать в 2030 году и завершить к 2035 году. Авторы исследования считают эти сроки труднодостижимыми из-за уровня нынешних разработок необходимых технологий и материалов в КНР.

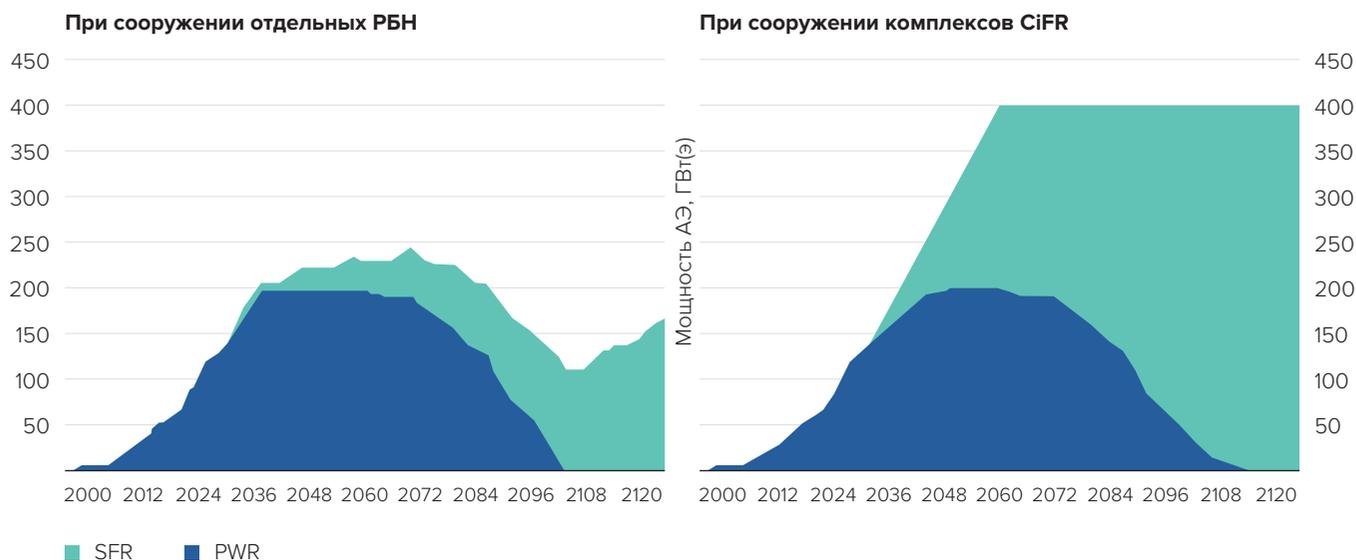
Кроме того, важно не забывать, что Китай — государство, обладающее ядерным оружием, которое наращивает ядерный потенциал и достаточно много ресурсов тратит на военные ядерные цели. Видимо, часть их перенаправляется с гражданских проектов, что не может не сказываться на положении мирной ядерной программы.

## Есть ли альтернатива?

Корпорация CNNC, контролирующая практически весь китайский ЯТЦ (в том числе всю деятельность, связанную с переработкой ОЯТ) и дальше всех продвинувшаяся в развитии реакторов на быстрых нейтронах, оказывает наибольшее влияние на выбор стратегии замыкания ядерного топливного цикла в КНР.

Другие ядерно-энергетические корпорации Китая вопрос замыкания ЯТЦ активно не продвигают. Однако в научном институте корпорации CGN (China General

## Моделирование долгосрочного развития ядерных мощностей КНР, выполненное CIAE



Nuclear Power Corporation) проводились теоретические исследования по альтернативному подходу к замыканию ЯТЦ.

Авторы альтернативной концепции напоминают, что различные варианты замыкания ЯТЦ характеризуются высокой неопределенностью с точки зрения технологий, экономики и безопасности. При этом в Китае не было значимых исследований в этой области, отсутствует официально утвержденная дорожная карта развития направления. При этом реакторы на быстрых нейтронах и их топливные циклы на сегодня далеки от коммерциализации. А вот технологии PWR уже сейчас находятся на высоком уровне зрелости: к 2035 году в КНР будет построено более 100 таких реакторов, до второй половины XXI века они по-прежнему останутся основным типом реакторов в атомной энергетике страны.

В связи с этим авторы альтернативного решения предлагают на первом этапе провести замыкание топливного цикла на базе PWR с использованием МОКС-топлива. Такой вариант позволит накопить опыт производства, эксплуатации и переработки МОКС-топлива и в целом сформировать инфраструктуру для развития замыкания ЯТЦ.

Второй этап будет связан с переходом на двухкомпонентную гибридную ядерную энергетическую систему с замкнутым циклом на базе PWR и РБН, работающих на МОКС-топливе. Тип реактора на быстрых нейтронах — натриевый, свинцовый или иной — предлагается определить в будущем.

### Как в Китае перерабатывают ОЯТ

Развитие переработки ОЯТ в Китае ведется последовательно по трем этапам: пилотный

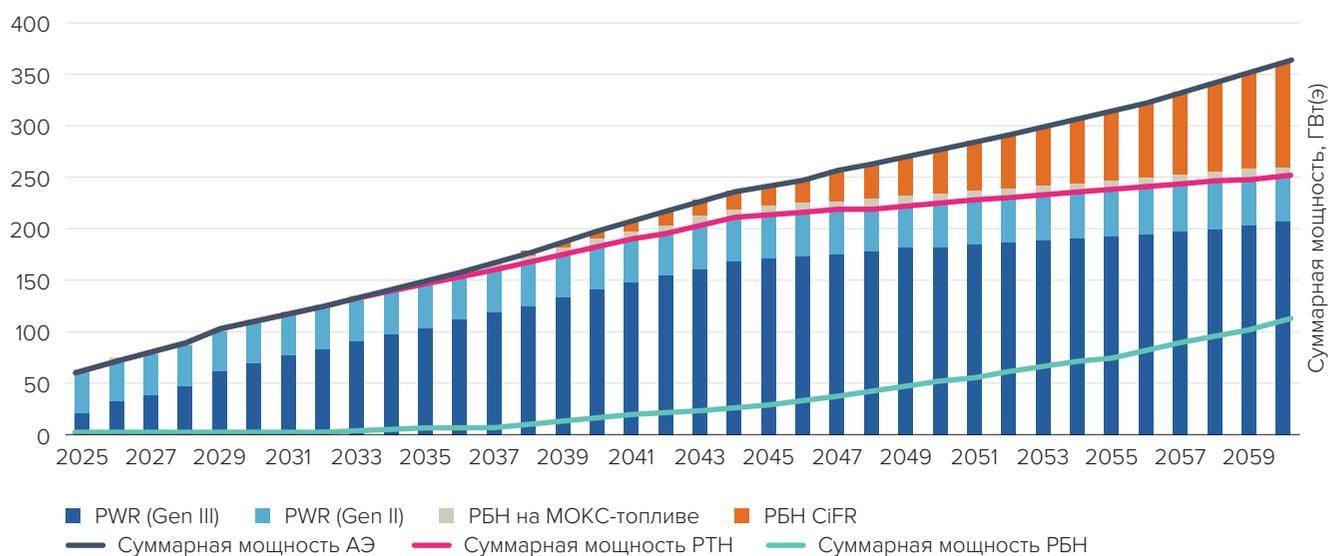
(экспериментальный), демонстрационный (опытно-промышленный) и коммерческий (промышленный) уровни. По заявлениям китайских специалистов, КНР освоила гидрометаллургическую технологию переработки ОЯТ на втором — демонстрационном — уровне.

Единственным перерабатывающим предприятием, работающим в КНР на данный момент, является уже упоминавшийся Завод 404 в провинции Ганьсу. Проект начали реализовывать в 1993 году. Как заявляют китайские власти, проектирование и строительство завода велось их собственными силами без привлечения иностранных ресурсов. Вероятно, в проекте использовались наработки военной ядерной промышленности Китая. Неслучайно место для постройки завода было выбрано неподалеку от военной перерабатывающей установки: это позволило использовать уже существующую инфраструктуру.

Проектная мощность пилотного завода — 50 тонн в год. Его пуск должен был состояться еще в начале нулевых, но из-за технических проблем он неоднократно переносился. Да и после начала работы в 2010 году предприятие пришлось остановить на некоторое время из-за возникших проблем с безопасностью. Сейчас завод отрабатывает технологический процесс переработки, испытывает оборудование и приборы контроля, производит плутоний для МОКС-топлива для экспериментального быстрого реактора, готовит персонал для отрасли.

Пилотный завод позволяет перерабатывать ОЯТ энергетических реакторов с использованием PUREX-процесса — с помощью экстракции. На одной площадке с заводом построены централизованное мокрое хранилище для ОЯТ, лаборатория по переработке высокообогащенного уранового топлива

## Моделирование долгосрочного развития ядерных мощностей КНР, выполненное CINIS (2024 г.)



исследовательских реакторов и экспериментальная линия по производству МОКС-топлива.

Планировалось, что после выхода завода на стабильную работу его производительность будет увеличена после реконструкции сначала до 80, а потом до 200 тонн в год. Однако данных о проведении таких работ в открытых источниках пока нет.

Компания CNNC Longgui строит в провинции Ганьсу демонстрационный завод по переработке ОЯТ. Его сооружение началось в 2015 году в промышленном парке ядерных технологий CNNC. Строительство должно завершиться в 2025 году. Проектная мощность предприятия — 200 тонн в год.

Для переработки ОЯТ на этом заводе тоже будет использоваться PUREX-процесс. СМИ сообщают, что на той же площадке ведется строительство второго модуля завода с такой же мощностью. Его ввод в эксплуатацию запланирован после 2030 года. При этом официальных сведений о возведении второго модуля нет, хотя существующие спутниковые снимки указывают на его строительство. А в 2023 году появилась неподтвержденная информация, основанная на анализе госзакупок, о том, что на той же территории началось сооружение третьего модуля завода.

Помимо завода по переработке ОЯТ в промышленном парке ядерных технологий CNNC собираются построить предприятие по производству МОКС-топлива и установку по остекловыванию высокоактивных отходов.

У Китая также есть план по созданию промышленного перерабатывающего завода мощностью 800–1000 тонн в год. Согласно государственным документам, принятым в 2016 году, завод планировалось

построить к 2030 году. Но уже сейчас очевидно, что сроки будут перенесены: некоторые китайские источники говорят о 2035 годе. Строить предприятие будут, вероятно, также собственными силами.

В настоящее время Китай не хочет привлекать к строительству предприятий по переработке ОЯТ иностранных партнеров. Свидетельство этому — попытка сотрудничества с французской компанией Огапо, которая должна была завершиться строительством завода по технологиям, используемым во Франции. Переговоры, посвященные этому проекту, начались в 2007 году. Предприятие должно было перерабатывать до 800 тонн ОЯТ в год и включать в себя также завод по производству МОКС-топлива и мокрое хранилище. Объем необходимых инвестиций на тот момент оценивался в 15 млрд евро. В 2015 году компания CNNC заявила о том, что уже выбирает площадку для строительства. В это же время были озвучены планы начать работы в 2020 году и завершить их к 2030 году. Но дальше переговоров и подписания рамочных документов сотрудничество не пошло.

Начиная с 2020 года в китайских источниках не встречается упоминаний об этом проекте. Даже в совместной китайско-французской Синей книге, посвященной перспективным исследованиям в области атомной энергетики в поддержку низкоуглеродного развития, вышедшей в 2023 году, в разделе о двустороннем сотрудничестве не говорится о планах по строительству завода. Это заставляет предположить, что КНР отказалась от него. Помимо возможных разногласий по вопросам стоимости проекта и передачи технологий, важную роль в принятии решения могло сыграть стратегическое стремление Китая опираться в этой сфере на собственные разработки. Так или иначе, переговоры,

длившиеся более 10 лет, на практике ни к чему не привели.

Среди важных технологических объектов, имеющих отношение к переработке ОЯТ, стоит упомянуть и Китайскую лабораторию по переработке и радиохимии в CIAE — главную исследовательскую и экспериментальную площадку страны в этой сфере. Она начала работать с 2015 года, ее площадь составляет 10 тыс. м<sup>2</sup>. На ее территории находятся горячие камеры и боксы для проведения исследований по переработке ОЯТ, радиологические и химические лаборатории, лекционные залы для обучения персонала. Лаборатория может перерабатывать один твэл в год гидрометаллургическим методом.

Китай также прилагает большие усилия в разработке разных видов ядерного топлива — смешанного оксидного и металлического, которые предназначены для реакторов на быстрых нейтронах. Так, на Заводе 404 работает экспериментальная линия, производящая МОКС-таблетки. В промышленном парке ядерных технологий CNNC в провинции Ганьсу строится демонстрационный завод по фабрикации МОКС-топлива с оценочной мощностью до 20 тонн продукции в год. В дальнейшем Китай планирует построить промышленный завод для производства МОКС-топлива для коммерческих реакторов.

Так как в будущем КНР собирается перейти на металлическое топливо для быстрых реакторов, китайские компании ведут исследования по его созданию. В ближайшие годы планируется начать облучение экспериментальных сборок. КНР активно изучает опыт США по использованию уранплутониевого металлического топлива, но пока можно сказать, что китайские разработки в этой сфере находятся на стадии осмысления.

Важно отметить, что CNNC также постепенно формирует свое экспортное предложение в области обращения с ОЯТ — создание сухих хранилищ для промежуточного хранения ОЯТ, а на более отдаленную перспективу рассматривается возможность возврата ОЯТ с АЭС, построенных CNNC, в Китай для хранения или переработки.

### Надежда на трансмутацию

В системе CiFR предполагается использовать пирохимический процесс, так как он позволяет перерабатывать металлическое ОЯТ быстрых реакторов с глубоким выгоранием и коротким временем выдержки. Продуктами такой переработки станут уран и трансурановые элементы, которые затем будут применяться для изготовления металлического топлива. При этом разделять плутоний и минорные актиниды не планируется: они будут совместно возвращаться в топливный цикл. Пирохимический процесс представляет собой обработку ОЯТ расплавами металлов и их солей, он достаточно быстрый и компактный. Сейчас эта технология исследуется китайскими учеными в научных организациях.

Китайский план действий по внедрению революционных инноваций в области энергетических технологий на 2016–2030 годы включает развитие трансмутации минорных актинидов — превращения радиоактивных ядер в стабильные или короткоживущие при облучении нейтронами. Она применяется для снижения радиоактивности нептуния, америция и кюрия в отработавшем ядерном топливе. Процесс трансмутации исследуют в КНР в двух направлениях.

Первое предполагает разработку подкритических систем, управляемых ускорителем (ADS), в состав которых будут входить реакторы с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем (свинец и свинец-висмут).

Второе направление — это трансмутация минорных актинидов в быстрых реакторах, заложенная в концепции CiFR.

Кроме того, с 2011 года Китай реализует программу по созданию жидкосольевых реакторов, работающих в ториевом топливном цикле — процессе, где более доступный торий-232 превращается в уран-233. Трансмутация минорных актинидов не рассматривалась в этом проекте как отдельная задача китайских исследователей, но в последние годы они опубликовали ряд теоретических работ на эту тему.

### 560 метров под землю

В сфере обращения с радиоактивными отходами КНР разработала ряд собственных технологий. Так, для жидких отходов применяют битумирование и цементирование, твердые горючие отходы сжигают, цементируют и захоранивают на небольшой глубине. Для захоронения низко- и среднеактивных РАО используют три региональных и один центральный пункт захоронения. Кроме этого, небольшие пункты приповерхностного захоронения твердых низко- и среднеактивных отходов строятся вблизи некоторых действующих АЭС.

Ведутся работы по остекловыванию высокоактивных отходов. При разработке технологий активно использовался немецкий опыт. В процессе применяется керамический плавитель прямого электрического нагрева. Первая установка для этого начала работать в 2021 году, ее мощность позволяет перерабатывать несколько сотен кубометров высокоактивных жидких отходов ежегодно. Сейчас также в сотрудничестве с Германией планируется построить еще одну такую же установку, но большей мощности. Завершение проекта намечено на 2030 год.

Кроме того, Китай проводит эксперименты по созданию установки для остекловывания отходов в холодном тигле. Известно, что испытания прототипа такой установки прошли успешно, и сейчас китайские специалисты занимаются отладкой процесса и оборудования.

Установка по остекловыванию отходов будет также построена в промышленном парке ядерных технологий CNNC в провинции Ганьсу, но пока нет информации о том, какая именно технология будет в ней использоваться.

Исследовательские работы по глубинному захоронению высокоактивных отходов ведутся в Китае с 1985 года. В 2021 году в районе Бэйшань в пустыне Гоби начато строительство подземной исследовательской лаборатории для получения данных о безопасности глубинного захоронения радиоактивных отходов. Стоимость проекта оценивается в 380 млн долларов.

Лаборатория будет простираться на глубину 560 м. Она будет состоять из трех вертикальных шахт, технологического съезда длиной 7 км, сети исследовательских тоннелей на глубине 560 и 280 м и др. Если исследования пройдут успешно, в 2050 году на той же площадке будет построен полноценный пункт глубинного захоронения радиоактивных отходов, а лаборатория станет его частью.

Место для строительства лаборатории было выбрано по нескольким причинам: низкая плотность населения, отсутствие в районе месторождений полезных ископаемых, подходящие геологические и гидрогеологические показатели пород, малое количество выпадающих осадков и высокий уровень испарения в регионе. Кроме того, относительно недалеко от места строительства находятся перерабатывающие производства китайской ядерной промышленности.

Бурение подземной части лаборатории планируется закончить до конца 2025 года. После этого строители займутся сооружением инфраструктуры на поверхности, на которое отведено два года.

Площадка лаборатории уже сейчас активно используется для международных контактов и обменов на базе МАГАТЭ. Кроме того, на ней проводятся экскурсии, которые призваны улучшить отношение населения к ядерным технологиям. Особое внимание руководство проекта уделяет работе с молодежью: для юной аудитории были разработаны анимационные персонажи, которые олицетворяют объекты технологического процесса захоронения отходов, выпущен научно-популярный мультфильм.

### Как утолить кадровый голод

Масштабные планы Китая в области замыкания ядерного топливного цикла требуют подготовки большого количества профессиональных кадров разного уровня — от рабочих до ученых и инженеров-технологов. Это направление в китайском образовании развивалось с 1950-х годов и было связано с военной программой. Но позднее, после закрытия многих предприятий ядерного оружейного комплекса к концу XX века, часть образовательных программ тоже прекратила существование. К примеру, в 1990-е годы специализированный бакалавриат по радиохимии остался только в Университете Ланьчжоу.

В 2019 году в Китае был опубликован аналитический отчет о потребности отрасли в кадрах для реализации планов по замыканию ЯТЦ, где приводилась цифра более 9 тыс. специалистов к 2025 году. Однако текущая система подготовки кадров в КНР не закрывает этот дефицит, несмотря на сравнительно большой набор учреждений, дающих сегодня профильное образование в стране. Особенно заметна нехватка образовательных мощностей на уровне бакалавриата. Программы других уровней тоже не могут похвастаться многочисленностью: ежегодно в Китае выпускается всего несколько десятков магистрантов и аспирантов в области радиохимии.

Есть проблемы и с лабораторным оснащением в образовательных учреждениях. Даже в Университете Цинхуа, который имеет самую развитую инфраструктуру, отмечается нехватка аналитического оборудования.

Есть и финансовые сложности. Сейчас исследования по радиохимии, проводящиеся в университетах, финансируются в основном только Национальным фондом естественных наук Китая. Не хватает и преподавателей высокого уровня с большим опытом работы, особенно это касается университетов, расположенных в западной части страны. Да и среди абитуриентов радиохимические специальности обладают относительно невысокой привлекательностью. Во многом это связано с тем, что перерабатывающие предприятия расположены в основном в удаленных и слаборазвитых регионах Китая.

Для решения этих проблем в Китае предлагают ряд мер: создание специализированного образовательного альянса из вузов и предприятий, развитие целевых программ обучения, увеличение финансирования университетской науки, в том числе со стороны корпораций, повышение общественной приемлемости атомной энергетики в целом.

### На фото

АЭС «Сюйдапу». «Росатом» ведет активное сотрудничество с КНР в области атомной энергетики, в настоящее время в Китае по российскому проекту АЭС с РУ ВВЭР-1200 сооружается четыре энергоблока: два на Тяньваньской АЭС и два на АЭС «Сюйдапу»





**Александр Иванов,**  
доктор технических наук, главный специалист АО «Институт Гидропроект»



**Павел Ратников,**  
главный инженер проекта АО «Институт Гидропроект»

## В согласии с природой

*Наиболее доступная природоподобная технология защиты водных биоресурсов и АЭС*

Согласно требованиям российского законодательства, при осуществлении на водных объектах хозяйственной деятельности необходимо принимать меры по предотвращению попадания в водозаборы рыб, планктона и иных водных биоресурсов (ВБР) и в жизнеспособном состоянии отводить их в безопасное место водного объекта [1–4]. Для этого водозаборы оборудуют рыбозаградителями [4]. Однако допуская контакт рыб с защитным экраном/полем, они не обеспечивают жизнеспособность молоди. При этом на водохранилищах ни один из рыбозаградителей не оснащен безопасным местом. Кроме того, они не предназначены для предотвращения попадания в водозабор планктона. Поэтому нормативные рекомендации [4] не обеспечивают выполнение предъявляемых к ним нормативных требований [4], а ВБР попадают и гибнут в водозаборах, становясь серьезной биопомехой для водопользователя.

Для предотвращения гибели жизнеспособных ВБР и одновременно для защиты водопользователя от биопомех настало время поиска новых современных доступных, экономичных и эффективных технологий, позволяющих перейти от техногенных принципов задержания отдельных особей перед водозабором травмирующей их преградой к иным экологически обоснованным, технически осуществимым и экономически приемлемым принципам заблаговременного предупреждения массового подхода гидробионтов к водозабору путем управления их поведением, обеспечением оптимальных условий для оседлого обитания и трофической трансформации на безопасном от него удалении.

### Необходимость новых подходов

Именно об этом говорил президент Российской Федерации В. В. Путин в своем выступлении на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 28 сентября 2015 года: «Нам нужны качественно иные подходы. Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволят восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. Это действительно вызов планетарного масштаба. Убежден,

чтобы ответить на него, у человечества есть интеллектуальный потенциал» [5].

При поиске новых природоподобных технологий следует учитывать, что в соответствии с требованиями российского законодательства защите и отведению в безопасное место подлежат жизнеспособные особи. В то же время нежизнеспособные рыбы и планктон рассматриваются не просто как биопомехи для водозабора, но как ценный кормовой ресурс, который должен быть не изъят из экосистемы, а рационально использован жизнеспособными обитателями, то есть переработан в ее трофических цепях.

При этом Росрыболовство заинтересовано в повышении рыбопродуктивности водных объектов за счет крупных особей, главным образом ихтиофагов, поскольку именно их массовые представители составляют основу промысла. В то же время повышенное внимание к ним со стороны водопользователя основано на перспективности их использования в качестве утилизатора биопомех, поступающих в водозабор. Так, ихтиофаги, поедая сорных, больных и ослабленных особей, в короткий срок не только переводят их малоценную биомассу в более ценную собственную, но и устраняют пищевых конкурентов более ценных промысловых мирных рыб, то есть выполняют важнейшую санитарно-мелиоративную функцию по регулированию и оздоровлению всего ихтиоценоза, повышают его промысловое качество.

Ихтиофаги и особенно их организованные охотничьи скопления также являются для молоди рыб наиболее действенным источником опасности, о необходимости избегания встречи с которым она знает на инстинктивном уровне. Поэтому есть смысл использовать ихтиофагов в качестве естественного биологического источника опасности — биобарьера — для отпугивания мирных рыб от водозабора. В связи с этим наиболее целесообразной разработкой природоподобной технологии предотвращения попадания жизнеспособных рыб в водозаборные сооружения представляется на основе создания в водном объекте необходимых условий для целенаправленного формирования и действия естественных биобарьеров из организованных стайных ихтиофагов [6].

Использование ихтиофагами гидротехнического модуля в качестве коллективной охотничьей стоянки и засады

Каким же образом можно собрать и организовать ихтиофагов, чтобы они самостоятельно и с большим желанием выполняли бы функцию недопущения попадания ВБР (не только рыб, но и планктона) в водозабор?

### Обустройство новой среды обитания

Гидротехника, создавая новые водные объекты — водохранилища, формирует в них новую среду обитания ВБР. Обустройство этой среды средствами той же гидротехники, способными оказывать регулирующее влияние на характер поведения и обитания гидробионтов, открывает заманчивые перспективы в решении рыбоохранной задачи по образцу живой природы «принципиально новым», но чрезвычайно доступным и эффективным способом, а именно путем создания природоподобных объектов, формирующих целенаправленно регулирующую благоприятную и безопасную среду обитания водного населения. Для этого среду специальным образом устраивают доступными, не нуждающимися в эксплуатации и энергообеспечении протяженными упорядоченными структурами модульных гидротехнических конструкций, которые водное население может использовать в качестве значимых ориентиров, обитаемых субстратов, надежных убежищ, охотничьих засад и иных привычных ему элементов повышения неоднородности подводного ландшафта, то есть, по сути, естественной среды обитания ВБР. Эти конструкции целесообразно выполнять из доступного, экологически чистого гидротехнического бетона, который используют для строительства рыбопропускных, рыбозащитных и рыбоводных сооружений, а также водозаборов питьевого водоснабжения.

Заселяясь водными кормовыми организмами, гидротехнические модули со временем полностью интегрируются в естественную среду их обитания и, являясь значимым и целенаправленно размещенным местообитанием ВБР, управляют их поведением, пространственным распределением, перемещениями и трансформацией по трофической цепи. В частности, установка на трассах движения ВБР к водозабору упорядоченно-протяженных поперечных или косых гряд из донных гидротехнических модулей позволяет привлечь и обеспечить продолжительное пребывание ихтиофагов, которые используют их в качестве коллективных охотничьих стоянок и засад



(рис. 1) и объединяются в биобарьер, распространяющийся в водной толще от дна до самой поверхности воды (рис. 2). Охотясь организованной группой, ихтиофаги отпугивают подходящих к биобарьеру жизнеспособных особей, а доступных для поимки и поедания нежизнеспособных особей утилизируют. Тем самым они предупреждают подход и попадание рыб в водозабор.

При этом отсутствие необходимости в эксплуатации, энергообеспечении, а значит, и в прокладке коммуникаций позволяет расположить гряду для формирования биобарьера не перед самим водозабором, а на безопасном от него удалении, где скорости водозаборного течения еще не превышают критических для молоди рыб значений. Это позволяет жизнеспособным особям самостоятельно уходить от источников опасности — и от биобарьера, и от водозабора.

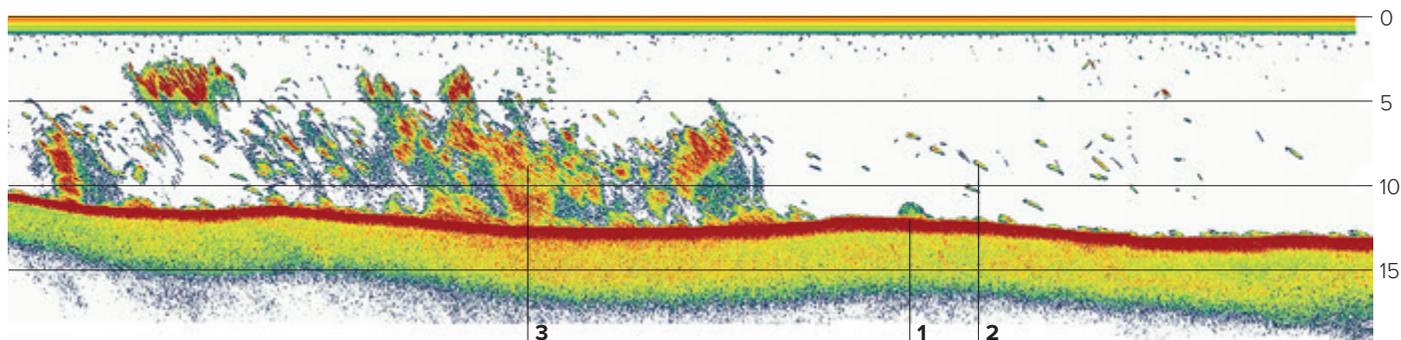
Тем самым, управляя характером перемещений рыб в водозаборной зоне, биобарьер из ихтиофагов самостоятельно, без помощи человека, предотвращает подход и попадание в водозабор жизнеспособных рыб с эффективностью, превышающей 98% (рис. 2 и рис. 3 на стр. 50) [6].

Причем человек лишь на начальном этапе формирования биобарьера, сооружая гряду, запускает

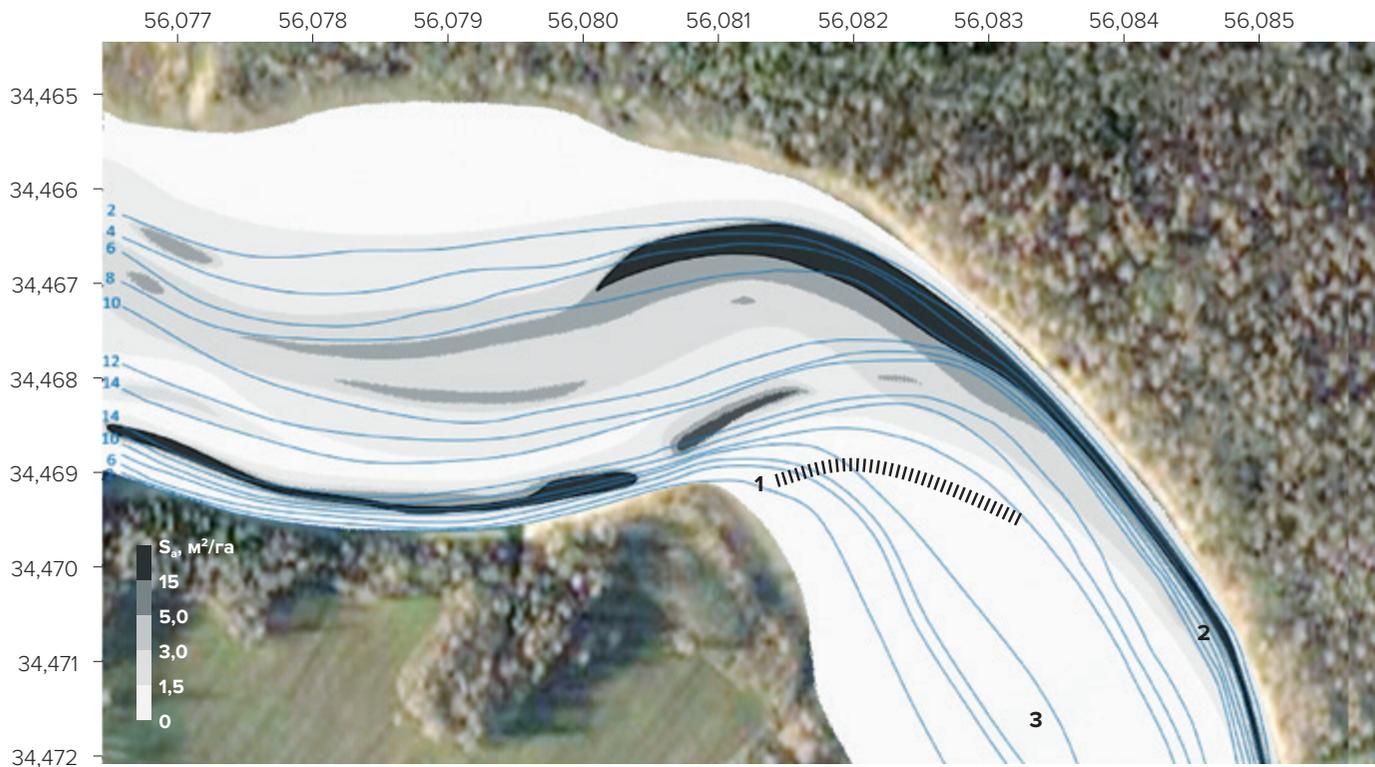
Рисунок 2

Формирование внешней системы биологической защиты водозабора (эхограмма)

- 1 — рукотворная гряда из гидротехнических модулей;
- 2 — биобарьер из ихтиофагов;
- 3 — утилизатор планктона из планктофагов



Перераспределение в безопасное место траекторий целенаправленного перемещения мирных рыб биобарьером, организованным на косой гряде (планшет)



Рыбозащитная эффективность биобарьера, организованного на косой рифовой (рукотворной) гряде (Эбб)

$$\text{Эбб} = \frac{S_{a, \text{ср.бм}}}{S_{a, \text{ср.бм}} + S_{a, \text{ср.ио}}} = 98,7\%$$

- 1 — косая рукотворная гряда;
- 2 — в безопасное место ( $S_{a, \text{ср.бм}} = 19,45 \text{ м}^2/\text{га}$ );
- 3 — к источнику опасности ( $S_{a, \text{ср.ио}} = 0,25 \text{ м}^2/\text{га}$ )

природные процессы самоорганизации и саморегуляции локального рукотворного биотопа. Далее природа все делает сама — защищает и себя, и водозабор. Причем работает рукотворный биотоп непрерывно, по принципу «поставил и забыл».

В то же время ихтиофаги утилизируют не все биопомехи: например, планктон или растительные останки они оставляют без внимания. Однако именно с их помощью удается организовать планктофагов для предотвращения попадания в водозабор планктона. Для этого ихтиофаги, отпугивая планктофагов от биобарьера, способствуют объединению их в крупное не только оборонительное, но и активно нагуливающееся скопление, которое размещается в переносящем планктон водозаборном течении, но на безопасном от биобарьера удалении. В результате образуется утилизатор планктона, который в совокупности с основным биобарьером формирует внешнюю эшелонированную систему биологической защиты водозабора (рис. 2 на стр. 49).

Поскольку утилизатор планктона постоянно пополняется вновь подходящими к водозабору/биобарьеру особями, то среди них обостряется конкуренция за корм. Поэтому утилизация планктона проходит весьма тщательно. Более того, она вынуждает планктофагов выдвигаться навстречу корму, что способствует их самостоятельному уходу от водозабора.

Поскольку помимо планктона биопомехи представлены также различными растительными и животными

останками, то они, минуя внешнюю эшелонированную систему биологической защиты водозабора, могут поступать с течением дальше — во внутренний утилизатор, заселенный не только ихтиофагами и планктофагами, но и иными водными организмами — фитофагами, некрофагами и детритофагами. Для их оседлого обитания и создания благоприятных условий для утилизации биопомех также используют гидротехнические модули, которые обеспечивают проточное развитие субстрата и обитающих на нем утилизаторов в водную толщу дрейфа биопомех в водозабор. При этом из модулей формируется совокупность упорядоченно-протяженных косых и продольных гряд, которые, многократно перенаправляя обтекающее их водозаборное течение, обеспечивают наиболее равномерное распределение биоматериала среди всех утилизаторов, что способствует наиболее полному освоению ими всех биопомех до состояния, не представляющего опасности для водопользователя (рис. 4) [7].

Для формирования гидравлической структуры водозаборного течения, обеспечивающей эффективность работы данного утилизатора, его желательно защитить от излишних внешних воздействий (волны, абразивные наносы). Поэтому совокупность его гряд целесообразно разместить внутри защищенной акватории, в которой создание благоприятных условий для обитания позволяет в качестве утилизаторов привлечь значительно большее биоразнообразие водных организмов, в том числе представителей кораллового

**Рисунок 4**

Утилизация биопомех во внутреннем рукотворном рифовом биотопе-утилизаторе, размещенном в водоприемной акватории / водоподводящем канале (математическая модель)

рифового сообщества (рис. 5), обеспечивающего практически полностью переработку биопомех, дрейфующих через него в водозабор (рис. 6 на стр. 52) [8].

Таким образом, оседлое население упорядоченно-протяженных рифовых структур обеспечивает защиту жизнеспособного нектона от попадания в водозабор, а водозабор — от биопомех.

### Рукотворные рифы: практика

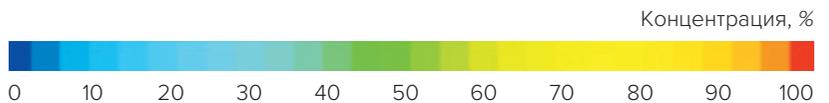
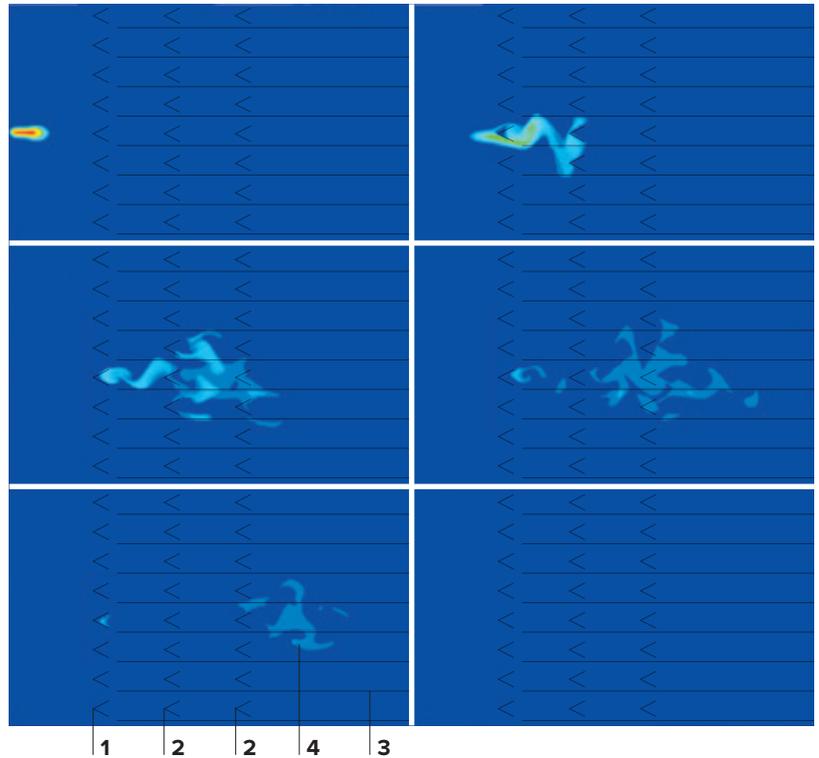
Очевидно, что при поиске возможности использования природоподобной технологии для повышения комфортности естественной среды обитания ВБР необходимо учитывать уже имеющийся опыт, в том числе и законодательный. Так, повсеместно для улучшения экологического состояния водной среды используется рыбохозяйственная мелиорация, одним из видов которой является обустройство подводных ландшафтов искусственными рифами [1], которые наиболее технологично выполнять из вышерассмотренных модульных гидротехнических конструкций — рукотворных рифовых модулей.

Именно поэтому наиболее доступная природоподобная технология сохранения и рационального использования ВБР реализуется путем целенаправленной эколандшафтной коррекции естественной среды их обитания с применением упорядоченно-протяженных рукотворных рифовых структур. Использование этой технологии позволяет человеку не только помочь природе себя защитить, но и поставить себе на службу природное рифовое сообщество, которое теперь защищает от биопомех крупный морской водозабор АЭС «Куданкулам» в Индийском океане.

Для реализации природоподобной технологии на этом объекте использован водозаборный комплекс с эшелонированным рукотворным рифовым биотопом, включающий обтекаемую водоприемную акваторию, которая с помощью каменно-набросной защитной дамбы изолирована как от моря, так и от берега с образованием транзитного вдольберегового канала (рис. 7 на стр. 52) [9].

Забор воды в водоприемную акваторию осуществляется с наиболее глубоководной мористой стороны через заглубленные водозаборные отверстия. С прибрежной стороны водоприемная акватория с помощью подземного трубопровода соединена с береговой насосной станцией. Сброс отработанных теплых вод от водопользователя осуществляется в транзитный вдольбереговой канал, по которому они выводятся из водозаборной зоны. Для того чтобы максимально возможно исключить прямой контакт теплых сбросных вод как с морскими гидробионтами, так и с водозабором, в канале вдоль берега проложена продольная каменно-набросная дамба, разделяющая его на прибрежную тепловодную и мористую холодноводную транзитные части.

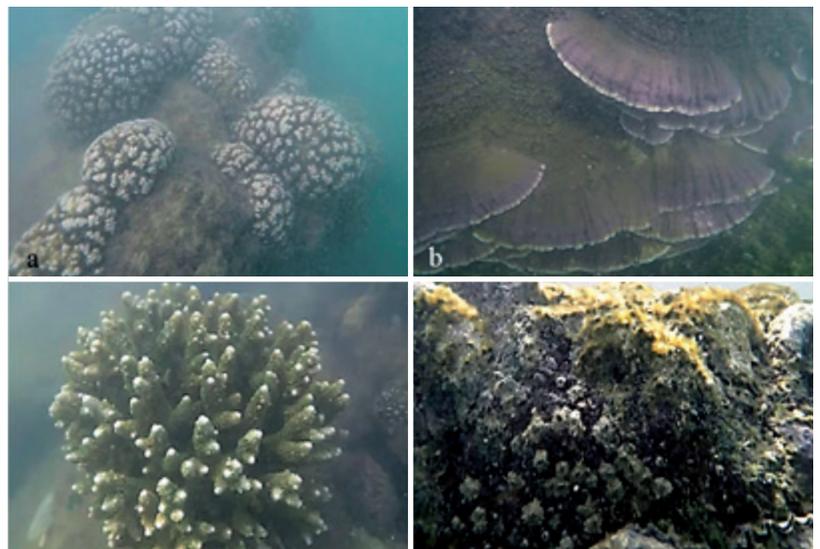
Рукотворный эшелонированный рифовый биотоп водозаборного комплекса включает внешнюю



- 1** — гряда-диффузор; **2** — гряда-конфузор;  
**3** — гряда-аттрактор (утилизатор); **4** — биопомехи

**Рисунок 5**

Обитатели кораллового рифа, «выросшего» в водоприемной акватории

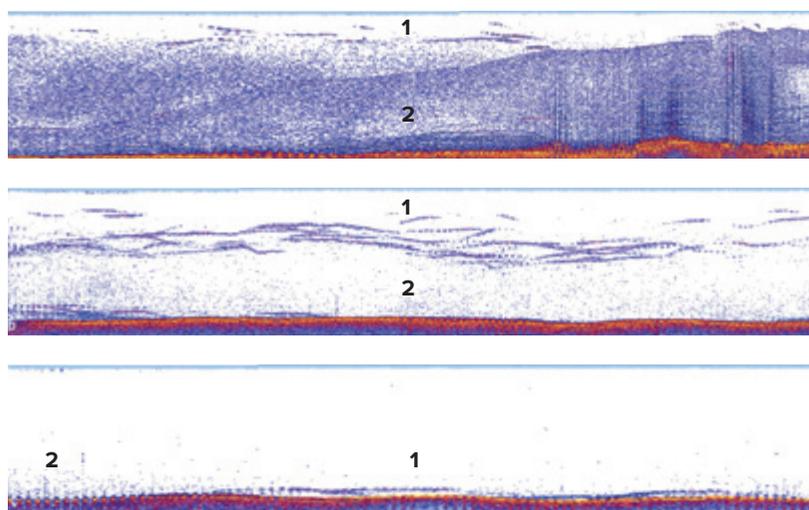


Колония кораллов:

**a** — *Pocillopora* sp., **b** — *Porites* sp.,

**c** — *Acropora* sp., **d** — устрицы, баянусы и водоросли

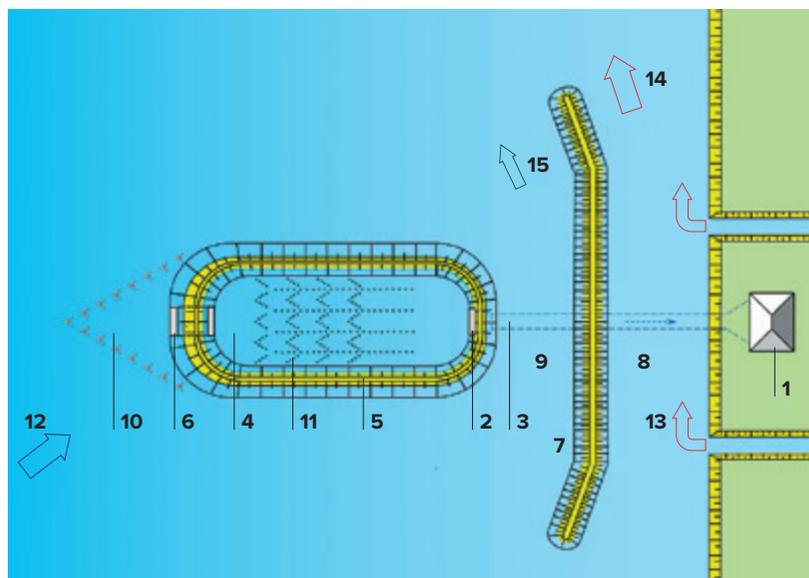
Утилизация биопомех на коралловом рифе, «выросшем» в транзитной водоприемной акватории, защищенной от волн и донных наносов (эхограмма)



1 — гидробионты — утилизаторы биопомех;  
2 — биопомехи, дрейфующие в водозаборном течении

Рисунок 7

Конструктивно-функциональная схема морского водозаборного комплекса с эшелонированным рукотворным рифовым биотопом



1 — береговая насосная станция; 2 — водозабор; 3 — донный водоподводящий тракт; 4 — водоприемная акватория; 5 — защитная дамба; 6 — заглубленные водозаборные отверстия; 7 — продольная разделяющая дамба (фальш-берег)

Транзитный вдольбереговой канал: 8 — прибрежная тепловодная часть; 9 — мористая холодноводная часть; 10 — внешняя косая рифовая гряда биобарьера; 11 — внутренний рифовый утилизатор биопомех

Течения: 12 — морское; 13 — теплое сбросное; 14 — теплое прибрежное; 15 — холодное мористое

и внутреннюю системы биологической защиты водозабора. Внешняя система расположена в море перед входом в водоприемную акваторию и состоит из последовательно расположенных по течению утилизатора планктона и биобарьера, базирующегося на косой рифовой гряде. В водоприемной акватории размещен внутренний утилизатор биопомех, состоящий из упорядоченной совокупности разнонаправленных косых рифовых гряд. Все рифовые структуры биотопа самостоятельно заселены водными организмами, утилизирующими характерные для них виды биопомех.

Водозаборный комплекс обеспечивает многоэтапную защиту как ВБР от попадания в водозабор, так и водопользователя от различных помех биотического и абиотического происхождения.

Так, на внешней косой рифовой гряде оседлые стайные икhtiофаги организуются в биобарьер, который отпугивает большинство жизнеспособных рыб от входа в водоприемную акваторию, и они на безопасном удалении от биобарьера формируют утилизатор планктона, дрейфующего из моря в водозабор. При этом большую часть биопомех, которые движутся в наиболее насыщенном ими поверхностном слое водной толщи, внешняя косая рифовая гряда совместно с обтекаемым оголовком мористого заглубленного водозабора водоприемной акватории транзитом пропускают во вдольбереговой канал.

Косое набегание морских волн на берег и мористый откос продольной разделяющей дамбы формирует в транзитном канале вдольбереговые течения, выносящие из водозаборной зоны как биопомехи, поступившие в нее из моря, так и переносимые вдоль берега донные наносы. При этом основная часть донных наносов движется вместе с теплыми сбросными водами по прибрежной тепловодной части транзитного канала и лишена возможности попадания в водозабор. Продольная дамба вынесена из мелководной прибойной зоны, в которой волнами взмучивается и переносится большая часть донных наносов, поэтому вдоль ее мористого холодноводного откоса вода имеет значительно меньшую мутность и температуру. Это благоприятно сказывается на отводимых из водозаборной зоны гидробионтах. Перемещаясь вдоль мористого откоса продольной дамбы, они имеют возможность как пассивно сноситься транспортирующим течением, так и при необходимости затаиваться среди крупногабаритных камней его крепления и адаптироваться среди них к новым условиям обитания.

На выходе из канала в море теплое течение существенно рассеивается, поэтому опасный температурный перепад, способный оказывать отрицательное воздействие на гидробионтов, постепенно подходящих к термоградиентной зоне смешения теплых сбросных и холодных морских вод, сглаживается до неопасных для водного населения значений.

Наличие вдольберегового канала, обеспечивающего отвод в море теплых сбросных вод в сторону от водозабора, до минимума снижает их влияние

**Рисунок 8**

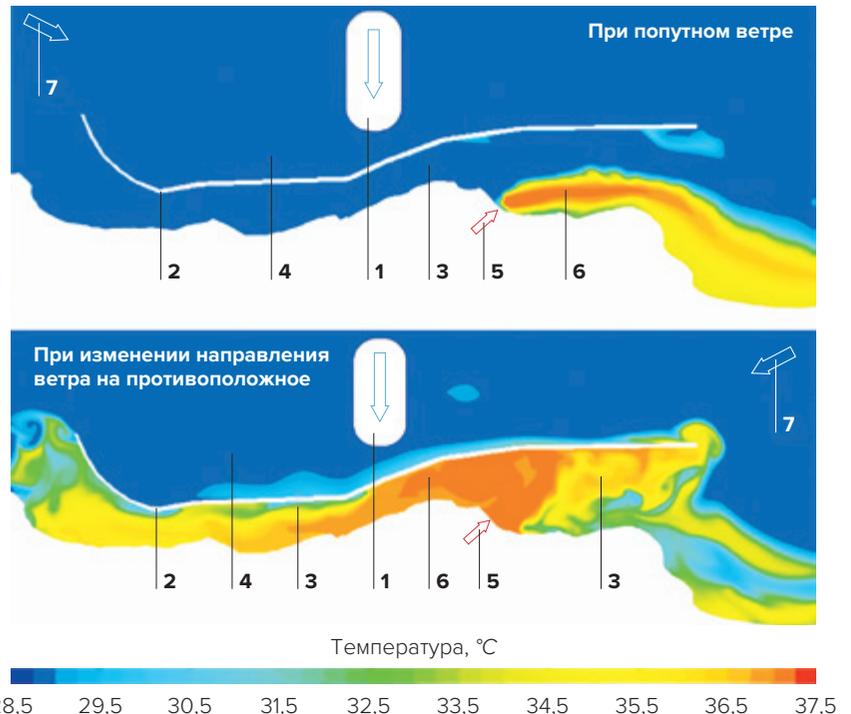
Предотвращение поступления сбросных теплых вод в крупный морской водозабор (математическая модель)

на водопользователя. Причем в случае изменения направления ветра на противоположное уже рассеянное тепловое пятно при возвращении к водозабору будет испытывать существенное воздействие холодноводного прилива, интенсивно его охлаждающего и прижимающего к мористому откосу продольной дамбы. Поэтому, растекаясь по ее откосу, тепловое загрязнение транзитом проходит мимо более мористого водозабора (рис. 8) [10].

В защищенной дамбами водоприемной акватории интенсивная нагрузка от действия волн и абразивных наносов практически отсутствует. Целенаправленное размещение в ней рифообразующего субстрата в виде косых гряд из рукотворных рифовых модулей создает благоприятные условия для развития рифового, в том числе биоразнообразного кораллового сообщества, которое работает в качестве утилизатора биопомех, обеспечивающего их окончательную переработку.

Кроме того, развитие в водоприемной акватории естественного кораллового сообщества сдерживает также обрастание рабочих поверхностей гидротехнических сооружений, которое для водопользователя является не менее существенной биопомехой. Колонии кораллов и иных водных организмов-фильтраторов утилизируют планктон, к которому относятся личинки обрастателей, ведущие на ранних стадиях развития планктонный образ жизни [8]. Именно поэтому для предотвращения обрастания гидротехнических сооружений целесообразно на подступах к ним обеспечивать проточное размещение в водной толще твердого субстрата, необходимого для развития рифового сообщества фильтраторов — утилизаторов планктона.

Таким образом, путем целенаправленного обустройства (эколандшафтной коррекции) водозаборной зоны эшелонированной системой упорядоченно-протяженных гряд из рукотворных рифовых модулей, которые оседло заселяются сообществом гидробионтов, питающихся многообразием водных организмов с различными плавательной и жизненной



- 1 — водоприемная акватория с мористым водозабором;
- 2 — продольная разделяющая дамба

- Транзитный вдольбереговой канал: 3 — прибрежная тепловодная часть;
- 4 — мористая холодноводная часть

- Теплые сбросные воды: 5 — место сброса; 6 — шлейф;
- 7 — направление ветра/течения

способностями, а также водной растительностью, обеспечивают отпугивание от водозабора или утилизацию практически всего спектра ВБР, снижая тем самым био нагрузку на водопользователя. При этом жизнеспособные рыбы сохраняются в естественной среде обитания и нагуливаются на безопасном от водозабора удалении.

**Литература**

1. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 г. №166-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. №74-ФЗ.
3. Постановление Правительства РФ от 20.04.2013 г. №380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания».
4. СП 101.13330.2023 «СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы,

- рыбопропускные и рыбозащитные сооружения». — М.: Минрегион России, 2023. — 74 с.
5. Путин В. В. Выступление на пленарном заседании 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН. Нью-Йорк, 28.09.2015.
6. Иванов А. В. О защите рыб на ГЭС // Гидротехническое строительство. — 2022. — №6. — С. 23–33.
7. Гидродинамическое моделирование течений при установке в водотоке искусственных рифов. Этап 1. Определение коэффициентов сопротивления базовых элементов искусственных рифов. — М.: Институт Гидропроект, 2017. — 77 с.

8. Исследования состава, распределения, биомассы и плотности донного населения, планктона и нектона в окрестностях АЭС «Куданкулам» и оценка эффективности рыбозащитных сооружений. Предварительный этап: отчет о НИР. — М.: ИПЭЭ РАН, 2019. — 9 с.
9. Иванов А. В., Ратников П. В. Способ защиты водозабора от биопомех: Патент РФ №2812114 // Бюл. — 2024. — №3.
10. Математическое моделирование гидротермических процессов. АЭС «Эль-Дабаа». Блоки 1–4. Внешние гидротехнические сооружения. Предпроектные работы: технический отчет. — М.: Институт Гидропроект, 2020. — 137 с.

# Как важно быть несерьезным

*Наука в красках и наука в движении: новый взгляд на просветительские форматы*



На наших глазах происходит тихая революция в популяризации науки. Трансформация эта движима двумя ключевыми драйверами: с одной стороны — взрывной рост наукоемких бизнес-направлений (от квантовых вычислений и метаматериалов до ИИ и электротранспорта), остро нуждающихся в притоке идей и специалистов и формирующих новый спрос на «понятную науку». С другой — радикальное изменение ландшафта медиапотребления: клиповое мышление, доминирование визуала, запрос на иммерсивность и эмоциональное вовлечение. Так как же заставить сложные научные идеи резонировать в таком мире, где внимание — дефицитный ресурс, а новые технологии зачастую едва отличимы от магии? Решение от ИЦАЭ — научить науку говорить на новых языках: театра, танца, изобразительного искусства.

## Термоядерная живопись

В середине июня 2025 года в Кирове прошел фестиваль науки «Кстати», организованный сетью Информационных центров по атомной энергии при поддержке госкорпорации «Росатом». Праздник для любителей науки завершился необычным научно-музыкальным ток-шоу «Квадрат эволюции», посвященным термоядерному синтезу. Александр Петров, руководитель пресс-службы Проектного центра ИТЭР («Росатом»), рассказал об истории развития этого перспективного направления в энергетике, а художник Анна Клыковская представила свой вариант его художественного осмысления в технике эбру.

«Существует много гипотез о появлении техники эбру, то есть рисования на воде с последующим переносом изображения на бумагу или другие материалы, — объясняет Анна Клыковская. — Считается, что ее родиной была Япония, где эту технологию использовали для декоративного оформления свитков с различными текстами — от сборников стихов до указов и распоряжений. Позже, вероятно по Шелковому пути, она попала в Центральную Азию и в первую очередь в Персию. Здесь ее усовершенствовали: воду стали загущать до состояния киселя, а в чернила добавлять бычью желчь. Делалось это для того, чтобы капля краски, попадая в воду, не смешивалась с ней, а оставалась на поверхности и «раскрывалась». Позже эта техника дошла до Турции, где додумались создавать с ее использованием не просто абстрактные цветочные композиции, а полноценный рисунок. В первую очередь растительные орнаменты, поскольку ислам запрещает антропоморфные и анималистические изображения. Так появилось цветочное эбру, считающееся классическим».

Диана Ворончихина, руководитель ИЦАЭ Кирова, случайно познакомилась с техникой эбру два года назад в Санкт-Петербурге. «Мы с группой коллег попали на небольшое представление в сгоревшей католической кирхе, где на стены проецировалось, как художник рисует в этой технике. А поскольку мысль о том, как разнообразить и усилить наши традиционные форматы, всегда сидит в голове, то когда мы решили включить в программу фестиваля рассказ о термоядерной физике, мне и вспомнилось то посещение старой католической церкви в Северной столице», — рассказывает Диана Ворончихина.

Техника эбру сегодня крайне популярна в самых разных сферах — от педагогики до психотерапии. Причина этого, по мнению Анны Клыковской, в том, что,

не обладая большими навыками рисования, очень быстро можно получить яркое, но при этом глубокое по содержанию изображение. «"Быстро" здесь ключевое слово: люди уже привыкли к высокой скорости производства и потребления контента. В противном случае фокус внимания теряется. Ограничения этого метода — продолжение его достоинств. Минут за пять можно изобразить что-то яркое, образное, но не слишком сложное», — уверена она.

По словам Дианы Ворончихиной, техника эбру отлично вписалась в просветительское шоу. «Она идеально подходит для визуализации абстрактных образов. Вместе с нашим экспертом Александром Петровым мы прорабатывали каждый блок его выступления (четыре состояния вещества, плазма и ее свойства, способы ее получения из дейтерия и удержания в реакторе), а с художником — сюжет рисунка и цветовые решения», — рассказывает руководитель ИЦАЭ Кирова.

Для Анны Клыкковской роль просветителя была новой и непривычной. «Во-первых, по-другому «настраиваешь» краски, чтоб на экране мониторов они сохраняли яркость. Во-вторых, придумывать какие-то сюжеты нужно заранее: в процессе времени на это не будет. Но все это — технические детали. А по сути, мне показалось, что когда мы говорим о таких сложных, иногда контринтуитивных вещах, как термоядерная физика, одних слов уже недостаточно. И такие инструменты, как эбру, позволяют создать дополнительное измерение, которое помогает слушателю погрузиться в не самый простой материал», — считает художник.

### «С шутками, танцами...»

С тем, что чем ближе мы подходим к границам познания, тем очевиднее потребность в новых инструментах популяризации, согласна руководитель ИЦАЭ Воронежа Наталья Вальтер. «Когда мы говорим о новых технологиях, и даже шире — передовых научных открытиях в малоизученных областях человеческого знания, — проблема заключается в том, что привычного языка и привычных форматов рассказа об этом нам уже не хватает. Квантовые ли это технологии, новые материалы — сколько раз со сцены от маститых ученых приходилось слышать, что они и сами не до конца понимают, как это работает. Именно здесь надо искать, на мой взгляд, главный исходный толчок, который заставляет нас разрабатывать новый язык популяризации», — говорит Наталья Вальтер.

Воронежский ИЦАЭ знаменит своими прививками юмора в серьезные просветительские форматы. «Не вижу ничего удивительного, что они появляются на стыке разных языков, которые использует человек, и стыке разных жанров — высоких и низких: везде мы пытаемся найти дополнительную выразительную силу, дополнительные образы, дополнительные объяснительные механики», — считает Наталья Вальтер.

По ее словам, так появилась, например, «Наука в мемах» — чисто юмористический проект, вдохновленный в первую очередь молодежными субкультурами



цифровой эпохи. «Но «легкое», «примитивное» в нем — только обложка, которой мы прикрываем вещи серьезные и очень сложные. И это работает! Когда ты вместе с аудиторией школьников обсуждаешь мем про кота Шредингера, ты выглядишь как угодно, но не скучно и дидактично, — считает она. — И у нас нет иллюзий: такое обсуждение вряд ли сильно изменит уровень знаний о квантовой физике. Но что точно меняется — это отношение к ней. Она перестает быть скучной и непостижимой одновременно, превращаясь в полную свою противоположность. А нам только этого и надо!»

«Похожий эффект срабатывает, когда мы скрещиваем науку и танец через наш формат Science move, — продолжает Наталья Вальтер. — В кресле эксперта может



сидеть врач-травматолог или ученый-физиолог, а на сцене — профессиональный танцор, и мы рассказываем о биомеханике человеческого тела и использовании новых методов и материалов для протезирования суставов».

Новые форматы нужно оттачивать, убеждена Наталья Вальтер, но игра стоит свеч. «Многое зависит и от такого малопредсказуемого фактора, как «химия» между участниками: у меня был случай, когда эксперт буквально испугался танцоров, постеснялся их останавливать. И даже при этом народ был в восторге», — подчеркивает руководитель ИЦАЭ Воронежа.

Наталья Вальтер считает, что эксперименты с новыми форматами популяризации науки — это еще и хороший способ привлечь совершенно новую аудиторию. «В поисках новых идей и новых решений мы невольно выходим и на новые площадки. Есть закрытые сообщества, представители которых до момента с нами не видели себя в роли просветителей и даже не думали в эту сторону. А нам-то как раз и нужен новый воздух, новый взгляд», — убеждена она.

### Наука prêt-à-porter

Эксперименты с новыми просветительскими форматами не прекращаются в ИЦАЭ никогда, и такие примеры можно встретить во многих городах присутствия ИЦАЭ. Так, в Челябинске поиски эффектного способа поговорить про новые материалы привели сотрудников Информационного центра к молодым дизайнерам одежды. И сейчас, когда пишутся эти строки, Информационный центр по атомной энергии Челябинска продолжает работу по подготовке фестиваля науки «Кстати», который пройдет в городе в августе этого года. Одним из его центральных событий, по замыслу организаторов, должно стать научное дефиле.

«У нас не было ни одного фестиваля, где преобладал бы чисто лекционный формат: у каждого была какая-то «фишечка». Здесь мы вместе с изобретателем учимся изобретать и работать руками, здесь Science drama, здесь музыкальный номер. Формат дефиле родился у нас, когда мы обдумывали, как нам показать тему

композитных материалов, — рассказывает руководитель ИЦАЭ Челябинска Лариса Матвеева. — Именно показать, потому что есть вещи, которые лучше один раз увидеть».

Идея дефиле, по ее словам, пришла сначала как слово, вдохновенное «парижским» показом мод, который много лет проходит в селе Париж под Челябинском. «Дальше мы стали размышлять, какие ассоциации в первую очередь у нас возникают при слове «композиты»? Конечно, клюшка. Челябинск и без того болеет хоккеем, а в этом году «Трактор» впервые за много лет вышел в финал Кубка Гагарина. Так что город буквально сошел с ума. Весь пешеходный центр был превращен в огромную фан-зону «Трактора». Стало понятно, что клюшки надо показывать точно. Ну а где клюшки, там и хоккеисты. И было бы классно, подумали мы, если бы красивые хоккеисты с клюшками объединились бы с красивыми девушками в каких-нибудь необычных платьях, и мы параллельно рассказывали бы о том, где применяются композитные материалы», — объясняет Лариса Матвеева.

Было бы классно, но для бюджета — абсолютно неподъемно. Решение пришло, когда коллектив ИЦАЭ Челябинска пригласили на международный конкурс молодых дизайнеров «Модный цех». «Большая часть работ на конкурсе была и создана, и представлена студентами Международного института дизайна и сервиса (МИДиС) и посвящена (удача!) темам, которые в нас очень отзывались и соответствовали главной теме фестиваля: осознанное потребление, вторичная переработка материалов, история нашего края. Ребятам наши идеи понравились настолько, что они фактически взялись делать наше первое научное дефиле под ключ, — говорит Лариса Матвеева. — В итоге коллеги отказались не только от профессиональных дизайнеров, но и от манекенщиц, посчитав, что сами студенты лучше и эмоциональнее представят свои коллекции».

Насколько будет успешен именно такой опыт демонстрации возможностей композитных материалов с подиума, покажет время. Одно ясно — и этот, и другие эксперименты в области просветительских форматов будут продолжаться.

Иногда приходится слышать вопрос, не слишком ли такой экспериментальный и необычный подход к популяризации науки легкомыслен? Может быть, он даже вреден, когда мы говорим о «научно-технологическом фронтире»?

И тут уместно будет напомнить, что многие научные открытия начинались со смелых и безрассудных экспериментов. А некоторые — и просто с чудачества. Например, открытие графена будущими лауреатами Нобелевской премии Андреем Геймом и Константином Новоселовым было в значительной степени случайным результатом того, что

ученые называли между собой Friday experiment: в конце рабочей недели они намеренно отвлекались от утвержденной программы исследований и придумывали заведомо несерьезные опыты. В ту судьбоносную пятницу они решили изучить под атомным микроскопом кусок скотча, который предварительно нанесли на кусок графита. Оказалось, что на липкой ленте остались фрагменты уникального в своем роде двумерного материала с удивительными свойствами. Этот пример еще раз показывает, что даже в самой науке нет заранее размеченных путей, а чтобы двигаться вперед, иногда нужно сделать шаг в сторону.



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

**Иллюстрация:** Midjourney

# Парадоксы стратегии

## Искусство управления противоречиями

**В труде «Стратегия. Логика войны и мира» Эдвард Люттвак предлагает читателю исследование стратегического мышления, освещающая парадоксальные элементы, которые лежат в основе военных и политических решений. Эта работа, словно мастер-класс по стратегии, обращается к тем, кто заинтересован в понимании механики войны и мира. Работа не только исследует применение этих принципов в военных конфликтах, но и показывает универсальность и релевантность для таких сфер, как бизнес, политика и дипломатия.**

становится Б, а Б превращается в А», — приводит пример автор.

Люттвак акцентирует внимание на том, что эффективная стратегия требует баланса между противоположными подходами: между наступлением и обороной, концентрацией и рассредоточением, прямыми и косвенными действиями. Также подчеркивает, что стратеги должны обладать гибкостью мышления и уметь адаптироваться к постоянно меняющимся обстоятельствам. Стратегия, по его мнению, — это не набор жестких правил, а скорее континуум решений, принимаемых в ответ на уникальные вызовы каждой ситуации.

### Логика парадокса

Центральное место в книге занимает идея о том, что стратегия — это искусство управлять противоречиями. Люттвак утверждает, что в мире стратегии прямые действия редко приводят к ожидаемым результатам. Напротив, часто вызывают непредсказуемые последствия, которые оборачиваются против самих стратегов. Эта «парадоксальная логика» — когда усилия по достижению цели приводят к противоположному результату — центральная тема анализа.

«Рассмотрим обычный тактический выбор из разряда тех, которые часто встают на войне. Чтобы достичь цели, наступающее войско должно выбрать одну из двух дорог, хорошую или плохую: первая — широкая, прямая и вымощенная, тогда как вторая — грунтовая, узкая и извилистая. Только в парадоксальном царстве стратегии вообще возможен такой выбор, ведь лишь на войне плохая дорога может оказаться хорошей именно потому, что она плоха и ее менее усильно охраняют, а то и вовсе оставят без охраны. А вот хорошая дорога может оказаться плохой как раз потому, что она гораздо лучше, значит, именно по ней следует ожидать наступления противника и выставить там заслон. В этом случае парадоксальная логика стратегии стремится к крайности, полностью изменяя противоположности: А не движется к своей противоположности Б (например, подготовка к войне предположительно готовит мир), но на самом деле



### Основной инстинкт

Еще один важный аспект книги — это взгляд Люттвака на стратегию как на неизбежную часть человеческой природы. Он рассматривает стратегическое поведение как врожденное и универсальное, проявляющееся в различных формах и культурах на протяжении всей истории. В этом контексте Люттвак анализирует исторические примеры, от древних войн до современных конфликтов, демонстрируя, как стратегические принципы остаются актуальными независимо от времени и технологий.

Автор различает несколько уровней стратегии. Он выделяет три основных уровня: технический, оперативный и высший. Технический уровень связан с непосредственным ведением военных действий, с тактикой и оперативным искусством. Оперативный уровень подразумевает использование военных операций для достижения политических целей. Наконец, высший уровень — это большая стратегия, которая учитывает все аспекты конфликта, включая экономические, дипломатические, психологические факторы. Люттвак подчеркивает, что по-настоящему успешная стратегия должна обеспечивать согласованность и синергию между всеми тремя уровнями. Недостаточно добиваться тактических побед, если они не приближают к достижению политических целей. И наоборот, самые амбициозные политические замыслы обречены на провал без надлежащей военной и оперативной поддержки.

### Ломать шаблоны

Книга Эдварда Люттвака предлагает читателю не только теоретическое понимание стратегии, но и практические уроки для применения в реальном мире. В век, когда стратегии разрабатываются и пересматриваются с головокружительной скоростью, эта книга служит важным напоминанием о том, что истинное мастерство стратегии заключается не в следовании шаблонам, а в способности видеть за пределами очевидного и действовать вопреки логике здравого смысла.

«Внезапность на войне может быть признана ровно тем, чем она и является: не просто одним преимуществом среди многих, наряду с материальным превосходством или лучшей исходной позицией, но скорее нарушением (пусть временным и частичным) всего предсказуемого содержания стратегии», — пишет автор.

Люттвак также освещает роль технологий и инноваций в стратегии. Он подчеркивает, что хотя технологические достижения могут радикально изменить поле боя, они редко бывают решающими сами по себе. Стратегическая мысль должна оставаться гибкой, способной интегрировать новые технологии в более широкую концепцию военных и политических действий. Даже самые передовые технологии не могут заменить человеческую интуицию и способность к адаптации.

### Что стоит за выбором стратегии

Одной из наиболее увлекательных частей книги является анализ культурных и психологических аспектов стратегии. Люттвак рассматривает, как культурные различия могут влиять на стратегическое мышление и принятие решений. Он утверждает, что понимание менталитета и культурных особенностей противника может быть столь же важным, как и знание его военных возможностей. Это подчеркивает важность межкультурного понимания и дипломатии в современном мире, где конфликты часто возникают на стыке различных цивилизаций и мировоззрений.

Автор также затрагивает тему стратегического обмана и маскировки, подчеркивая их значение в успешной стратегии. Он приводит примеры из истории, когда обман и дезинформация играли решающую роль в победах. В эпоху информационной войны, когда дезинформация может распространяться мгновенно через цифровые платформы, эти уроки становятся особенно актуальными.

Не менее важным является обсуждение внутренней политики и ее влияния на стратегические решения. Люттвак демонстрирует, как внутренние политические соображения могут диктовать стратегические шаги, иногда ставя интересы государства в противоречие с необходимыми военными действиями. В этом контексте он исследует роль лидеров и их способность принимать трудные решения, которые могут быть непопулярными, но необходимыми для долгосрочного успеха.

Книга Люттвака также обращает внимание на экономические аспекты стратегии, подчеркивая, что финансовые ресурсы и экономическая устойчивость государства играют критическую роль в его способности вести войну и поддерживать мир. Он анализирует исторические примеры, когда экономическая слабость подрывала военные усилия стран, и предлагает стратегии для поддержания экономической стабильности в условиях конфликта.

«Стратегия. Логика войны и мира» Эдварда Люттвака, известного специалиста в области геополитики, — это не просто книга о военной стратегии, а глубокое философское исследование человеческой природы и нашего стремления к порядку в хаотичном мире. Эта работа вдохновляет на то, чтобы задуматься, как стратегии, разработанные в древности, продолжают влиять на современный мир. В эпоху глобальных вызовов и неопределенности подобные труды остаются важным ресурсом для политиков, военных и всех, кто стремится понять сложную природу человеческого конфликта.

**Фотофакт**

Фото: НВАЭС / Роман Пышкин

**На фото**

На шестом энергоблоке Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-1200 впервые загрузили партию топлива конструкции ТВС-5

