# BECTHIA 10076—1007

Главная тема

## Зеленый энергопереход

Тенденции развития мировой энергетики и роль атомной энергии в достижении климатических целей

В номере

Горное дело	36
Информационная безопасность	42
Чемпионатное движение	46



Слово редакции

#### Уважаемые читатели!

Независимо от того, насколько глубоко погружен в экологическую повестку каждый из нас, политики большинства стран сходятся во мнении, что решение глобальных климатических проблем, в том числе путем снижения выбросов парниковых газов, является одной из основных задач, которые стоят перед человечеством и определяют его будущее. Ставки на «зеленое» высоки, и электроэнергетические рынки это подтверждают: в 2022 году доля солнечной и ветровой энергии достигла рекордных 12%. Аргументы в пользу развития атомной энергетики в прошедшем году также стали звучать более отчетливо. Главная тема номера знакомит с разными мнениями о том, какими путями можно и нужно идти к балансу между двумя важными для всего человечества целями — достижением углеродной нейтральности и обеспечением экономики надежными и стабильными источниками энергии, а также о том, какие зеленые энерготехнологии смогут в этом помочь.

Также мы рассказываем о прошлом, настоящем и будущем Ловозерского ГОКа, основных задачах в области систем информационной безопасности, отраслевых чемпионатах профессионального мастерства. А еще вы узнаете, почему ядерным реакторам дают романтичные или забавные имена, и познакомитесь с захватывающей историей о том, как чипы стали править миром.



№ 6, июль — август 2023 года

Информационноаналитическое издание

#### Фото на обложке

Газета «Страна Росатом» / Анастасия Барей **Главный редактор** Юлия Долгова

Выпускающий редактор

Ольга Еременко

**Дизайн и верстка** Анна Бабич, Валерий Балдин

ственностью «НВМ-пресс»

**Корректор** Алина Бомбенкова

Учредитель, издатель и редакция Общество с ограниченной ответАдрес редакции 129110 Москва,

ул. Гиляровского, д. 57, с. 4

Отдел распространения и рекламы

Татьяна Сазонова sazonova@strana-rosatom.ru +7 (495) 626-24-74

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ  $N^2\Phi$ C77-59582 от 10 октября 2014 года

Тираж 2000 экземпляров. Цена свободная. Подписано в печать: 24.07.2023

При перепечатке ссылка на «Вестник Атомпрома» обязательна. Рукописи не рецензируются 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-006/23.

#### Содержание

зелеными энергоресурсами»

Главная тема официально   коротко	Гонка к нулю	4	КОММЕНТАРИИ	Сергей Капитонов, эксперт Проектного центра по энергопереходу «Сколтеха»: «Сегод-	26
	Какие климатические цели ставит перед собой человечество и какую роль в их достижении должна играть декарбонизация энергетики		KOMME	ня мы говорим о дереве возможных сценариев развития мировой энергетики»	
	Работать для зеленого будущего	6	МНЕНИЕ	Содружество чистых энерготехнологий	28
	В ходе ПМЭФ-2023 Росатом подписал соглашения, реализация которых направлена на выполнение задач по снижению эмиссии углекислого газа и развитию технологий устойчивого энергоснабжения			Взгляд на то, какие ядерные технологии могут быть наиболее востребованы в будущем и какими путями может идти комплексное развитие атомно энергетики и ВИЭ	
OB3OP	Зеленая траектория	10	ПРОГНОЗЫ	Энергия изменений	34
	Продолжит ли мировая электроэнергетика «зеленеть» и какие источники поделят между собой		Odli	Как энергопереход меняет экономику, промышленность, технологии и образ жизни	
КОММЕНТАРИИ	главные роли в этом процессе	1.0	Вчера, сегодня, завтра	С новым ГОКом	36
	Как примирить достижение климатических целей		Cen 30	Рассказываем о прошлом, настоящем и будущем освоения Ловозерского щелочного массива	
			Цифровые технологии	«Информационная безопасность и информационные техноло-	42
	Владислав Корогодин, директор по управлению ЖЦ ЯТЦ и АЭС госкорпорации «Росатом»: «Надежность и устойчивость энергоснабжения — это императив, безусловное требование»	18	Циф) техно	гии — две стороны одной медали»  Директор ИГЯБФЗ Технической академии Росато  Егор Бологов отвечает на актуальные вопросы в области защиты информации	эма
	D2	20	Чемпионатное движение	К вершинам атомного мастерства	46
	Владимир Асмолов, советник генерального директора госкорпорации «Росатом», научный руководитель проектного направления «Техно- логия ВВЭР»: «Мы хотим перевести атомную энергию в разряд возобновляемых источников»			В июне в Екатеринбурге состоялся VIII Отраслев чемпионат профессионального мастерства Роса AtomSkills-2023	
		22		REАльный чемпионат	48
	Федор Веселов, заместитель директора Ин- ститута энергетических исследований РАН: «Ближайшие годы будут временем тестиро- вания очень широкого спектра энергетических технологий»	22		Участие в профессиональных конкурсах как импу для личностного развития и карьерного роста	/ЛЬС
			ИЦАЭ	Поговорим на атомном	52
	Олег Чередниченко, доцент кафедры экономической теории РЭУ им. Г. В. Плеханова: «Потребителям нужна энергия для удовлетворения своих ключевых нужд "здесь и сейчас"»	23	1	Зачем реакторам дают имена	
			Особое	Монополия на искусственный интеллект	56
	<b>Михаил Аким</b> , профессор Высшей школы	$\overline{24}$	<i>&gt; ≼</i>	История войны и мира чипов: кто кому друг?	

**Текст:** «Вестник атомпрома»

# Работать для зеленого будущего

В ходе ПМЭФ-2023 Росатом подписал соглашения, реализация которых направлена на выполнение задач по снижению эмиссии углекислого газа и развитию технологий устойчивого энергоснабжения

#### Pocatom и DP World договорились совместно развивать евро-азиатскую логистику

Госкорпорация «Росатом» и компания DP World подписали соглашение о совместном развитии евро-азиатской транспортной логистики и контейнерных перевозок по Северному морскому пути — перспективному торговому маршруту, соединяющему Азию и Европу и способному повысить устойчивость глобальной торговли. В церемонии подписания документа приняли участие генеральный директор Росатома Алексей Лихачев и главный исполнительный директор DP World Султан Ахмед

Соглашение стало еще одним шагом на пути развития устойчивых контейнерных перевозок через Севморпуть, который станет дополнением к существующим транспортным маршрутам вокруг Африки или через Суэцкий канал. На долю морского судоходства в настоящее время приходится порядка 3% от мирового объема выбросов парниковых газов в атмосферу. Благодаря сокращению расстояния между Азией и Европой и использованию судов, применяющих в качестве топлива сжиженный природный газ, перевозки по СМП позволят значительно снизить уровень выбросов по сравнению с существующими маршрутами вокруг Африки или через Суэцкий канал.



Алексей Лихачев

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»:

Объем мировой торговли ежегодно растет, и для обеспечения устойчивости глобальных цепочек поставок нужны эффективные, безопасные и ритмичные маршруты транспортировки грузов. Стратегическое сотрудничество Росатома и DP World будет способствовать развитию транзитного потенциала одного из таких маршрутов — Северного морского пути. В результате участники международной торговли получат возможность повысить вариативность и безопасность маршрутов, а также сократить сроки доставки и снизить нагрузку на окружающую среду

#### Компании России и Монголии подписали соглашение о стратегическом сотрудничестве

Президент отраслевого комплекса «Русатом — Международная Сеть» Вадим Титов и генеральный директор монгольской компании КОО «Даян Дээрх Энержи» Бямбаа Мунхбаатар подписали соглашение о стратегическом сотрудничестве. Стороны выразили заинтересованность в совместной реализации энергетических проектов в области атомной, ветро- и гидроэнергетики, нацеленных на обеспечение энергонезависимости Монголии. Предметом соглашения также стали неэнергетические проекты в области ядерной медицины, композитных материалов и цифровых решений для городской инфраструктуры.



Вадим Титов

Президент «Русатом — Международная Сеть»:

Подписание стратегического соглашения дает старт амбициозным проектам, которые позволят укрепить энергетическую независимость Монголии и открыть новые возможности в развитии других высокотехнологичных областей. Росатом готов предложить партнерам решения, направленные в первую очередь на улучшение качества жизни людей

"

#### Росатом создаст СП по строительству энергофлота для зарубежных рынков на базе атомных плавучих энергоблоков

Состоялось подписание соглашения между госкорпорацией «Росатом» и «ТСС Групп» об основных условиях создания энергофлота для зарубежных рынков на базе плавучих энергоблоков (ПЭБ) с реакторами РИТМ-200М. Подписи под документом поставили заместитель генерального директора по машиностроению и индустриальным решениям госкорпорации «Росатом» Андрей Никипелов и председатель совета директоров «ТСС Групп» Сергей Величко. «ТСС Групп» является крупнейшим в России разработчиком и производителем комплексных решений по заканчиванию скважин, а также энергообеспечению нефтегазового сектора с активно реализуемой стратегией развития на Ближнем Востоке.

Стороны запланировали создание совместного предприятия, которое обеспечит запуск строительства серии ПЭБ мощностью не менее 100 МВт и назначенным сроком службы до 60 лет для зарубежных рынков и последующую продажу электроэнергии с борта плавэнергоблока в странах присутствия. Подписанное соглашение носит рамочный характер. Ожидается, что юридически и финансово обязывающие документы будут подписаны позднее. В качестве целевых рынков партнеры рассматривают страны Ближнего Востока, Юго-Восточной Азии, Африки.



#### Андрей Никипелов

Заместитель генерального директора по машиностроению и индустриальным решениям госкорпорации «Росатом»:

С момента ввода в эксплуатацию в 2019 году первой в мире плавучей атомной станции — ПАТЭС «Академик Ломоносов» — государственные и коммерческие компании как в России, так и за рубежом с большим интересом изучают этот новый продукт Росатома. Сейчас мы предлагаем рынку уже целое семейство ПЭБов — разных по мощности и назначению, в арктическом и тропическом исполнении. Помимо экологичности и стабильности работы плавучие атомные энергоблоки способны обеспечить энергетическую независимость — как от магистральных энергосетей, так и в более широком смысле — защиту от волатильности энергорынков. Использование ПЭБов дает компаниями и целым странам возможность получить прогнозируемую цену на электроэнергию на десятилетия вперед. Поэтому плавэнергоблоки имеют, без сомнения, большой коммерческий потенциал и в России, и за рубежом. Проект будет способствовать выводу российских высоких технологий на новые рынки, а также — и это самое главное — создаст для людей лучшие условия жизни и поможет экономическому развитию в разных регионах мира

"

#### Росатом планирует строительство первой в мире АЭС мощностью до 10 МВт на Чукотке

Госкорпорация «Росатом» и правительство Чукотского автономного округа заключили соглашение о сотрудничестве по вопросу реализации в регионе проекта атомной станции малой мощности (АСММ) на базе новейшей отечественной реакторной установки «Шельф-М». Подписи под документом поставили генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев и врио губернатора — председателя Правительства Чукотского автономного округа Владислав Кузнецов. Соглашение определяет намерения и порядок организации взаимодействия сторон по проекту сооружения АСММ на базе реакторной установки «Шельф-М» для обеспечения надежным и низкоуглеродным энергоснабжением золоторудного месторождения Совиное и населенных пунктов Чукотского автономного округа. В 2024 году планируется завершить технические проекты реакторной установки и основного технологического оборудования. АСММ на базе реакторной установки «Шельф-М» планируется ввести в промышленную эксплуатацию в 2030 году.



#### Алексей Лихачев

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»:



Проекты АСММ имеют огромное значение для социально-экономического развития удаленных и труднодоступных регионов России с децентрализованным энергоснабжением. Они позволяют снять инфраструктурные ограничения, дают старт новым перспективным промышленным проектам, создают новые рабочие места и профессии, тем самым содействуя экономическому росту и улучшая жизнь людей. Мы уже эксплуатируем единственную в мире ПАТЭС «Академик Ломоносов», реализуем проект первой российской наземной АСММ в Якутии на базе РУ РИТМ-200Н и сегодня вместе с Правительством Чукотского автономного округа закрепили намерение сотрудничать по проекту новой АСММ. «Шельф-М» — это расширение линейки реакторов малой мощности и наших возможностей применения атомной энергетики

"

#### Росатом подписал меморандумы о начале изысканий и о начале предпроектных работ по строительству ветропарков в Мьянме

Состоялась церемония подписания Меморандума о начале техникоэкономических предпроектных изысканий в сфере строительства ветроэнергетических станций между АО «НоваВинд» (дивизион госкорпорации «Росатом» по ветроэнергетике), Министерством электрификации Мьянмы и мьянманской компанией Primus Advanced Technologies Ltd. Документ был подписан генеральным директором АО «НоваВинд» Григорием Назаровым, заместителем генерального директора Департамента электроэнергетического планирования Министерства электрификации Мьянмы У Зау Вин Наингом и управляющим директором Primus Advanced Technologies У Кьяу Хла Вином. Подписание меморандума направлено на организацию сотрудничества в рамках сооружения ветропарков общей мощностью 172 МВт в мьянманском округе Магуэ, расположенном в центральном регионе страны, включая проведение ветроизмерений и подготовку проектной документации: 116 МВт — в округе Минхла и 56 МВт — в округе Миндон.

Также состоялась церемония подписания Меморандума о начале техникоэкономических предпроектных изысканий в сфере строительства ветроэнергетической станции между АО «НоваВинд», Министерством электрификации Мьянмы и мьянманской компанией Zeya & Associates. Документ был подписан генеральным директором АО «НоваВинд» Григорием Назаровым, заместителем генерального директора Департамента электроэнергетического планирования Министерства электрификации Мьянмы У Зау Вин Наингом и председателем Zeya & Associates Зея Моном. Подписание меморандума направлено на организацию сотрудничества в рамках сооружения ветропарка общей мощностью 200 МВт в поселках Кьяукпадаунге и Ньяунг-У в регионе Мандалай в Центральной Мьянме, включая проведение ветроизмерений и подготовку проектной документации. Оба документа были подписаны в присутствии генерального директора госкорпорации «Росатом» Алексея Лихачева и министра электрификации Республики Союз Мьянма У Таунг Хана.



Григорий Назаров

Генеральный директор АО «НоваВинд»:

Госкорпорация «Росатом» ориентирована на вклад в безуглеродную генерацию не только в нашей стране, но и за рубежом. В Мьянме уже реализовываются проекты с использованием российских ядерных технологий. Сеголня мы полписываем два меморандума, которые послужат первым шагом к раскрытию огромного потенциала развития проектов в сфере ветроэнергетики. Очень ценю поддержку со стороны Министерства электрификации Мьянмы. Благодаря этому страна получит чистый источник энергии, а вместе с ним — целый промышленный кластер с рабочими местами и профессиями

"

#### Росатом и правительство Удмуртии подписали соглашение о строительстве в Глазове завода по производству магнитов

Правительство Удмуртской Республики, АО «ТВЭЛ» и ООО «Русатом МеталлТех» (входит в Топливную компанию Росатома «ТВЭЛ») заключили соглашение о сотрудничестве в реализации инвестиционных проектов. Документ подписали глава Удмуртской Республики Александр Бречалов, президент АО «ТВЭЛ» Наталья Никипелова и генеральный директор ООО «Русатом МеталлТех» Андрей Андрианов. Ключевая инициатива в рамках соглашения — реализация инвестиционного проекта по созданию крупнотоннажного производства постоянных редкоземельных магнитов в Глазове. Спрос на такую продукцию в мире растет благодаря переходу к чистой энергетике и электротранспорту, так как постоянные магниты являются важнейшим компонентом при изготовлении электродвигателей и генераторов ветроэнергетических установок.



#### Наталья Никипелова

Президент АО «ТВЭЛ»:

66

В Глазове расположен один из главных активов Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» — Чепецкий механический завод, ключевое металлургическое предприятие всей атомной отрасли. Создание крупнотоннажного производства постоянных редкоземельных магнитов в Глазове даст множество позитивных эффектов в разных сферах. Это укрепление национального технологического суверенитета в сложной высокотехнологичной сфере, рост нашего металлургического бизнеса и мощный стимул для развития компетенций в области электродвижения. Наконец, это приток инвестиций и новые рабочие места, а значит, рост экономики города и региона

"

#### Композитный дивизион Росатома подписал соглашение с Ульяновской областью о производстве лопастей для ветроэнергетических установок

Состоялось подписание соглашения о реализации инвестиционного проекта по созданию производства лопастей ветрогенераторов в Ульяновской области.

Соглашение подписали генеральный директор композитного дивизиона госкорпорации «Росатом» Александр Тюнин, губернатор Ульяновской области Алексей Русских и генеральный директор АО «Корпорация развития Ульяновской области» Сергей Васин. Подписание состоялось в присутствии генерального директора госкорпорации «Росатом» Алексея Лихачева.

Открытие производства композитных ветролопастей запланировано до декабря 2024 года на базе готового цеха в Ульяновской области. На площадке будут изготавливаться ветролопасти весом более 7,5 тонн и длиной порядка 50 м. Масштаб производства обеспечит регион новыми рабочими местами (более 400 мест) и позволит расширить линейку композитных изделий, производимых из продукта композитного дивизиона Росатома. Производственные мощности цеха рассчитаны на изготовление 450 лопастей в год при максимальной загрузке. Инвестиции в проект составят 2,3 млрд руб.

Подписание соглашения гарантирует содействие Правительства Ульяновской области в реализации проекта, который относится к высокотехнологичным и значимым для области.



Александр Тюнин

Генеральный директор композитного дивизиона госкорпорации «Росатом»:



Проект в Ульяновской области дает возможность открыть еще один вектор применения композитных материалов и обеспечит снабжение ветроэнергетической отрасли качественным продуктом, полностью разработанным и произведенным российской компанией. Уверен в успехе проекта и надеюсь на плодотворное сотрудничество в рамках подписанного соглашения

"

#### Росатом, Минпромторг России и Калининградская область заключили СПИК по созданию производства литийионных аккумуляторных батарей

Состоялось подписание специального инвестиционного контракта (СПИК) по созданию в Калининградской области производства литийионных ячеек, модулей, тяговых батарей для электротранспорта и стационарных систем накопления энергии. Сторонами контракта выступают компанияинтегратор Росатома по системам накопления энергии ООО «РЭНЕРА» (входит в Топливную компанию Росатома «ТВЭЛ»), Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Правительство Калининградской области, а также Администрация Неманского района Калининградской области, где будет создано высокотехнологичное производство.

Специальный инвестиционный контракт — это инструмент государственной политики, направленный на стимулирование инвестиций в промышленное производство в России. В рамках СПИК инвестор заключает соглашение с государством, в котором фиксируются обязательства компании реализовать инвестиционный проект, а также обязательства государства обеспечить стабильность условий ведения бизнеса и предоставить меры господдержки. По условиям контракта на первой российской гигафабрике, возводимой Росатомом в Калининградской области (общая площадь территории — 23,6 га), до конца 2027 года будет поэтапно обеспечена глубокая локализация продукции. За весь период СПИК до 2030 года объем произведенной и реализованной промышленной продукции достигнет 18,5 ГВт-ч или более 230 тыс. тяговых батарей.



Александр Камашев

Генеральный директор ООО «РЭНЕРА»:



Создавая отрасль накопителей энергии, мы открываем новые возможности для стабильного развития электротранспорта в России. В 2025 году на первой российской гигафабрике в Калининградской области начнется серийное производство надежных, безопасных и энергоемких литийионных аккумуляторных батарей. Новое производство позволит перейти на более экологичный транспорт, обеспечить снижение уровня шума и загрязнения воздуха в больших городах

"

Текст: Сергей Петровский Фото: Unsplash, wikipedia.org

# Зеленая траектория

Продолжит ли мировая электроэнергетика «зеленеть» и какие источники поделят между собой главные роли в этом процессе

> Глобальное энергопотребление растет, и вместе с ним по-прежнему растут выбросы парниковых газов, однако человечество, судя по всему, не намерено сворачивать с пути зеленого энергоперехода. Экологические доводы в последнее десятилетие уже не оспариваются, но теперь и экономические аргументы в пользу доступных

и конкурентоспособных чистых технологий стали гораздо весомее. Прошлый год поставил много энергетических рекордов и антирекордов, и проявившиеся в 2022-м тенденции явно будут оказывать долгосрочное системное влияние на перспективы и темпы перехода человечества к все большему использованию экологически чистой энергии.



#### Электричества нужно больше

2022 год рассматривается многими аналитиками в сфере мировой энергетики как поворотный на пути движения в зеленом направлении. Именно в прошлом году многие страны пересмотрели свои энергетические планы в сторону ускоренного перехода на чистые источники на фоне резкого роста цен на ископаемое топливо и опасений по поводу энергобезопасности, связанных с зависимостью от импорта углеводородов. Эти же причины ускорили внедрение новых электроэнергетических технологий: в мире стало использоваться больше электромобилей, электролизеров для производства зеленого водорода, а также тепловых насосов (это устройства, которые извлекают тепло из окружающей среды — земли, воды, воздуха — и усиливают его, при этом выход энергии в виде тепла обычно в несколько раз больше, чем требуется для электрического питания агрегата, поэтому такая технология отопления считается намного более эффективной, чем традиционные).

Повышение доли электричества в конечном потреблении энергии (электрификация экономики) — важная для процесса энергоперехода тенденция. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2022 году на электроэнергию приходилось 20% конечного потребления энергии в мире, агентство прогнозирует, что к концу текущего десятилетия этот показатель достигнет 27%. Аналитики сходятся во мнении, что он будет расти и далее, но сильно расходятся в цифрах: так, эксперты ВР предполагают, что к 2050 году он составит порядка 30%, в то время как прогноз МЭА — 50%.

Рост спроса на электроэнергию наблюдается во всем мире по мере увеличения населения планеты и повышения уровня жизни. В прошлом году мировой спрос вырос на 2,5%, что аналогично среднему росту на 2,6% в предыдущее десятилетие. Большая часть этого роста (93%) была обусловлена увеличением спроса в трех странах: Китае (54%), США (21%) и Индии (18%). В ЕС спрос на электроэнергию, напротив, упал на 3% — из-за теплой зимы и усилий по сокращению потребления в связи с проблемой доступности поставок энергоносителей.

#### Электричество становится чище

Согласно отчетам МЭА, в последние годы на энергетический сектор в целом приходилось порядка трех четвертей глобальных выбросов парниковых газов, а на производство электроэнергии — более трети общих мировых выбросов, связанных с энергетикой. В 2021 году на электроэнергетический сектор приходилось 59% всего используемого в мире угля, а также 34% природного газа, 4% нефти, 52% всех возобновляемых источников энергии и почти 100% атомной энергии. В 2022 году в структуре производства электроэнергии в мире по-прежнему преобладали ископаемые виды топлива, которые обеспечили 61% выработки электроэнергии. На долю угля в глобальной генерации приходилось 36%, ископаемого

#### Электроэнергетика-2022 в цифрах и фактах



10% жителей нашей планеты до сих пор не имеют доступа к электричеству, в основном в странах Африки, к югу от Сахары, и в Азии.



Более 60 стран в настоящее время производят более 10% своей электроэнергии за счет ветра и солнца.



Прирост глобальной солнечной генерации в 2022 году мог бы удовлетворить годовой спрос на электроэнергию в Южной Африке, а прирост ветровой генерации — обеспечить электроэнергией почти всю Великобританию.



С 2015 года, когда было подписано Парижское соглашение, доля солнечной энергетики в мировом производстве электроэнергии увеличилась в четыре раза — до 4,5% в 2022 году. Доля ветровой энергетики увеличилась за тот же период более чем вдвое — до 7,6%.



Доля атомной энергетики в мировом энергобалансе с начала XXI века сократилась больше всего: с 17% мирового производства электроэнергии в 2000 году до всего 9,2% в 2022-м.



Согласно сценарию достижения углеродной нейтральности к 2050 году, атомная генерация должна расти на 3,8% в год, но в 2022 году она упала на 4.7%.

газа — 22%. Эксперты считают, что мировой электроэнергетический сектор необходимо декарбонизировать в первую очередь, поскольку это позволит по цепочке сократить выбросы в других отраслях

В 2022 году, по данным недавно вышедшего ежегодного отчета аналитического центра Ember, углеродоемкость производства электроэнергии в мире упала до рекордно низкого уровня в 436 г СО₂/кВт·ч. Это связано со столь же рекордным ростом ветровой и солнечной энергетики, их доля в мировом электроэнергетическом балансе достигла 12% (в 2021-м



этот показатель составлял 10%). Вместе все чистые источники электроэнергии, то есть возобновляемые источники и атомная энергетика, достигли 39% мирового произволства, что также является новым рекордом. Солнечная генерация выросла на 24%, это самый быстрорастущий источник электроэнергии 18 лет подряд; ветровая генерация выросла на 17%. Возобновляемые источники энергии покрыли 92% роста спроса.

#### Выбросы на пике

Каждый киловатт-час стал чище, чем когда-либо, но человечество стало использовать больше электричества, чем ранее. Значительного прошлогоднего роста ветровой и солнечной энергетики оказалось недостаточно, чтобы удовлетворить растущие потребности мира в электроэнергии, и этот пробел восполнили уголь и другие виды ископаемого топлива. Поэтому в прошлом году был установлен и противоположный рекорд: общие выбросы выросли на 1,3%, достигнув исторического максимума в 12 Гт.

Угольная генерация увеличилась на 1,1%, что соответствует среднему росту за последнее десятилетие. Но есть и хорошая с точки зрения достижения

климатических целей новость: хотя процесс поэтапного отказа от использования угля, согласованный на Конференции ООН по изменению климата (СОР26) в 2021 году, еще не начался, но мировой энергетический кризис не привел к значительному увеличению сжигания угля, как многие опасались. Выработка электроэнергии на газе в 2022 году незначительно (-0,2%) снизилась — из-за высоких мировых цен на этот энергоноситель, при этом мощность построенных за год газовых электростанций составила всего 31 ГВт, что является самым низким показателем за 18 лет. Но в 2022-м было зафиксировано и наименьшее количество закрытий угольных электростанций за семь лет, поскольку государства стремились сохранить резервные мощности на фоне энергокризиса.

Если бы вся электроэнергия, вырабатываемая ветром и солнцем, производилась из ископаемого топлива, то выбросы в 2022 году были бы на 20% выше. Рост только ветровой и солнечной генерации (+557 ТВт·ч) в прошлом году обеспечил 80% роста мирового спроса на электроэнергию (+694 ТВт·ч). Аналитики Ember предполагают, что в текущем году рост доли чистых источников энергии превысит рост спроса на электроэнергию. По их мнению, спрос на ископаемое топливо достиг пика и весь будущий рост спроса

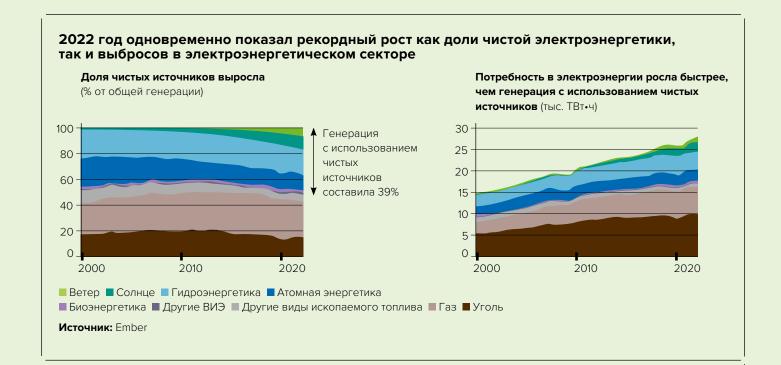
будет покрываться за счет возобновляемых источников энергии.

Согласно прогнозу Ember, в 2023 году произойдет небольшое падение производства электроэнергии с использованием ископаемого топлива (–47 ТВт·ч, –0,3%) с еще большим падением в последующие годы по мере дальнейшего роста доли ветровой и солнечной генерации. Другие исследовательские организации также считают, что пик может быть пройден в самое ближайшее время. Мнение о том, что выбросы в энергетическом секторе могут сократиться уже в 2023 году, разделяет Rystad Energy. МЭА в январе текущего года также прогнозировало, что в отношении выбросов при производстве электроэнергии мир «близок к переломному моменту», который может произойти на горизонте 2025 года. Если эти прогнозы верны, то человечество действительно окажется на пороге новой энергетической эры.

Для достижения климатических целей от солнца и ветра ожидают многого. Сценарий достижения «чистых» (нетто) нулевых выбросов МЭА (Net Zero Emissions by 2050 Scenario — NZE) показывает, что производство солнечной и ветровой энергии должно увеличиться к 2030 году более чем в три раза — до 41% мирового объема выработки электроэнергии. Аналогичная главная роль ветру и солнцу отводится в сводном отчете Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), опубликованном в апреле 2022 года: медиана всех сценариев, оцененных МГЭИК, показывает те же 41% к 2030 году, что фигурируют в сценарии NZE.

Однако, согласно последним краткосрочным прогнозам МЭА, развитие солнечной и ветровой энергетики идет все же более медленными темпами, чем Международное энергетическое агентство отслеживает три сценария развития мировой энергетики. В основном они различаются прогнозами в отношении политики различных государств. Сценарий STEPS очерчивает траекторию. соответствующую уже действующим экономическим параметрам, которые определяются официально принятыми политическими решениями. Сценарий APS основан на учете принятых разными странами обязательств и предполагает, что все желаемые цели, объявленные правительствами, будут выполнены вовремя и в полном объеме, включая долгосрочные цели достижения углеродной нейтральности и обеспечения доступа к энергии. Сценарий NZE, основанный на стремлении достичь «нетто-нулевого» уровня выбросов к 2050 году, определяет пути стабилизации роста средней глобальной температуры в пределах 1,5 °C, а также обеспечения к 2030 году всеобщего доступа к современным источникам энергии.

Разрыв между консервативным и оптимистичным сценариями существенен. В сценарии STEPS прогнозируется, что объем выбросов СО, в атмосферу в результате потребления всех видов топливноэнергетических товаров до 2050 года будет медленно сокращаться — с прошлогоднего максимума в 37 Гт до 32 Гт. Согласно сценарию APS, после прохождения краткосрочного пика объема выбросов СО, в атмосферу последует более быстрое снижение этого показателя до 12 Гт к середине века. Аналитики подчеркивают, что путь к выполнению «нулевого» сценария (NZE) не будет быстрым и легким. Даже при полном выполнении обязательств, принятых государствами на сегодняшний день, потребуется использование всех доступных технологий и вариантов сокращения выбросов и скоординированные усилия всех стран с учетом признания различия в этапах их экономического развития и стремления избежать волатильности на энергетических рынках.





предполагалось ранее, и доля этих видов генерации к 2027 году может вырасти лишь до 20% (согласно наиболее консервативной оценке). Так что консенсуса в вопросе о том, какой будет доля солнца и ветра на рынке электроэнергетики в ближайшие годы, пока нет, и это означает, что ставка только на эти два источника может быть неоправданной и другие источники чистой энергии ни в коем случае нельзя сбрасывать со счетов.

#### Чистый застой

Несмотря на быстрый рост и предполагаемое лидирующее место в будущем глобальном энергобалансе, пока ни солнце, ни ветер не вносят основной вклад в экологически чистую энергокорзину, в которую также входят гидро- и атомная энергетика и другие виды генерации, способствующие увеличению доли низкоуглеродной электроэнергии, — водородная, геотермальная, морская и биоэнергетика, а также производство энергии с использованием технологии CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage — это технические процессы, позволяющие уловить до 90% выбросов СО, при выработке из грязных источников). Крупнейшим источником чистой электроэнергии с долей 15% в 2022 году оставалась гидроэнергетика, а атомная занимала второе место с долей чуть более 9%.

При этом, если исключить солнечную и ветровую генерацию, приходится констатировать, что в прошлом году наблюдалось первое с 2011 года падение годовой выработки электроэнергии с использованием остальных низкоуглеродных источников. Небольшой рост доли гидро- и биоэнергетики в прошлом году компенсировал общее падение лишь частично. По мнению аналитиков Ember, маловероятно, что падение продолжится и в последующие

годы, но очевидно, что рост замедляется: и в 2020-м, и в 2021 году чистая электроэнергия (за исключением ветра и солнца) прибавляла лишь половину по сравнению со среднегодовым ростом, наблюдавшимся с 2000 гола.

Падение производства атомной энергии в 2022 году также стало антирекордом: на 4,7% (−129 ТВт·ч) по сравнению с предыдущим годом. В основном сокращение наблюдалось в Евросоюзе — из-за технических проблем и плановых ремонтов на АЭС во Франции, а также закрытия атомных станций в Германии и Бельгии. Производство атомной энергии также значительно сократилось в Японии (−9,5 ТВт·ч) из-за планового обслуживания АЭС.

При этом доля атомной и гидроэнергетики падала с начала XXI века, потому что темпы роста этих видов генерации были ниже темпов роста глобального спроса на электроэнергию. Доля атомной энергетики в мировом производстве электроэнергии упала с 17% в 2000-м до 9% в 2022 году, а доля гидроэнергетики с 18% до 15% соответственно. В абсолютных значениях в 2022 году рост солнечной и ветровой энергетики в пять раз превышает средние показатели, добавляемые атомной, гидро- и биоэнергетикой (в среднем 105 ТВт•ч в год в 2000–2022 годах). При этом ядерные мошности снижались с 2019 по 2021 год, так как останавливалось больше энергоблоков, чем запускалось. Рост мощностей гидроэнергетики в последние годы также замедлился, с 2017 по 2021 год добавлялось в среднем 20 ГВт в год по сравнению с 33 ГВт за пять лет до этого (во многом это связано с замедлением роста в Китае, который строил около половины гидромощностей мира).

Во всех моделях дальнейшего развития энергетики ветер и солнце должны возглавить зеленый

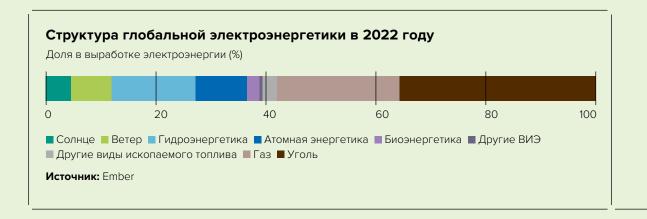
энергопереход. МГЭИК показывает, что эти источники смогут обеспечить более трети сокращения выбросов, необходимого в текущем десятилетии. Во многих регионах эти виды генерации привлекательны с экономической точки зрения, так как обеспечивают более низкую стоимость по сравнению с ископаемым топливом. Однако аналитики подчеркивают, что замедление развития гидро- и атомной энергетики может иметь негативные последствия для темпов перехода к чистой электроэнергии. Возможно, тенденция меняется: на 2023 год МЭА дает прогноз роста гидрогенерации в 5%, атомной — в 4%. Из-за длительных сроков строительства новые ГЭС и АЭС не будут влиять на рост показателей в ближайшие несколько лет, но затем смогут обеспечивать производство значительного количества чистой энергии.

#### Ожидается ли атомный ренессанс?

Сценарий заявленной странами политики (APS) МЭА рассматривает рост установленной мощности АЭС

более чем на 43% с 2020 по 2050 год (до примерно 590 ГВт), при этом вклад атомной энергетики в мировое производство электроэнергии составит в середине века около 8,5%, что приведет к снижению глобальных выбросов углекислого газа примерно на 13%. Сценарий NZE предполагает увеличение мощностей атомной энергетики до 871 ГВт к 2050 году.

Как информирует система PRIS МАГАТЭ, в июле 2023 года в более чем 30 странах мира находятся 437 действующих ядерных энергетических реакторов общей мощностью около 390 ГВт (410 — в эксплуатации, работа 27 приостановлена). По данным Всемирной ядерной ассоциации (WNA), по состоянию на май 2023 года заказано или планируется к строительству порядка 100 энергетических реакторов, при этом отмечается, что большинство из них — в Азиатском регионе с его быстрорастущей экономикой и спросом на электроэнергию, но Россия также имеет большие планы по новым блокам. В настоящее время в 15 странах строится около 60 энергетических реакторов,





АЭС «Кори» в Южной Корее

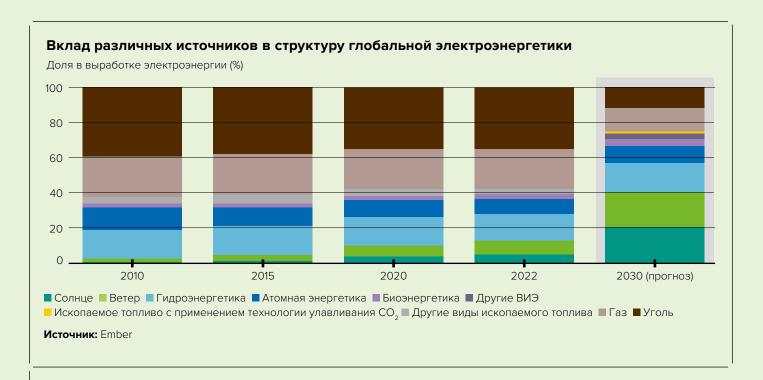
до 2030 года включительно планируется ввод в эксплуатацию 55 из них, в том числе 23 в Китае, 8 в Индии, 6 в Южной Корее, 4 в Турции, 3 в России. WNA также подчеркивает, что многие страны с существующими ядерно-энергетическими программами либо планируют, либо строят новые энергетические реакторы, а около 30 стран рассматривают, планируют или начинают такие программы. Кроме того, значительные дополнительные мощности создаются за счет модернизации энергоблоков, а также продления срока их службы.

Америка. В США принятый закон о снижении инфляции содержит положения, которые помогут существенно увеличить долю атомной энергетики. Наиболее заметным из них является налоговая льгота в размере \$15 за мегаватт-час, которая позволит повысить конкурентоспособность существующего парка АЭС по сравнению с другими производителями электроэнергии. Несколько компаний, занимающихся развитием технологий малых модульных реакторов (ММР), объявляют о продвижении в этой сфере, в частности в вопросах лицензирования и сертификации. Кроме того, Министерство энергетики США опубликовало крупное исследование, в котором говорится, что 80% оцениваемых площадок угольных электростанций в стране могут быть преобразованы в атомные электростанции. Этот переход может увеличить атомные мощности США до более чем 250 ГВт с нынешних 97 ГВт. Согласно этому исследованию, использование инфраструктуры угольных станций для сооружения АЭС может сэкономить 15-35% затрат на строительство.

Азия. В Японии произошел серьезный сдвиг: страна возвращается к атомной энергетике, не только за счет перезапуска существующих атомных станций (при

рекордной поддержке со стороны японской общественности — впервые с 2011 года число поддерживающих возобновление работы АЭС в стране превысило 50% среди опрошенных), но и за счет рассмотрения возможности строительства новых станций. В Юго-Восточной Азии — на Филиппинах, в Индонезии и Вьетнаме — идет обсуждение вопросов развития атомной энергетики. Южная Корея объявила о планах построить еще четыре энергоблока к 2030 году и продлить срок службы десяти старых энергоблоков, увеличив свою долю на рынке атомной энергетики с 27% в 2021 году до 30% в 2030 году, а затем до 35% к 2036 году. Китай планирует увеличить мощности атомной энергетики с 50 ГВт в 2021 году до 70 ГВт в 2025 году (согласно объявленному в 2021 году 14-му пятилетнему плану).

Европа. В Польше принято решение правительства о строительстве первой в стране АЭС с шестью энергоблоками. Новая энергетическая стратегия Великобритании предполагает строительство до восьми новых энергоблоков, а также финансирование НИОКР по модульным реакторам. Во Франции озвучено решение начать работу над первым из шести запланированных новых блоков до 2027 года. Румыния объявила о планах строительства двух новых энергоблоков действующей АЭС «Чернаводэ», Словакия в 2022 году ввела в эксплуатацию третий энергоблок АЭС «Моховце», запуск четвертого запланирован на 2024 год, рассматривается возможность строительства новых энергоблоков в будущем. В Венгрии запланировано строительство двух энергоблоков АЭС «Пакш-2». Однако Европа сталкивается с проблемами финансирования атомной отрасли: финская «Олкилуото» была запущена в 2023 году — с отставанием от первоначального срока на 14 лет, ввод нового энергоблока АЭС «Фламанвиль» во Франции вновь



отложен, в основном по экономическим причинам. при строительстве британской АЭС «Хинкли Пойнт С» расходы также резко возросли.

Россия. Что касается нашей страны, то, по сообщению ТАСС, глава Росатома Алексей Лихачев в ходе Невского международного экологического конгресса в мае текущего года рассказал журналистам о необходимости построить 17 блоков атомных станций до 2035 года и выходить в 2040-е годы на величину в 25% атомной генерации в энергобалансе страны (сейчас эта доля составляет около 20%).

#### Переходный этап: найти баланс

Международное энергетическое агентство в World Energy Outlook 2022 (WEO, Прогноз развития мировой энергетики) излагает принципы, которыми стоит руководствоваться в течение предстоящего периода, когда одновременно будет сокращаться потребление углеводородов и развиваться чистые источники. На этом переходном этапе обе системы (несмотря на то что их доля в энергобалансе меняется) должны надежно функционировать, чтобы предоставлять все необходимые потребителям энергетические услуги.

Производителям электроэнергии следует быть более гибкими, потребителям — способными приспосабливаться к меняющейся обстановке, а сетевая инфраструктура должна быть усилена и адаптирована к применению цифровых технологий. Для того чтобы позволить наиболее уязвимым слоям общества управлять первоначальными затратами при переходе на более чистые технологии и обеспечить широкие возможности использовать все преимущества, связанные с этим процессом, необходимы инклюзивные, социально ориентированные подходы.

Использование углеводородов в процессе энергоперехода сокращается, но некоторые элементы системы, в которой они продолжают использоваться, остаются критически важными для энергетической безопасности. Например, это касается генерации с использованием мощностей на природном газе для удовлетворения пиковых потребностей в электроэнергии, а также работы нефтеперерабатывающих заводов для заправки остающихся транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания. Преждевременный вывод из эксплуатации этих объектов инфраструктуры может иметь негативные последствия для населения и экономики.

Сегодня понятно, что уже к 2030 году мировая электроэнергетика может значительно измениться: электричество станет чище, будет меньше зависеть от «грязного» ископаемого топлива и больше использоваться для транспорта, отопления и кондиционирования. Аналитики сходятся во мнении, что 2020-е годы должны стать поворотным периодом на пути к чистой энергетике будущего, но одна из главных задач на этом пути — не принести в жертву благим целям декарбонизации надежность и устойчивость глобальной энергосистемы.



#### У атомной энергетики стало больше сторонников

По сообщению World Nuclear News, новое исследование показало, что общественное мнение в вопросе использования атомной энергии меняется. Несколько неправительственных организаций провели онлайн-опрос 13500 представителей общественности в восьми странах (Франция, Германия, Япония, Польша, Южная Корея, Швеция, Великобритания и США) в период с ноября 2022 года по январь 2023 года. Исследование выявило мощную поддержку атомной энергетики в каждой из этих стран, при этом Польша, Франция и Швеция продемонстрировали самый высокий уровень поддержки. Во всех восьми странах члены экологических групп также являются сторонниками атомной энергетики. В шести странах (кроме Германии и Японии) большинство сторонников каждой крупной политической партии также поддерживают атомную энергетику.

В Польше 84% респондентов высказались за использование энергии атома, при этом более 75% опрошенных считают, что это необходимо для достижения климатических целей. Население Франции и Швеции демонстрирует явный консенсус в отношении важности атомной энергетики: 69% респондентов в каждой стране согласны с ее использованием наряду с другими источниками. Более того, большинство опрошенных в обеих странах считают, что она должна быть основным источником энергии. В Германии — стране, которая недавно закрыла свои последние АЭС, — 51% респондентов проголосовали за использование атомной энергии. Самым сильным аргументом в пользу использования передовых атомных технологий в этих странах была названа энергетическая независимость.

Исследование показало, что неприятие атомных технологий исходит в основном от небольшого обособленного сегмента населения (15%), в целом старшего возраста и скептически относящегося к инновациям. Все другие группы, указанные в отчете. в подавляющем большинстве поддерживают атомную энергетику, даже если они сильно различаются по своим политическим взглядам, экономическому положению и взглядам на окружающую среду и изменение климата.

В отчете отмечается, что опрос подтвердил наличие больших пробелов в знаниях людей о преимуществах атомной энергетики, в частности о ее роли в снижении выбросов углекислого газа. Это означает, что популяризации знаний об атомных технологиях в мире должно уделяться более пристальное внимание

Фото: AO «Концерн Росэнергоатом», ПН «Прорыв», Информационный центр Jiangsu Nuclear Power / У Чзянцунь, фотобанк «Фотодженика», ООО «РЭНЕРА»

# Чисто с умом

Как примирить достижение климатических целей и решение задач эффективного энергоснабжения

> Эксперты поделились своим видением перспектив развития мировой энергетики, ответив на вопросы «Вестника атомпрома» об основных тенденциях энергетических рынков,

темпах зеленого энергоперехода, технологиях, которые смогут помочь решению задач декарбонизации, и роли атомной энергетики в будущем глобальном энергобалансе.



#### Владислав Корогодин

Директор по управлению ЖЦ ЯТЦ и АЭС госкорпорации «Росатом»

#### «Надежность и устойчивость энергоснабжения это императив, безусловное требование»

— Если говорить о целеполагании в глобальном масштабе, то в соответствии с целями устойчивого развития ООН, решениями конференций по изменению климата, принятыми зелеными таксономиями процесс энергоперехода можно считать необратимым. Если смотреть на факты и статистику, то деятельность по достижению этих целей пока нельзя признать однозначно удовлетворительной.

Мировое потребление первичной энергии неуклонно растет. До сих пор 85% мирового потребления первичной энергии приходится на уголь, нефть и газ. При этом потребление электроэнергии растет опережающими темпами. Если смотреть статистику за десятилетие, предшествующее пандемии COVID-19, за период стабильного роста мировой экономики, то половина прироста выработки электроэнергии

за этот период была обеспечена за счет увеличения сжигания угля, нефти и газа. А это значит, что основная зеленая электроэнергетика, в которую входят солнечная, ветровая, гидро- и атомная генерация, пока не справляется с масштабом энергетического вызова. Но здесь важен и страновой разрез. В России рост выработки чистой энергии за последние 10 лет превысил рост потребления. Это произошло в первую очередь за счет развития атомной энергетики. Мы уже идем по пути нового энергоперехода.

Задачи декарбонизации энергетики и гарантированного энергообеспечения являются ключевыми в мировой повестке климатического регулирования и устойчивого развития, а это означает спрос на зеленую энергетику. В части электроэнергии — это спрос на солнечную генерацию и ветропарки в тех



климатических условиях, гле они обладают достаточно высоким КПД, но с учетом требований по наличию стабильного источника мощности в энергосистеме, спрос на малую гидроэнергетику и атомную генерацию большой, средней и малой мощности. При этом для комплексного теплоэнергоснабжения атомная генерация малой мощности является самым эффективным источником зеленой энергии за счет возможности прямого использования тепла без преобразования в электрическую энергию, другие зеленые источники производят электроэнергию, которую нужно преобразовать в тепло с неизбежными затратами и потерями.

Есть еще два зеленых сегмента — приливные электростанции и геотермальные тепловые насосы, но их доля и сейчас, и в перспективе незначительна. В части систем накопления энергии существует два основных глобальных тренда — это электрические накопители и водородная энергетика полного цикла

Если говорить о балансе между целями декарбонизации и достижением энергетической безопасности, то надежность и устойчивость энергоснабжения — это императив, безусловное требование. Это ограничивает масштабное применение солнечной и ветроэнергетики без наличия систем накопления электроэнергии и/или без достаточного источника стабильной выдачи мощности в энергосистеме. Задачи декарбонизации можно решать разными способами: как снижениями выбросов СО, в промышленности, энергетике, транспортной сфере, так и двигаясь к углеродной нейтральности за счет увеличения площади лесов.

Исходя из требований устойчивого развития для глобального энергоперехода нужен не только чистый, но и неограниченный источник энергии. Неограниченность применения определяется тремя факторами: компактностью, достаточностью ресурсной базы, надежностью и устойчивостью генерации.

Солнечная и ветроэнергетика зависят от погодных условий, гидроэнергетика — от наличия водных ресурсов. Атомная энергетика с реакторами на тепловых нейтронах сейчас зависит от ресурсной базы природного урана. Замыкание ядерного топливного цикла увеличивает эффективность использования природного урана в 150 раз, делая его основным энергетическим ресурсом планеты с долей в мировых запасах энергоресурсов порядка 86%.

При развитии технологий реакторов на быстрых нейтронах и переходе к замкнутому ядерному топливному циклу, решающему вопросы достаточности ресурсов, безотходности и отсутствия отложенных решений по обращению с отработавшим ядерным топливом, атомная энергетика становится главным источником обеспечения глобального энергоперехода.

Оптимальная доля атомной энергетики в энергобалансе будет меняться во времени, она зависит от сроков готовности новых продуктов атомной энергетики. К 2050 году доля атомной генерации в мире может достичь 20-25% за счет спроса на АЭС малой



мощности и начала активного перехода к двухкомпонентной ядерной энергетике с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах.

К концу столетия при активном развитии быстрых реакторов с замкнутым ядерным топливным циклом в условиях роста энергопотребления и ограниченности запасов легко извлекаемых углеводородов доля атомной энергетики в мировой выработке электроэнергии может составить не менее 50%. На этом горизонте также могут уже появиться и коммерческие термоядерные источники энергии, которые я тоже здесь отношу к категории «атомная энергетика».

Развитие мировой атомной индустрии в настоящее время глобально тормозят два фактора — ограниченность ресурсной базы природного урана и наличие отложенных решений по обращению с отработавшим ядерным топливом. Эти вопросы снимаются при развитии и промышленном внедрении технологий замыкания ядерного топливного цикла с фракционированием продуктов переработки и технологий реакторов на быстрых нейтронах, обеспечивающих воспроизводство делящихся материалов и выжигание высокоактивных долгоживущих минорных актинидов. При этом также решаются отложенные вопросы с накопленным отработавшим ядерным топливом: регенерированный уран рециклируется в реакторах на тепловых нейтронах, плутоний и минорные актиниды направляются в быстрые реакторы, срок достижения радиационной и радиологической эквивалентности остающихся отходов сокращается в тысячи раз, а их объемы снижаются кратно.

Практическая демонстрация нового подхода — это первый в мире опытно-демонстрационный энергокомплекс поколения IV с реактором естественной безопасности со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 и пристанционным топливным циклом, сооружаемый в Северске.

#### На фото

Стенд для испытаний главного циркуляционного насоса реактора со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300, который сооружается в Северске в рамках отраслевого проекта «Прорыв»



#### Владимир Асмолов

Советник генерального директора госкорпорации «Росатом», научный руководитель проектного направления «Технология ВВЭР», доктор технических наук, профессор

# «Мы хотим перевести атомную энергию в разряд возобновляемых источников»

— Говоря о принятом сейчас делении источников энергии на чистые и грязные, нужно принять как данность, что любой вид энергетики влияет на окружающую среду, причем влияет не положительно. Если рассматривать это влияние в разрезе полного жизненного цикла, включая добычу сырья, затем изготовление компонентов энергоустановки, в последующем их утилизацию, то становится понятно, что никакие источники энергии не могут считаться однозначно чистыми. Кроме того, ни солнечная, ни ветровая, ни приливная, ни какая-либо другая возобновляемая энергетика не сможет быть глобальной, то есть не сможет полностью обеспечить будущее энергоснабжение населения Земли, она может быть только региональной, локальной. Для меня это не теорема, а аксиома.

Надо каждый раз выбирать того монстра, с которым ты борешься. Кто-то выбирает в качестве такого монстра выбросы углекислого газа. Для меня самый страшный монстр — это нехватка электроэнергии для нормальной жизни людей.

Мы сегодня уже имеем в руках такую высококонцентрированную энергию, как энергия деления (а в каком-то далеком будущем будем использовать и энергию синтеза, то есть термоядерную). Если сравнивать по теплотворной способности энергию сжигания угля и энергию деления ядра атома, то разница — около двух миллионов раз в пользу атомной энергетики. При этом в атомной энергетике коэффициент использования установленной мощности самый высокий, около 90%, то есть мы гарантируем людям стабильную, надежную выработку энергии. И, конечно, атомная энергетика является абсолютно зеленой (к удивлению многих, по данным ОСЭР, рассмотрение полных топливных циклов показывает, что общие внешние издержки солнечной и ветровой генерации, в том числе связанные с загрязнением воздуха, изменением климата, истощением природных ресурсов, при тех же условиях превышают показатели атомной генерации в 10 раз). Вот это и есть тот мощный источник практически неисчерпаемой энергии, который есть у людей и который может служить решением, позволяющим не портить окружающий мир. Это подарок, который человечество получило от бога, и те страны, те политические деятели, которые от него отказываются, совершают огромную ошибку.

Разумеется, у атомной энергетики, как и у любой другой, есть свои недостатки. Высококонцентрированная энергия представляет опасность в случае аварии. Можно ли этого избежать? Можно. И нужно. Для этого есть огромная база знаний, которая постоянно накапливается и которая позволяет говорить, что энергия деления и энергия синтеза в любых случаях может быть под контролем.

Развитие атомной энергетики тормозится естественным страхом людей перед неведомым, хотя мало кто

дает себе труд найти данные, что в результате трех самых серьезных аварий на АЭС (Три-Майл-Айленд, Чернобыль, Фукусима) пострадало несопоставимо меньше людей, чем при авариях в угольной промышленности, не говоря о транспорте. Чтобы этот страх прошел, надо тратить, и мы сегодня тратим огромное количество ресурсов — умственных, материальных на то, чтобы обеспечить гарантированную безопасность при использовании ядерных энергоисточников. Остаточный риск должен быть настолько минимальным, чтобы ты имел право сказать себе, своим близким, окружающим: мы гарантируем безопасность. Для этого существуют общие подходы к обоснованию безопасности, к апгрейду систем безопасности АЭС (что было сделано, в частности, после изучения причин фукусимской аварии), реализуется основополагающий принцип глубокоэшелонированной защиты, делаются немалые вложения в безопасность, идут исследования, которые дают понимание любой возможной опасности и того, как ее избежать.

Нужно работать, работать и работать и каждый день вкладываться во что-то новое, чтобы показать некие материальные факторы, которые позволят людям поверить в возможности атомной энергетики. Мы уже многому научились не только с точки зрения безопасности, но и с точки зрения экономики. Раньше атомная энергетика была базовой, то есть она не участвовала ни в суточном, ни в частотном регулировании, а сейчас она умеет все это делать. Вопрос уже становится коммерческим: на чем лучше регулировать нагрузку — на ГЭС или на АЭС. Как потребительское качество атомной энергетики возможность маневрирования мощностью на сегодняшний день уже доказана и применяется. Например, на Кольской станции мы работаем в режиме суточного регулирования, спокойно сбрасываем нагрузку ночью, а днем ее поднимаем. Сегодня это, скорее, даже не наука, это очень хорошая инженерия.

И, конечно, мы должны перейти на так называемую двухкомпонентную атомную энергетику с замыканием ядерного топливного цикла. Под этим подразумевается переход от открытого топливного цикла, в котором мы не можем использовать весь энергетический потенциал урана, поскольку делящегося изотопа, то есть урана-235, в природном уране всего 0,7%, а остальное — уран-238. При замыкании топливного цикла в быстрых реакторах мы можем использовать уран-238 и на его базе получать новый делящийся элемент — плутоний. Россия в плане тематики быстрых реакторов — впереди планеты всей, у нас БН-600 и БН-800 работают на Белоярской АЭС.

По сути, мы хотим перевести атомную энергию в разряд возобновляемых источников — как солнце и ветер, то есть сделать топливную базу практически неисчерпаемой. Вот для этого мы и собираемся

переходить к замыканию топливного цикла, чтобы в процессе работы атомной станции нарабатывать новое топливо, которое рециклом пойдет в топливо для следующего использования. Это очень серьезная работа. Мы эту концепцию записали в 2018 году в стратегии развития атомной энергетики России, в 2021-м мы ее подтвердили.

В нашей стратегии есть несколько сценариев, все будет зависеть от того, какие потребительские качества будет иметь тот или иной вид получения ядерной энергии. ВВЭР — это очень хорошие энергоблоки с точки зрения безопасности генерации, и они относительно недорогие, если их сравнивать с другими энергоисточниками сопоставимой мощности. Если даже реакторы ВВЭР оставить в их сегодняшнем виде и ничего в них не менять, они будут жить до конца века: у строящихся сейчас блоков проектный срок — 60 лет, а дальше мы сможем продлить их работу, как продлевали у предыдущих, проводя все необходимые действия для обеспечения безопасной работы всех важнейших компонентов АЭС. Идет работа над тем, чтобы проектный срок увеличить до 80 лет.

Сейчас уран достаточно дешев и его пока достаточно много, хотя существуют разные оценки запасов. До конца века его точно хватит, но когда-то запасы начнут истощаться. Сегодня, исходя из сложившихся цен на уран, немедленный переход на уранплутониевое топливо нецелесообразен, но дальше прогнозируется, что цены на уран начнут расти. С учетом этих факторов мы работаем над новыми технологиями ВВЭР. Я являюсь научным руководителем разработки реактора ВВЭР со спектральным регулированием, ВВЭР-С. Планируется, что первый такой блок мощностью 600 МВт появится в 2033 году на Кольской АЭС. В ВВЭР-С можно загружать 100% уранплутониевого топлива (в нынешние ВВЭР — 30–40%). Это не означает, что мы сразу будем это делать. Но мы сразу построим такую станцию, в которой можно использовать уранплутониевое топливо. А дальше время покажет: если урановая сборка будет дешевле уранплутониевой, а урана будет все еще много, то решение будет отложено. Но уже на первых блоках, которые мы собираемся строить, можно будет показать возможность эксплуатации реактора с более жестким нейтронным спектром.

Все реакторы, и быстрые, и тепловые, воспроизводят плутоний, но сегодня на ВВЭР коэффициент воспроизводства плутония всего лишь около 0,3. А для того чтобы вся ядерная энергетическая система работала в том режиме, о котором мы говорим,— в режиме возобновляемой энергетики, коэффициент воспроизводства в системе должен быть равен по меньшей мере единице. То есть сколько ты сжег, столько и наработал. Чтобы ВВЭР был дружелюбен к этой системе, надо поднять его коэффициент воспроизводства. В первом варианте ВВЭР-С, который мы сейчас делаем, мы этот коэффициент воспроизводства уже поднимаем до 0,6—0,7. То есть дальнейшее развитие технологии ВВЭР возможно за счет вот этого направления, связанного с топливом.

Еще одно направление — это повышение коэффициента полезного действия. У сегодняшних ВВЭР в самых лучших случаях он составляет 37–38%, у наших действующих быстрых реакторов достигаемые показатели — 45–48%. В этом направлении тоже идет работа, следующий аппарат, который сейчас разрабатывается (но здесь сроки продолжительнее, я думаю, что он появится не раньше 2040 года, может, даже чуть позже), — это так называемый ВВЭР на сверхкритических параметрах, ВВЭР-СКД, реактор четвертого поколения. Вот там мы перейдем на закритику с точки зрения термодинамики, и это позволит нам выйти на КПД примерно 45%, что тоже очень серьезный плюс, в том числе экологический — соответствующее уменьшение теплового сбрасывания при работе реактора.

Если нам все это удастся реализовать, то мы продлим жизнь технологии ВВЭР. Это так называемый хеджирующий вариант, который предполагает переход реакторов на тепловых нейтронах (на новом технологическом уровне) в следующее столетие.

По быстрым реакторам на сегодняшний день мы имеем очень неплохой проект БН-1200, это натриевый реактор, который делают ОКБМ и ФЭИ, и работы по реактору с тяжелым свинцовым теплоносителем в рамках программы «Прорыв». Новые проекты показывают на бумаге, что они становятся сопоставимыми с ВВЭР по стоимости. Но пока это теорема, которую нужно доказать. Когда будут построены и заработают БРЕСТ и БН-1200, мы увидим их показатели и будем считать, сколько нам в общей ядерной энергетической системе нужно реакторов на тепловых нейтронах, сколько на быстрых — и каких именно.

Пока жизнь нас это считать не заставляет, но все будет зависеть от того, какими потребительскими качествами и стоимостью будут обладать реакторы на быстрых нейтронах и реакторы ВВЭР. Многое будет зависеть и от других факторов, например от времени появления энергетического термоядерного реактора. Вряд ли он появится в ближайшей перспективе, но дорогу к термоядерной энергетике надо искать, эта дорога интересная, и ответ на этот вызов человечество тоже обязательно должно реализовать.

«В атомной энергетике коэффициент использования установленной мощности самый высокий, около 90%, то есть мы гарантируем людям стабильную, надежную выработку энергии. При этом атомная энергетика — абсолютно зеленая».

 $N^{\circ}6 - 2023$ 



#### Федор Веселов

Кандидат экономических наук, заместитель директора Института энергетических исследований РАН (ИНЭИ PAH)

#### «Ближайшие годы будут временем тестирования очень широкого спектра энерготехнологий»

— Изменения в глобальной энергетике идут медленно. С 2010 по 2020 год общая доля всех безуглеродных ресурсов (атомная, гидроэнергия, биомасса и прочие ВИЭ) выросла всего на 2,2% — с 17,8 до 20%. Более заметны изменения в производстве электроэнергии, где доля безуглеродных источников выросла на 5% с 31,6 до 36,5%. Однако и здесь темпы вдвое меньше формального индикатора энергоперехода (изменение доли какого-либо энергоресурса на 10% за 10 лет).

Изменения в структуре энергетики определяются не только климатической повесткой и поэтому происходят неравномерно по регионам мира. В большей мере признаки энергоперехода наблюдаются в развитых странах, сделавших достижение углеродной нейтральности ключевым приоритетом своей энергополитики. Для большинства же развивающихся стран развитие энергетики определяется потребностями подпитки своих быстрорастущих экономик и снижения энергетической бедности. И здесь многие используют наиболее доступные ресурсы, прежде всего уголь (например, Индонезия или Вьетнам).

Ближайшие годы будут временем тестирования очень широкого спектра энергетических технологий, в том числе замещающих традиционные энергоресурсы, а также повышающих роль распределенной энергетики. Многие прогнозы предполагают заметное увеличение доли электроэнергии в обеспечении энергетического спроса глобальной экономики. Это делает особенно важным анализ эффективности технологий электрогенерации, но не меньше — и электросетевых технологий, повышающих доступность электроэнергии для потребителей, а также технологий накопления всех типов, которые обеспечивают важную функцию хранения электроэнергии как товара.

Множество технических решений в каждом классе очень велико, а их предпочтительность меняется в разных условиях применения. Поэтому особенно важно через модерирование и пилотирование для каждого решения найти наиболее эффективную нишу, исходя из соотношения энергетической, экономической и экологической эффективности.

Достижение углеродной нейтральности экономики и обнуление физических выбросов парниковых газов — это совсем не тождественные вещи, поскольку есть еще и значительный объем поглощения. Обычно говорят о «чистой» (net) эмиссии, то есть о сальдо выбросов и поглощений. Так, в принятой в России стратегии декарбонизации «чистые» выбросы к 2050 году сокращаются на 60%, а физические — менее чем на 15%. Остальное — ожидаемый эффект поглощения.

Смелость сценариев декарбонизации часто ограничивается лишь вдохновением их создателей, а вот реализуемость — реальными затратами, которые понесет экономика и общество, а также доступностью

технологий и ресурсов, как финансовых, так и материальных. В сравнении с изменениями в энергетике за последние 10 лет, их интенсивность должна возрасти в несколько раз. Поэтому достижение указанных в сценарии Net Zero Emissions МЭА целей к 2040-2050 годам не представляется реальным не только для глобальной экономики и электроэнергетики, но даже для развитых стран. Хотя отдельные государства могут существенно продвинуться на пути к этим целям.

В любой энергосистеме важно обеспечить разумную пропорцию между базисными, маневренными и пиковыми источниками, причем источниками управляемыми, способными менять режим в зависимости от спроса. Активное развитие ветровых и солнечных электростанций, конечно, требует значительных сопутствующих решений (и затрат) для обеспечения нормативной надежности энергоснабжения (за счет пиковых мощностей, накопителей, усиления электрической сети). Технически баланс между снижением выбросов и надежностью энергоснабжения может быть обеспечен разными способами. Однако всегда нужно помнить еще об одном, решающем, компоненте из триады условий — стоимости энергоснабжения и готовности потребителей платить за ту или иную степень декарбонизации поставляемой им электроэнергии. Именно это, экономическое, ограничение является ключевым при выборе путей и темпов декарбонизации, при выборе приоритетных технологий

В сравнении с другими безуглеродными источниками, за счет высокого КИУМ 1 ГВт АЭС обеспечивает кратно больший объем снижения выбросов при замещении органического топлива. Осознание важности атомной энергетики как инструмента декарбонизации и энергетической безопасности привело к ее включению в состав «правильных» технологий декарбонизации в ЕС (где за 2010-2020 годы выработка АЭС снизилась на 20%). Все активнее продлеваются сроки эксплуатации европейских атомных станций и даже (!) обсуждаются проекты новых блоков. Серьезная программа развития АЭС (до 200 ГВт к 2050 году) рассматривается в США. В развивающихся странах интерес к атомной энергетике постоянно высок, и все большее количество государств планируют или уже реализуют атомные энергопроекты (в том числе с помощью России). Растет интерес и к малым АЭС, способным более гибко вписаться в небольшие энергосистемы.

Главным ограничением на этом пути является стоимость энергоблоков, а способом его устранения удешевление за счет эффектов технологического обучения при развертывании серийного производства оборудования. Подход к АЭС как массовому промышленному продукту (особенно для малых АЭС) даст неоспоримые преимущества атомным технологиям в условиях декарбонизации.

#### «Потребителям нужна энергия для удовлетворения своих ключевых нужд "здесь и сейчас"»

— Сложившаяся сегодня экономико-геополитическая ситуация наделила энергетическую отрасль статусом высоковолатильной. Эта ситуация проявила (и продолжает проявлять) себя с 2020 года, когда мировая экономика попала под беспрецедентное давление пандемии COVID-19 и спрос на энергоносители существенно снизился. Затем последовал активно поддерживаемый мировыми правительствами выход из-под пандемийного давления, сопровождавшийся резким ростом спроса на энергоносители, затем новый виток пандемии в Китае и, соответственно, падение спроса и т. д. Хронология событий в экономике спровоцировала резкие скачки в спросе на энергоносители, а следовательно, и в ценах на них. Дестабилизация рынка, в свою очередь, отвлекла внимание от опубликованного еще в 2022 году доклада Международного энергетического агентства (прогнозирующего динамику изменения спроса на энергопродукты в период с 2030 по 2050 год) — ведь потребителям нужна энергия для удовлетворения своих ключевых нужд «здесь и сейчас». И похоже, что описанное в докладе МЭА достижение нулевого уровня выбросов к 2050-му становится все менее и менее реальным.

К тому же не стоит забывать о том, что энергопотребление — процесс, предполагающий непрерывность предоставления продукта, а альтернативные источники энергии не отличаются абсолютной стабильностью. Так, можно вспомнить февральский энергоколлапс в Техасе в 2021 году, когда экстремальные зимние условия, сопровождавшиеся повышенной влажностью, заблокировали работоспособность ветряков. Результатом стало более чем двукратное падение объемов энерговыработки и кратный рост соответствующих тарифов.

На этом фоне логичным и перспективным в среднесрочном периоде выглядит заявление со стороны Европейского энергетического агентства (и ЕС в целом) об отнесении газа и урана к зеленой энергетике (признание состоялось по результатам энергокризисного 2021 года). В таком контексте мировое лидерство России на рынке атомной энергетики добавляет очередные плюсы к стабильности и актуальности структуры отечественной экономики и открывает новые возможности для экспансии в перспективные регионы мира.



Чередниченко

Доцент кафедры экономической теории РЭУ им. Г. В. Плеха-

#### На фото

В сооружении Тяньваньской АЭС в Китае принимает участие Росатом







Михаил Аким Профессор Высшей школы бизнеса НИУ вшэ

#### «Можно предполагать, что через 5-10 лет начнется глобальная торговля зелеными энергоресурсами»

— В XXI веке мир столкнулся с задачей резкого сокращения выбросов парниковых газов при одновременном расширении доступа к энергии для решения задач экономического роста, наиболее критичного для миллиардов людей в развивающихся странах. В случае производства требуемой энергии из ископаемого топлива это приведет к выбросам в атмосферу миллионов тонн СО<sub>2</sub>. Согласно ряду оценок, рост мирового спроса на ископаемое топливо, в особенности на нефть и уголь, а в дальнейшем и на газ, может остановиться в ближайшие годы, поскольку высокие цены, волатильность цен и опасения по поводу безопасности поставок, сформировавшиеся в геополитическом контексте 2022–2023 годов, ускоряют переход к более чистым энергетическим технологиям.

Кроме того, Китай, являющийся крупнейшим мировым импортером энергоносителей, сделал ставку на развитие электромобилей и ВИЭ. Инвестировав сотни миллиардов долларов в эти направления, Китай стал крупнейшим производителем и экспортером данных изделий и технологий. Учитывая геополитическую и финансовую роль Китая на рынках развивающихся стран, можно предположить, что он станет ключевым бенефициаром энергоперехода.

В отличие от традиционных энергетических рынков, структура которых складывалась веками, структура «новой энергетики» создается во многом с использованием механизмов международного и государственного планирования. Так, программа электромобилизации Китая полностью коррелирует с его лидерством в области ВИЭ, что предусматривает использование чистой энергии для заправки электромобилей. Данные инициативы во многом вызваны экологической ситуацией в ряде мегаполисов страны, что заставило Китай принимать срочные меры по уходу от традиционных видов транспорта и генерации.

Текущие геополитические изменения привели к резкому старту декарбонизации европейской экономики, что придало значительный импульс развитию и коммерциализации ряда технологий, которые полностью меняют ландшафт в энергетической сфере.

Коммерциализуемость энергетических технологий варьируется в зависимости от вида энергии. Ряд энерготехнологий имеет ограниченную географическую применимость, например, гидроэнергетика и ветрогенерация зачастую связаны с конкретной точкой производства и потребления энергии. Электричеством трудно торговать на очень больших расстояниях из-за затрат и потерь, связанных с сетевым комплексом, а зеленое топливо, такое как биоэтанол или зеленый водород в форме аммиака, легче транспортировать. Ряд технологий энергоперехода, например электромобили, солнечные панели, накопительные батареи, очень удобны с точки зрения торговли и могут быть разработаны и произведены вдали от места потребления.

Если два года назад водородные технологии были просто модным трендом, при этом имелся и ряд ограничений, например по транспортировке водорода, то сейчас фокус переместился именно на чистые энергоносители и, соответственно, на зеленый водород. За это время появилась и дошла до стадии коммерческой готовности технология производства зеленого аммиака, что решает проблему транспортировки водорода, поскольку аммиак уже на протяжении столетия перевозится в танкерах и перекачивается через аммиакопроводы, это испытанная технология. По сути, это потенциально решает вопросы хранения и экономичной транспортировки энергии на большие расстояния. Можно предполагать, что через 5-10 лет начнется глобальная торговля зелеными энергоресурсами, что еще недавно никто всерьез не воспринимал. Сегодня, когда танкер с СПГ (сжиженным природным газом) выходит из одного порта, то неизвестно, в каком порту он окажется, потому что по дороге его могут перекупить — это приводит к глобальности данного рынка при значительных колебаниях цены. Аналогичный тренд можно предвидеть и для рынка зеленых энергоносителей.

Возобновляемые энергетические мощности успешно развивались в Европе, США, Китае, Индии, но сейчас можно наблюдать активное развитие проектов по производству зеленого водорода или заменяющего его аммиака в странах, которые раньше вообще не рассматривались как серьезные игроки в этой области возобновляемой энергетики. Это, например, страны Африки и Азии, которые уже подписали соглашения по строительству мощностей по зеленому водороду на сотни миллиардов долларов. Казахстан является первой страной постсоветского пространства, активно интегрированной в данную повестку с проектом стоимостью 40-50 млрд долларов, который будет производить до 2 млн тонн зеленого водорода в год и будет питаться от солнечных и ветромощностей (около 40 ГВт). Крупномасштабные проекты в разной степени готовности по производству и экспорту зеленого водорода есть в Австралии, Бразилии, Египте, Намибии, ЮАР, Омане, Саудовской Аравии и других странах.

В то же время Германия и Италия планируют построить трубопровод, адаптированный для поставок водорода из Северной Африки. Испания планирует стать первым экологически чистым водородным хабом в Европе и экспортировать миллионы тонн в год на остальную часть континента. Германия выделит около 50 млрд евро субсидий на программу Carbon Contracts for Difference, включая развитие технологий по применению водорода в промышленности.

При этом с развитием технологий концепция может несколько поменяться. Например, Германия ранее поставила импорт в основу своей водородной стратегии и не уделяла достаточного внимания производству

собственного зеленого водорода (ряд публикаций свидетельствует о том, что к 2030 году Германия будет удовлетворять 50–70% своего спроса на Н<sub>2</sub> за счет импорта, несмотря на удвоение цели по установке электролизеров до 10 ГВт к тому же году). В настоящее время Германия находится в процессе обновления своей национальной водородной стратегии, и последние исследования показывают: развитие технологий приводит к тому, что уже к 2030 году местный водород, произведенный на мощностях ВИЭ, может стать дешевле, чем поставляемый из-за границы. Это представляется очень важным прорывным трендом — переходом от транспортировки энергоресурсов (что энергозатратно и негативно влияет на углеродный след получаемой энергии) к местному производству энергии.

В настоящее время ключевые потребители ЕС, Азии и Америки сосредоточили свои усилия только на Н<sub>2</sub>, произведенном с использованием возобновляемых источников. Предыдущие попытки включить голубой (произведенный из природного газа) водород в новые определения Директивы по возобновляемым источникам энергии не увенчались успехом.

Достижение устойчивого развития человечества и смягчение глобальных климатических кризисов является более трудным и затратным с точки зрения финансовых и земельных ресурсов без значительного роста атомной энергетики. Многочисленные исследования показывают положительную взаимосвязь роли атомной энергетики, экономического роста, финансовой стабильности и состояния окружающей среды, в частности в странах БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и ЮАР). Эти страны, на долю которых приходится 42% населения мира и около четверти мирового валового внутреннего продукта, входят в первую десятку мировых потребителей энергии. При этом на долю стран БРИКС приходится около 40% мирового энергопотребления и порядка 45% глобальных выбросов СО<sub>2</sub>, что создает серьезные экологические проблемы. Страны БРИКС развивают альтернативные источники энергии для снижения экологических издержек и обеспечения безопасности энергоснабжения (в частности, на их долю приходится около 42% использования возобновляемых источников энергии и 16% общей мировой атомной генерации), увеличивают инвестиции в атомные энергетические технологии и, в частности Китай и Россия, развивают международное сотрудничество для увеличения мощностей атомной энергетики во всем мире.

Поскольку проекты в атомном секторе крайне капиталоемкие и длительные по времени, стоимость заимствования имеет критическое значение: проект, окупаемый в период низких ставок, может оказаться абсолютно нереализуемым при высоких ставках, очевидцами которых мы сейчас являемся.

Атомная энергия может сыграть более важную роль в усилиях по переходу к чистой энергетике, чем многие ожидали, наблюдая взрывной рост

возобновляемых источников. Но после предыдущего периода быстрого роста инвестиций в атомную энергетику во многих развитых странах произошло их значительное снижение, и в настоящее время атомная энергетика имеет долю всего около 9% от общего мирового производства энергии. Замедление роста было связано, в частности, с высокой капиталоемкостью проектов, длительными сроками получения разрешений, что дополнительно затягивало и увеличивало стоимость проектов. Анализ недавнего опыта проектов строительства атомных электростанций в США и Европе, проведенный МІТ (Массачусетским технологическим институтом), продемонстрировал неоднократные неудачи методов управления строительством с точки зрения их способности поставлять продукцию вовремя и в рамках бюджета. В связи с чем был определен ряд мер для улучшения ситуации, в том числе включение производителей и строителей в проектные группы на ранних стадиях процесса проектирования, совершенствование цепочки поставок и координации руководства субподрядчиками, создание гибкой нормативно-правовой базы.

Фундаментальной проблемой также является стоимость строительства. Другие технологии низкоуглеродной генерации в последние десятилетия стали дешевле, в то время как новые атомные станции стали значительно дороже в силу увеличения стоимости сырья и материалов, а в настоящее время на стоимость проектов может также значительно влиять стоимость кредитования, которая во многом определяется резким ростом учетной ставки в ряде стран. Эта тенденция подрывает потенциальный вклад атомной энергетики и увеличивает затраты на достижение задач декарбонизации. Одним из возможных решений является переход на серийные тиражируемые проекты, модульное производство серийных стандартизированных установок в заводских условиях.

#### На иллюстрации

Развитие водородных технологий потенциально решает вопросы хранения и эко--энват йонгимон портировки энергии на большие расстояния



Nº6 2023





Сергей Капитонов

Эксперт Проектного центра по энергопереходу «Сколтеха»

#### «Сегодня мы говорим о дереве возможных сценариев развития мировой энергетики»

— Сейчас большинство экспертов на фоне развития мощностей ВИЭ сходятся во мнении, что мировая энергосистема переживает четвертый энергетический переход (первые три были связаны с переходом на уголь, нефть и газ соответственно).

Но в нынешней ситуации пока не совсем верно говорить о глобальном энергопереходе: в разных странах и регионах этот процесс идет неравномерно. Если мы смотрим на европейский рынок, все довольно очевидно: Евросоюз сделал ставку на ВИЭ, там активно развивается ветровая и солнечная генерация. Но мы можем посмотреть на другие регионы и страны, например на Китай. Это мировой лидер по объему установленных мощностей возобновляемой энергетики, к тому же Китай — это большая фабрика солнечных панелей, которые он поставляет всему миру. Но, с другой стороны, в том же Китае угольные мощности составляют 1 ТВт, еще 100 ГВт — в процессе строительства, то есть для этой страны замена угольной энергетики на газовую будет тоже своего рода энергетическим переходом.

Так что говорить о том, что вектор развития мировой энергетики уже развернулся в сторону спектра ВИЭ, на мой взгляд, преждевременно. Если посмотреть глобальный энергобаланс, то доля солнца и ветра пока меньше 15%, а уголь — это примерно треть, газ — около 20%. То есть баланс производства электроэнергии до сих пор достаточно диверсифицированный. Да, чистые энергетические технологии стали дешевле, очень многие страны развивают солнечную и ветроэнергетику, прежде всего для декарбонизации экономики. Но говорить о том, что это глобальный подход, я бы не стал.

Если рассматривать сценарий Международного энергетического агентства по переходу к «чистым» (нетто) нулевым выбросам СО, то есть декарбонизации мировой экономики к середине века, то, на мой взгляд, это невозможно: чтобы это совершить, потребуется просто кардинальная перестройка всей глобальной энергетической системы. В таком случае уже сейчас нужно прекращать разработку новых месторождений нефти и газа, на горизонте 10 лет — останавливать всю угольную генерацию в мире. Но не следует забывать, что существует не только цель спасти климат планеты, есть и другие цели устойчивого развития ООН, такие как возможность доступа людей к электроэнергии. До сих пор. по данным ООН, более 700 млн человек не имеют такого доступа, в основном в развивающихся странах Азии и Африки. А наличие электрического освещения или возможность зарядить гаджеты — это настолько базовые потребности, что эти люди были бы счастливы, если бы им давала электроэнергию хотя бы угольная электростанция. Поэтому сейчас мы, скорее, говорим о дереве возможных сценариев, ряд из которых предусматривает в том числе сохранение позиций традиционной энергетики, хотя и в меньшем объеме.

Достижению параметров безуглеродного сценария МЭА к 2050 году препятствуют две ключевые проблемы: экономическая и технологическая. Чтобы выйти на заявленные показатели, как подсчитали сами аналитики агентства, необходимо с 2030 года ежегодно инвестировать в трансформацию мировой энергетики 4 трлн долларов. Где такие средства найти и какие страны это смогут себе позволить — это боль-

Главное условие энергоперехода заключается в том, что путь к чистой энергетике должен быть экономически оправданным: заставить бизнес инвестировать в проекты с непонятной экономической отдачей сложно. Поэтому, пока не произойдет кардинального удешевления существующих чистых энерготехнологий, для их активного внедрения по всему миру требуются меры государственной поддержки.

Приведу пример. В сфере традиционной энергетики, использующей ископаемое топливо, создаются решения по улавливанию СО2, то есть газовая электростанция может быть оснащена установкой мембранного типа, которая фильтрует поток исходящего газа и удаляет из него углекислый газ. В Великобритании, в Норвегии есть проекты по закачиванию углекислого газа после улавливания в подземные или подводные пласты истощенных месторождений углеводородов. Пока эти проекты финансируются государством на три четверти.

То же самое с водородом. Европа считает, что в соответствии с целями декарбонизации нужно использовать только зеленый водород, то есть произведенный методом электролиза из воды на мощностях возобновляемой энергетики. Пока это совершенно экономически невыгодная история, гораздо выгоднее продолжать использовать природный газ. Крупных проектов в области водородной энергетики по всему миру уже более 500. Например, с помощью водорода можно будет декарбонизировать те отрасли промышленности, которые невозможно перевести на использование возобновляемых источников, в том числе металлургию. Уже был опыт в Швеции, где произвели зеленую сталь с помощью водорода. Это пилотный проект, и на сегодняшний день он очень дорогой. Водород сможет стать столпом «новой энергетики», если существующие технологии будут значительно удешевлены и масштабированы.

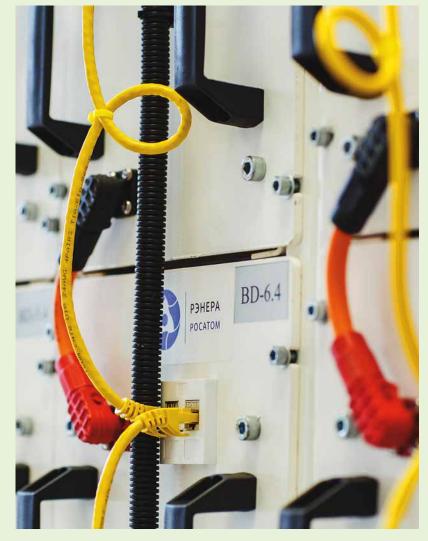
Тот факт, что строительство ветровых и солнечных электростанций действительно сейчас обходится не дорого, а стоимость выработанного на них киловатт-часа зачастую оказывается ниже, чем на газовых и даже на угольных станциях, во многих регионах также обусловлен государственными субсидиями.

И вторая проблема. Пока не просматривается никаких сценариев, которые говорили бы о том, что в ближайшие годы и даже десятилетия могут произойти какие-то революционные технологические изменения в энергетической сфере. Например, возьмем технологии накопления энергии. В Европе уже бывали случаи, когда цены на электроэнергию становились отрицательными. Дует хороший ветер, светит солнце, но избыток энергии некуда деть, потому что потребитель его не берет, а систем накопления и хранения энергии в промышленных масштабах пока нет. Необходимо создание компактных и сверхмощных накопителей, понимание того, как будет осуществляться их последующая утилизация, решение проблемы добычи редкоземельных металлов, которых не так много. Кроме того, чтобы все мощности ВИЭ хорошо работали в связке, нужны умные сети, позволяющие, например, домохозяйству с солнечной панелью на крыше продавать излишки энергии в сеть, то есть необходимо в том числе задействование таких маленьких кирпичиков, составляющих энергосистему.

Пока существующие технологии ВИЭ не способны поддерживать в энергетической системе необходимый баланс. В периоды с неблагоприятными погодными условиями ветровые и солнечные станции не могут покрывать даже базовую нагрузку. Соответственно, нужен какой-то бэкап, то есть поддерживающий носитель. Что им может быть? Реальных вариантов два — это газовая и атомная энергетика. Газовая энергетика способна быстро увеличить производство электроэнергии, а АЭС сверхнадежно обеспечивают базовую нагрузку.

Очень жаль, что некоторые государства ставят крест на планах развития атомной энергетики, как Германия, которая уже закрыла свои последние АЭС. Но обычно мы говорим, что развитие энергетической системы — это некая связка экономических и политических представлений, включающих, например, понятие энергобезопасности. На газовых рынках в последние годы случился идеальный шторм: в 2020-м из-за пандемии цены на газ просели до минимума, в 2022-м взлетели до исторических максимумов. Европа стала тратить совершенно непомерные суммы на импорт газа, и на этом фоне многие политики задумались о перспективах возврата к программам строительства АЭС.

Целый ряд развитых стран не собирается жертвовать атомной энергетикой, в том числе США и Япония, которая начала перезапускать свои АЭС. Кроме того, не стоит забывать, что существуют не только масштабные решения в виде крупных энергоблоков, но и проекты малых модульных реакторов (например, плавучая АЭС Росатома), к которым в мире существует интерес. Недавно была публикация про декарбонизацию добычи на нефтеносных песках в Канаде — это тяжелая нефть, которую нужно извлекать из пласта с применением горячего пара. Сейчас этот пар производится на электростанциях, работающих на ископаемом топливе, но как вариант рассматривается строительство атомных реакторов малой мощности, на которых будет производиться пар, и таким образом канадцы могут декарбонизировать свою нефтяную отрасль.

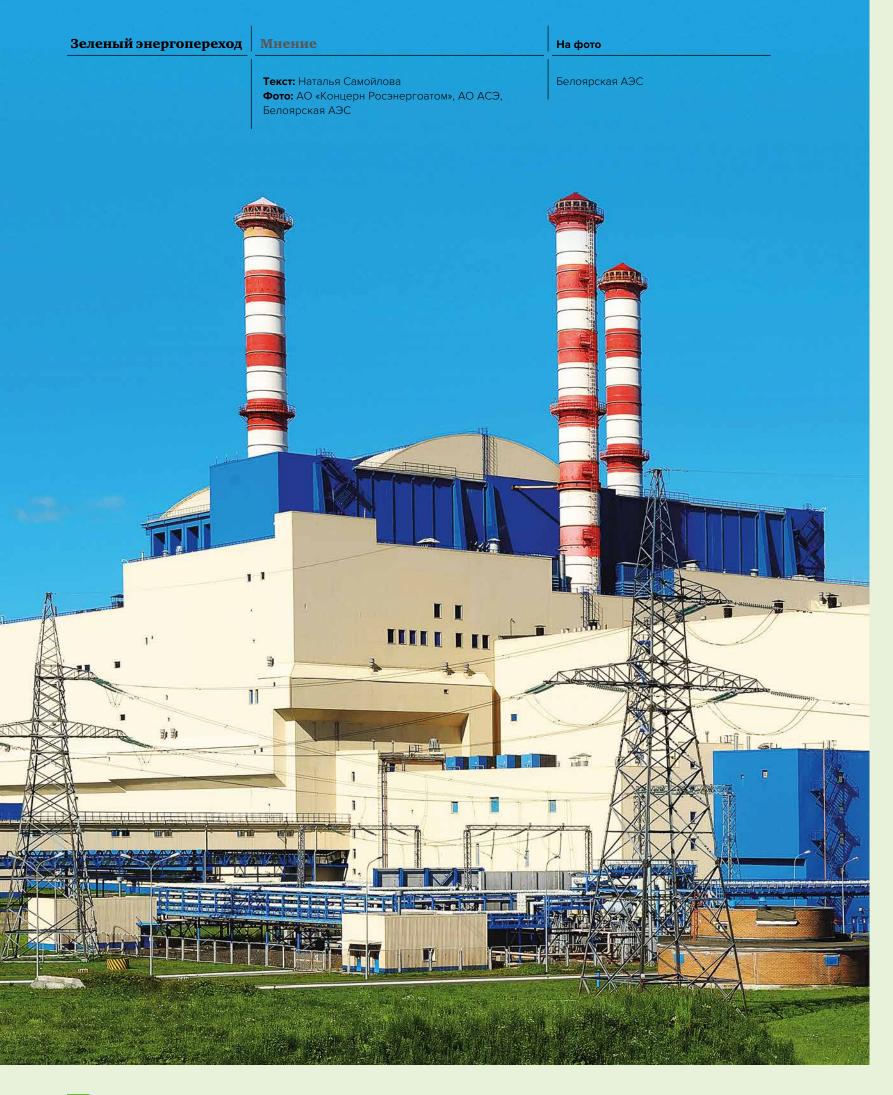


На мой взгляд, основное, что может помешать атомному ренессансу, — это политика. Чем меньше этот вопрос будет политизироваться, чем меньше будет кричащих заголовков в СМИ и чем больше мир будет заботиться о том, чтобы технологические решения были современными, чтобы атомная энергетика была безопасной и становилась доступной не только для богатых, но и для развивающихся стран, тем быстрее будут достигнуты климатические цели.

Если эти вопросы будут сбалансированы, то я верю в перспективы атомной энергетики. И не только я: например, Bloomberg New Energy Finance (BNEF) считает, что сценарии развития мировой энергетики могут быть очень разными. Согласно одному из них, к 2050 году доля возобновляемой энергетики будет подавляющей, но есть и сценарий, в котором рассматривается возможность того, что к середине века 56% электроэнергии в мире будет вырабатываться на АЭС. Звучит очень футуристически, но в любом случае сегодня понятно, что энергию атома не стоит списывать со счетов, и я верю, что при решении политических проблем атомная энергетика имеет все шансы занять достойное место в энергобалансе как надежный, экологически чистый и безопасный источник.

#### На фото

Для обеспечения надежного и устойчивого энергоснабжения необходимо развивать технологии промышленного накопления



# Содружество чистых энерготехнологий

Взгляд на то, какие ядерные технологии могут быть наиболее востребованы в будущем и какими путями может идти комплексное развитие атомной энергетики и ВИЭ

Заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского энергетического института Уральского федерального университета Сергей Щеклеин рассказывает «Вестнику атомпрома», какие источники энергии смогут обеспечить стабильное энергоснабжение в условиях растущего спроса, возможен ли новый атомный ренессанс и что для его приближения может предложить Россия.

времени ввести большие энергетические мощности сейчас можно только на таких концентрированных и таких проверенных, надежных источниках, какими являются атомные станции с реакторами с водой под давлением. С учетом тех экологических изменений, о которых сейчас много говорят, атомная энергетика также является одним из самых благоприятных источников энергии, с которым мало какие другие могут сравниться.

— Сергей Евгеньевич, какие основные изменения вы могли бы отметить в мировой энергетике за последнее десятилетие?

— Население нашей планеты перевалило за 8 млрд, при этом стандарты энергопотребления растут во всех странах, даже в самых отдаленных уголках мира. Человечество потребляет все больше энергии, а энергоресурсы распределены в мире неравномерно. Тенденции роста энергопотребления приводят к тому, что происходит своего рода состязание: с одной стороны, потребителей и государств, владеющих энергоресурсами, а с другой стороны, направлений энергетики между собой.

Сейчас очень бурно развиваются два направления: первое — связанное с использованием водорода, водородная энергетика, второе — с использованием возобновляемых источников. Темпы развития атомной энергетики несколько снизились, можно даже сказать, что в ряде стран Запада развитие остановилось. На то есть объективные причины: уровень энергопроизводства в этих странах уже очень высокий, он обеспечивает энергопотребление на том уровне, который для большинства других стран еще не достижим. А вот те регионы, в которых рост энергопотребления очень большой, — Азия, Латинская Америка, Африка — сейчас предпринимают гигантские усилия по наращиванию энергопроизводства. И самым быстрым способом достичь большой мощности является все-таки атомная энергетика. Поэтому такие страны, как, например, Бангладеш, где и солнца много, и гидроресурсы есть, все равно решают строить АЭС, потому что в течение короткого

#### Профиль



#### Сергей Щеклеин

Профессор, доктор технических наук, заслуженный энергетик России, заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского энергетического института УрФУ.

Автор 83 изобретений и 520 научных трудов. Возглавляемая им в течение 35 лет кафедра является признанным в стране центром подготовки специалистов для обеспечения развития новых энергетических технологий, научнотехнического обеспечения эксплуатации ядерных энергетических установок на быстрых нейтронах, выполнения особо сложных работ по ремонту и снятию АЭС с эксплуатации. При его участии подготовлено более 3000 специалистов для атомно-энергетического комплекса страны, многие из которых занимают руководящие должности на предприятиях отрасли. Является членом Ядерного общества России, членом Комитета по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского Союза научных и инженерных общественных организаций.

 $N^{o}6$  2023

- Если говорить об экологической повестке, считаете ли вы, что переход на чистые источники энергии действительно решит климатические проблемы?
- Я выскажу свое личное мнение. Я не считаю, что только энергетика, точнее использование ископаемого топлива, отвечает за происходящие климатические процессы. Нынешнее изменение климата — не первое глобальное потепление или похолодание на нашей планете, они происходили и в те периоды, когда никакой энергетики еще не было, кроме печного отопления. В природе уже накоплен гигантский объем диоксида углерода ( ${\rm CO_2}$ ) — в биосфере, атмосфере, литосфере, в водах океана, и это несоизмеримо с тем, что сейчас производит человечество. По самым консервативным оценкам, в природе накоплено более 40 000 гигатонн, при этом электроэнергетика за год выбрасывает примерно 10 гигатонн, а весь энергетический сектор — около 40 гигатонн. Разницу в масштабах чувствуете? Человеческая деятельность ответственна за доли процента. Но сложившаяся природная система, очевидно, имеет некую неустойчивость, которую мы еще недостаточно изучили. Мы не знаем, что может послужить спусковым крючком для того, чтобы природные запасы диоксида углерода начали выходить в атмосферу. Например, чуть-чуть нагревается, буквально на сотые доли градуса, вода мировых океанов, и растворенный в ней газ начинает выходить, это процесс термической деаэрации. Диоксида углерода там огромное количество, поэтому температура еще повышается из-за того, что вышедший газ дал дополнительный парниковый эффект. Если не предвидеть этого, мы можем раскачать экосистему.

Еще нужно сказать о том, что энергетика выбрасывает основной парниковый газ — диоксид углерода, его принимают за единицу по парниковому эффекту. Но, например, метан имеет коэффициент 21. Представьте себе вечную мерзлоту, как только она начинает чуть-чуть подогреваться, то разлагаются газогидраты и аккумулированные в них запасы метана начинают выходить, а это создает парниковый эффект в 21 раз больше, чем CO<sub>2</sub>.

Поэтому я не стал бы преувеличивать роль энергетики в климатических процессах, но тем не менее

«Регионы, в которых рост энергопотребления очень большой, сейчас предпринимают гигантские усилия по наращиванию энергопроизводства. А самым быстрым способом достичь большой мощности является все-таки атомная энергетика».

считаю, что следует руководствоваться консервативным подходом: если у нас есть технологии, которые позволяют производить энергию без выбросов СО,, то нужно их использовать, чтобы избегать любых лишних нагрузок на окружающую среду и не нарушать природный баланс.

- Солнечная и ветровая энергетика показывают в последние годы бурный рост, предполагается, что такие темпы будут сохраняться и дальше. Разделяете ли вы опасения по поводу того, что эти источники не смогут обеспечивать устойчивое энергоснабжение, так как не являются надежными?
- Я бы не назвал их ненадежными, это очень обильные, по сути, неисчерпаемые источники, к их развитию я отношусь положительно. Люди используют эту энергию веками, и сейчас ее можно и нужно использовать на новом технологическом уровне. Но есть объективные обстоятельства, их нельзя назвать недостатками, их просто надо учитывать. Энергия потребляется и в вечерние, и в ночные часы, когда солнца нет. Чем ближе к полюсам, тем продолжительнее зима с коротким световым днем. То есть существует объективное ограничение для такого, я бы сказал, патетического отношения к возобновляемым источникам энергии. Это очень хорошие источники, экологически чистые, но в силу естественных причин самостоятельно обеспечить требуемый объем энергопроизводства ни в одной стране мира они не могут,

Задача состоит в том, чтобы развивать все виды энергетики в балансе. Росатом в этом отношении занимает правильную позицию. Он является одним из лидеров по развитию ВИЭ в стране, активно строит ветропарки, но именно в параллели с атомной энергетикой и с другими источниками энергии. К развитию энергетики нужен трезвый подход, поэтому необходимо наличие гарантирующих источников. Такими сейчас являются атомные станции на тепловых нейтронах, станции на органическом топливе. Никуда от этого не деться, особенно в России с ее бесспорно суровым климатом и других странах с подобными условиями. Но разные источники можно комбинировать, комплексно используя их преимущества.

#### — Как именно это можно делать?

— Эта концепция очень простая. Суть ее заключается в следующем: мы потребляем энергию в суточном цикле неравномерно, днем возникает пик энергопотребления, ночью — спад. Поэтому и вводится двухтарифный учет, днем энергия дороже, ночью дешевле — как раз для того, чтобы стимулировать ночное потребление, чтобы этот пик выровнять. Солнечная энергетика может компенсировать дневной пик энергопотребления, и это не будет требовать от тепловых электростанций маневрирования, то есть повышения и понижения мощности в том масштабе, в котором это происходит сейчас. А маневрирование означает работу в переходных режимах, что может негативно сказываться на надежности оборудования. Поэтому

АЭС «Руппур». Бангладеш делает ставку на развитие атомной энергетики мощного и стабильного источника безуглеродной энергии



требуются дополнительные усилия инженеров, чтобы компенсировать лишние нагрузки на оборудование.

В маневрировании нет необходимости, если правильно спроектировать традиционную электростанцию с учетом использования возможностей природы. Такой пример в России есть: Орская (Сакмарская) солнечная электростанция установленной мощностью 40 МВт в Оренбургской области успешно работает совместно с ТЭЦ. Солнечная станция управляется из одного пункта с тепловой, они работают как единый организм. Когда солнца нет — генерация тепловая. Днем добавляется солнечная часть энергии и помогает покрывать дневной пик энергопотребления. Система эффективно работает около 10 лет, данные публикуются на официальных сайтах, ТЭЦ экономит 20% топлива в год, оборудование действует надежно. Я думаю, в атомной энергетике в нашей стране аналогичный этап тоже предстоит. То есть уже сейчас нужно думать о совместном, гибридном, комбинированном использовании всех возможных источников возобновляемой энергии в комплексе с атомными станциями.

#### — Считаете ли вы перспективным направлением биоэнергетику?

— Да, по моему мнению, биоэнергетика — это очень эффективный метод получения энергии из аккумулированной энергии солнца. Ведь что такое биомасса? Это та энергия солнечных фотонов, которая

в результате фотосинтеза накоплена в растениях. Почему использование биомассы в качестве топлива считается экологически чистым? Потому что выделяется столько же СО<sub>2</sub>, сколько поглощается при росте растений. Я считаю, что у биоэнергетики очень большое будущее. Если биомассу перерабатывать с помощью современных технологий, то можно получать хороший энергетический эффект. Например, в процессе низкотемпературного пиролиза биомасса разлагается, и в результате получается жидкость, газ и твердый коксовый остаток. Биогаз используется как обычное газовое топливо, пиролизную жидкость можно довести до уровня моторного топлива, причем все эти виды вторично произведенных топливных ресурсов по сути являются экологически чистыми, так как они произведены из природных биомасс. Разработкой таких технологий, в том числе пиролиза, очень активно занимается Объединенный институт высоких температур РАН.

Еще одно очень интересное направление — возможность получения метанола при помощи ядерных реакторов. Метанол — это спирт, технологии его получения хорошо известны, но параметры, которые позволяет обеспечить современный ядерный реактор, во всяком случае реактор на быстрых нейтронах, уже дают возможность получать метанол в результате переработки биомассы (и других ее производных, например каменного угля, который тоже является производной от биомасс прошлых эпох). Метанол достаточно просто можно преобразовать в водород,

так же как и аммиак. А водород — это уже направление электрохимической энергетики, использование топливных элементов. Тоже достаточно перспективное направление, у нас в Екатеринбурге над этим работают в Институте высокотемпературной электрохимии УрО РАН, уже достигнуты определенные успехи.

То есть атомная энергия и здесь может быть крайне полезной. С одной стороны, на высокотемпературных реакторах можно будет осуществлять процессы пиролиза, получение пиролизной жидкости. С другой стороны, атомные станции сбрасывают в окружающее пространство огромное количество низкопотенциальной тепловой энергии через конденсаторы паровых турбин. Этого тепла достаточно для получения биогаза — процесс анаэробного сбраживания биомассы происходит как раз при температуре от 30 до 40 °C (не больше, иначе бактерии погибнут). Вода примерно такой температуры выходит после конденсаторов паровых турбин АЭС, и этот потенциал тоже можно использовать. Я думаю, что время для этого

#### — Как вы думаете, возможен ли новый атомный ренессанс в ближайшие годы?

— Я думаю, что он будет набирать обороты именно в тех странах, о которых я говорил выше, — Китае, Индии, других государствах БРИКС. И я думаю, что атомный ренессанс будет связан с новыми ядерными технологиями, новыми типами ядерных реакторов, такими как реакторы на быстрых нейтронах, реакторы малой мощности, реакторы, которые могут работать на ториевом топливе. Запасы урана в мире ограничены — не более 5 млн тонн разведанных

запасов по всему миру. Тория примерно в три раза больше, поэтому ториевое направление сейчас в мире разрабатывается, в том же Китае сейчас запускают экспериментальный жидкосолевой реактор.

Россия остается лидером по многим направлениям атомной энергетики, такое уникальное направление, как реакторы на быстрых нейтронах, в СССР, а теперь в России успешно освоено, есть уже и первый реактор, работающий на уранплутониевой загрузке,— БН-800 на Белоярской АЭС, который демонстрирует хорошие показатели. Это путь к замыканию ядерного топливного цикла, главная цель которого — расширение ресурсной базы атомной энергетики, вовлечение в топливную цепочку урана-238, неделящегося изотопа. Реакция бридинга, которую можно осуществлять на реакторах на быстрых нейтронах, это сделать

По этому направлению Россия занимает в мире не просто лидирующие, а я бы даже сказал, менторские позиции. Например, китайскими коллегами тоже сооружен реактор на быстрых нейтронах, но топливо для него поставила Россия, а использованные проектные решения основаны на российском

Новый проект, который предполагается к реализации у нас на Урале, на Белоярской площадке, реактор БН-1200, — это уже шаг к полномасштабному замыканию топливной цепочки: создание коммерческой структуры двухкомпонентной ядерной энергетики, где будут действовать реакторы на тепловых нейтронах, технологии которых уже отработаны, можно сказать, идеально (например, ВВЭР-ТОИ — это один

#### На фото

БН-800. Реакторы на быстрых нейтронах открывают путь к замыканию ядерного топливного цикла, цель которого — расширение ресурсной базы атомной энергетики



из лучших в мире проектов), и плюс будет идти наработка топлива с использованием реакторов на быстрых нейтронах. Пока на реакторах БН, потом будем наблюдать, что получится по БРЕСТу — свинцовому реактору, который сейчас строится в Северске. Я думаю, что направление быстрых реакторов заслуживает особого внимания. Его надо обязательно развивать, продвигать, это самый короткий путь повышения устойчивости атомной энергетики в целом.

#### — Но пока реакторы на быстрых нейтронах менее выгодны с экономической точки зрения?

— Вы знаете, это вопрос дискуссионный, это зависит от того, как оценивать экономичность. Если оценивать по уровню начальных капитальных вложений в сооружение, то да, это более дорогие установки, чем реакторы на тепловых нейтронах. Но можно ведь и по-другому оценивать, допустим, по коэффициенту полезного действия. КПД у современных ВВЭР на уровне 35%, а у реакторов типа БН — более 40%.

Объем активной зоны, количество топлива на реакторах БН меньше в 10 раз, чем у ВВЭР, что это значит? Меньше проблем с хранением отработавшего топлива, причем в его составе после реакторов типа БН меньше долгоживущих изотопов. На БН в год образуется максимум 20 кубометров всех видов отходов — и твердых, и жидких. Меньше радиационная нагрузка на персонал, на окружающую среду, то есть это более чистая реакторная установка. Это же не учитывается в стоимости, то есть современная методология не предусматривает учета этих факторов, а они очень важны. Да, это пока дороже, да, натрий — это металл, который взаимодействует с водой и даже с воздухом, поэтому нужны специальные технологии, барьеры безопасности, и все они используются. Ведь у нас БН-600 больше 40 лет работает, и работает надежно, устойчиво, с высоким коэффициентом использования установленной мощности — свыше 80% времени в год этот блок выдает свою мощность. БН-800 начал работать примерно с такими же показателями.

А проект БН-1200 по расчетным характеристикам уже соответствует проекту современных реакторов ВВЭР, величина удельных капитальных затрат в этом проекте уже вплотную приблизилась к уровню сопоставимого по мощности блока с реактором с водой под давлением. Многие из дополнительных систем безопасности, без которых на ВВЭР не обойтись, на БН просто не требуются: давление в первом контуре практически атмосферное, нет там и потенциала энергии, которая может привести к нарушению герметичности. Так что это очень интересная и важная технология, которая будет востребована в будущем.

И у нас есть еще одно незаслуженно, на мой взгляд, забытое направление. Это свинцово-висмутовые быстрые реакторы (СВБР), которые позволяют температуру плавления теплоносителя сделать существенно более низкой по сравнению со свинцом. При этом сохраняются как все достоинства свинцового

«Направление быстрых реакторов заслуживает особого внимания. Его надо обязательно развивать, продвигать, это очень интересная и важная технология и самый короткий путь повышения устойчивости атомной энергетики в целом».

теплоносителя — отсутствие взаимодействия с водой, с парами воды, с кислородом, так и достоинства натриевого теплоносителя — высокая теплоотдача, высокая теплоемкость, высокие температуры кипения металла. Направление СВБР тоже надо бережно сохранять для будущего и развивать.

#### — Каков ваш прогноз по развитию термоядерной

 В исследовательском центре в Швейцарии, в Лозанне, я своими глазами видел, в каком темпе, с каким энтузиазмом проводятся исследования по созданию технологии управляемого термоядерного синтеза. Деньги вкладываются очень большие, результаты получаются хорошие, люди работают с надеждой на успех. В мире ведутся разные исследования — это и разогрев плазмы пучками ионов, и целый ряд других способов повышения температуры плазмы, плотности плазмы для получения управляемой реакции. Есть сообщения, что американцы уже зафиксировали акты синтеза в лазерном термояде. В нашей стране отрабатываются очень интересные альтернативные решения, например в Новосибирске — с применением ловушек будкеровского типа, еще целый ряд исследований ведется в России и других странах. Мне кажется, что я еще успею при своей жизни увидеть экспериментальный действующий термоядерный реактор. А если он появится, то до энергетического уже рукой подать.

Будущую роль термоядерных реакторов я могу сравнить с ролью возобновляемой энергетики: не надо требовать от термояда того, что он не сможет быстро дать. Может быть осуществлена гибридная схема, то есть наработка плутония-239 из урана-238, которого пока еще много. А плутоний — это пища для реакторов на быстрых нейтронах и реакторов на тепловых нейтронах для производства электрической энергии, тепловой энергии. То есть термоядерный реактор, если он будет создан, естественным образом впишется в структуру современной атомной энергетики. Появится просто дополнительный элемент, который позволит получать топливо, причем в очень значительных масштабах. Вот так оптимистично я к этому отношусь. Сложная, серьезная задача, но уже близка

Nº6 2023

Текст: Сергей Петровский (по материалам МЭА) Фото: AO «ТВЭЛ», Unsplash, фотобанк «Фотодженика»

# Энергия изменений

Как энергопереход меняет экономику, промышленность, технологии и образ жизни



в чистую энергетику к 2030 году

(согласно сценарию Международного энергетического агентства по достижению «нетто-нулевых» выбросов к 2050 году — NZE). В соответствии с наиболее консервативным сценарием, инвестиции в эту сферу за тот же период превысят \$2 трлн. В настоящее время на каждый \$1, который тратится во всем мире на углеводородное сырье, приходится \$1,5, затраченных на технологии чистой энергии. К 2030 году, согласно сценарию NZE, на каждый \$1, потраченный на инвестиции в секторе углеводородов, \$5 будет потрачено на обеспечение поставок чистого топлива и еще \$4 — на повышение эффективности производства энергии и ее использования конечными потребителями.

# 2-й по величине вклад

(после электромобилей) в общий рост глобального спроса на электроэнергию в ближайшие десятилетия будет вносить спрос на системы конлиционирования и охлаждения воздуха. Согласно сценарию МЭА, опирающемуся на действующие в настоящее время экономические параметры, потребность в системах кондиционирования и охлаждения воздуха к 2050 году создаст в мире дополнительный спрос на 2800 ТВт-ч электроэнергии, что эквивалентно сегодняшнему спросу всего Евросоюза. Этот прирост можно сократить наполовину, если вводить более жесткие строительные нормы (в частности, требования к термоизоляции зданий) и стандарты эффективности потребления энергии.

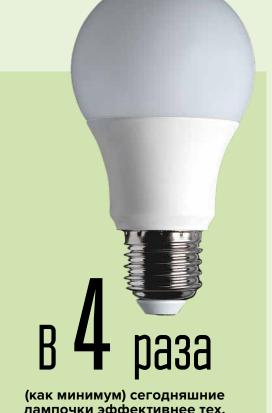
# Каждый 2-й автомобиль,

проданный в Евросоюзе, Китае и США, к 2030 году будет электрическим, если эти страны выполнят свои обязательства по защите окружающей среды. Инвестиции в чистую электроэнергию и электрификацию, а также в расширение и молернизацию электросетей открывают экономически выгодные возможности для более быстрого сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу при одновременном снижении цен на электроэнергию с их



нынешних максимумов.

превысят рост, предусмотренный в сценарии достижения «нетто-нулевых» выбросов к 2050 году, производственные мощности солнечной энергетики (если все объявленные на сегодняшний день планы развития будут выполнены) Произволство и сбыт товаров для некоторых ключевых технологий энергоперехода, включая аккумуляторы, солнечные батареи и электролизеры, расширяются такими темпами, которые свидетельствуют в пользу реализации самых оптимистичных планов развития чистой энергетики во всем мире. Если сегодняшние темпы роста использования солнечной и ветровой энергии и эксплуатации электромобилей и аккумуляторов будут поддерживаться, это приведет к гораздо более быстрой трансформации, чем прогнозируется сегодня, хотя для этого нужна государственная поддержка процесса не только на ведущих рынках таких технологий, но и во всем мире.



лампочки эффективнее тех, что продавались два десятилетия назад

Высокие цены на энергоносители полчеркивают преимущества от повышения энергоэффективности, это побуждает бизнес и людей к изменению используемых технологий и поведенческой модели с целью сокращения потребления энергии.

# Более 30 млн тонн

достигнет к 2030 году мировое производство водорода с низким уровнем вредных выбросов в атмосферу

(согласно сценарию, опирающемуся на учет принятых государствами обязательств). Это эквивалентно более чем 100 млрд м<sup>3</sup> природного газа. Опасения по поводу цен на топливо, энергетической безопасности и выбросов СО, в атмосферу улучшают перспективы использования многих видов чистого топлива. Прогнозируется, что в ближайшие годы резко возрастут инвестиции в производство не только водорода, но и других газов с низким уровнем вредных выбросов в атмосферу. Проекты по улавливанию, утилизации и хранению углерода также стали развиваться быстрее, чем это было раньше, благодаря большей политической поддержке, направленной на содействие декарбонизации промышленности, на расширение производства топлива, содержащего незначительное количество примесей или обеспечивающего низкий уровень вредных выбросов в атмосферу, и развитию проектов по прямому улавливанию воздуха, при котором происходит



# Более чем в 2 раза

вырастет спрос на важнейшие виды минерального сырья для экологически чистых технологий в энергетике к 2030 году по сравнению с нынешним

Наибольший рост в абсолютном выражении ожидается на рынке меди, однако другие критически важные сырьевые товары демонстрируют гораздо более высокие темпы роста спроса, особенно это касается кремния для солнечных фотоэлектрических систем, редкоземельных элементов для двигателей ветротурбин и лития для аккумуляторов. Чтобы избежать появления новых уязвимостей, возникающих из-за высоких и неустойчивых цен на критически важные виды сырья минерального происхождения, необходимо непрерывное совершенствование технологий и переработка вторичного сырья.

# млн человек

работают сегодня в отраслях, связанных с производством и реализацией чистой энергии, при этом занятость в этой сфере во всем мире уже превышает занятость в секторе добычи углеводородов. Предполагается, что если все принятые государствами климатические обязательства будут выполняться, то к 2030 году количество рабочих мест в сфере чистой энергетики превысит 55 млн.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: Ловозерский ГОК, газета «Страна Росатом» / Ирина Дорохова, wikipedia.org

### С новым ГОКом

Рассказываем о прошлом, настоящем и будущем освоения Ловозерского щелочного массива



У Ловозерского ГОКа, который перешел в собственность Росатома в мае этого года, длинная и интересная история. Предприятие заработало в сентябре 1951-го. Но для того чтобы оно появилось, потребовалось более 50 лет, вместивших в себя геологические изыскания и создание опытного производства, которые также заслуживают внимания.

#### Начало

Первые экспедиции по геологическому изучению Ловозерских тундр были организованы еще в конце XIX века. Этот период называют «эпохой

Рамзая»— по имени Вильгельма Рамзая, геолога из Гельсингфорсского (Хельсинского) университета.

В 1887 году Общество исследователей финской фауны и флоры в Гельсингфорсе при материальной поддержке Императорского Александровского университета и нескольких частных спонсоров снарядило экспедицию, которой нужно было пройти Кольский полуостров от города Колы (сейчас — часть Мурманска) на севере до села Поной на востоке. Экспедиция была мультидисциплинарной, в ее задачи входило изучение границы между лесом и тундрой и топографии, а также астрономические, геологические и зоологические наблюления.

Отряд, куда входил и Вильгельм Рамзай, пешком и на лодках двинулся из Колы вглубь полуострова

и 24 июля 1887 года прибыл в Ловозерский погост (сейчас — село Ловозеро). Этот день принято считать датой открытия Ловозерского горного массива (по-саамски он называется Луяврурт). До середины августа Рамзай, совершая маршруты по всему Ловозерскому массиву, собрал коллекции и материалы, ставшие базой для последующих публикаций по геологии, минералогии и петрологии массива. В 1890 году в журнале Fennia вышла большая статья Вильгельма Рамзая «Геологические наблюдения на Кольском полуострове» с приложением «Петрографическое описание горных пород Луяврурта». В ней исследователь охарактеризовал Ловозерский массив и соседние Хибины как единую, крупнейшую в мире нефелин-сиенитовую область, дал схему геологического строения массива. Особое внимание Вильгельм Рамзай уделил горным породам и минералам, описав в том числе пять ранее неизвестных. Четыре из них впоследствии обнаружили снова и дали им имена (лопарит, дважды описанный мурманит, лампрофиллит). Какой минерал описан под № 5, до сих пор неизвестно.

В 1891–1892 годах ученый с коллегами исследовал Хибины, а в 1892 году организовал еще одну экспедицию в Ловозерские тундры. Результатом стали статьи и монография «Область развития нефелиновых сиенитов на Кольском полуострове», опубликованная в двух частях в 1894 и 1897 годах. Позднее ее высоко оценил академик Александр Ферсман, назвав классическим геолого-петрологическим трудом. В 1898–1899 годах Вильгельм Рамзай обобщает данные о Кольском полуострове в нескольких публикациях, и на этом «эпоха Рамзая» в изучении Ловозерского массива завершается.

#### Исследования Ферсмана

Следующий этап изучения геологии Кольского полуострова и, в частности, Ловозерских тундр связан с именем академика Александра Ферсмана. Комиссия, в которую тогда входил ученый, должна была решить, есть ли прагматичный смысл поддерживать железную дорогу от Петрограда до Мурманска. 20 мая 2020 года поезд, в котором ехал Александр Ферсман, совершил остановку на станции Имандра. Там, поднявшись на ближайшую гору Маннепахк, Ферсман обнаружил множество незнакомых минералов и, заинтересовавшись, решил продолжить изучение района.

Первую экспедицию профинансировал Народный комиссариат путей сообщения, ведавший железными дорогами. Ведомство, чтобы сохранить линию до Мурманска, было заинтересовано в любой хозяйственной деятельности, где была бы задействована дорога. Задачами экспедиций было полное географическое и геохимическое изучение Хибин и Ловозерских тундр общей площадью 1600 км² с выявлением

основных орографических элементов и геоморфологических особенностей.

Экспедиции продолжались до 1923 года, но в 1920—1921 годах — только в Хибинах. Лишь в 1922 году, фактически на два рабочих дня, Ферсман выбрался и в Ловозерские тундры. «Наконец, мы достигли знаменитых пегматитовых жил Тавайока, о которых писал еще Рамзай. Новая, незнакомая картина прекраснейших минералов представилась нам. И хотя уже темнело и холодные тучи наползали с юга, мы не могли оторваться от сбора прекрасных кристаллов различных минералов: то это был незнакомый нам огненный эвколит, то черные иглы эгирина, то блестящие кристаллики почти неизвестного еще нептунита», — вспоминал Александр Ферсман. Основные работы в Ловозерском массиве прошли летом 1923 года.

Во время экспедиций 1920–1924 годов в поле проводили около полутора месяцев (в период с июля до середины сентября), общая протяженность маршрутов составила 2,4 тыс. км, вес собранного материала — около 250 пудов (4 тонны), объем затрат — около 11 тыс. руб.

Отчет о работе в Ловозерских тундрах вошел в сборник статей, опубликованный в 1923 году, затем — в коллективную монографию «Хибинские и Ловозерские тундры» 1925 года. Участники экспедиций Ферсмана исправили и дополнили карту Рамзая, осмотрели несколько горных массивов, обнаружили значительное распространение пегматитовых жил.

В 1924—1926 годах экспедиции в Ловозерские тундры возглавила Нина Гуткова. За три года под ее

На фото

Лопаритсодержащая руда



 $N^{\varrho}6$  2023

руководством были исследованы западные, северозападные, частично северные и восточные склоны массива. Результаты изучения вышли во втором томе «Хибинских и Ловозерских тундр» в 1928 году, а в 1937 году — в монографии «Минералы Хибинских и Ловозерских тундр», которая долгое время была главной настольной книгой геологов, исследовавших щелочные комплексы Кольского полуострова.

После того как в 1926 году были обнаружены хибинские промышленные месторождения апатита, все

#### Судьба первого директора

Лев Евгеньевич Эгель родился 15 августа 1913 года в Дружковке Екатеринославской губернии. Учился в школе в Санкт-Петербурге, в 1935 году окончил Ленинградский горный институт. Работал в Аллуайвской и Вавнбедской геологических партиях. В 1938 году был снят с должности и арестован за «контакт с зарубежными гражданами». Его обвиняли в том, что он принял на работу бригаду финских взрывников — коммунистов из армии Антикайнена, которые эмигрировали из Финляндии в Канаду, а оттуда из-за безработицы 1930-х годов в Советский Союз. В 1939 году его освободили и назначили директором «Аллуайвстроя». В этой должности встретил войну. После эвакуации предприятия ушел на фронт добровольцем, воевал на Ленинградском и 1-м Украинском фронтах, был заместителем командира технической роты 358-го зенитно-артиллерийского полка 8-го механизированного корпуса 1-й танковой армии. 1 ноября 1942 года был тяжело ранен и контужен. Перенес восемь операций, вернулся в строй, воевал на Курской дуге. Последнее известное звание инженер-капитан.

После войны нарком цветной металлургии
Петр Ломако предложил Льву Эгелю вернуться
на прежнее место работы, чтобы восстановить
комбинат, но тот отказался по состоянию здоровья. В 1955 году руководил группой советских
специалистов при Кашгарском рудоуправлении,
курировал горные работы на руднике «Сарыташ». Много лет проработал в Синьцзяне.
В 1966 году защитил кандидатскую диссертацию
«Промышленно-генетическая классификация
месторождений редкоземельных металлов и главнейшие принципы их изучения и оценки на различных стадиях геологоразведочных работ».

В рамках Совета экономической взаимопомощи участвовал в проведении комплексных геологических работ в странах Восточной Европы. внимание, в том числе Александра Ферсмана, досталось Хибинам, геологоразведка Ловозерского массива на несколько лет практически прекратилась.

#### Системное изучение

Во второй половине 1920-х годов провели первые опыты по добыче и обогащению ловозерского эвдиалита — цирконийсодержащего минерала. Методы флотации и магнитной сепарации дали извлечение 95–96%, поэтому эвдиалит стали рассматривать как потенциальный источник циркония. Цирконий с начала XX века стали применять в черной металлургии для изготовления огнеупоров и для улучшения прочностных свойств сталей. Других циркониевых месторождений в России на тот момент еще не обнаружили, поэтому в 1930 году в Ловозерских тундрах начались геологоразведочные работы по эвдиалиту.

Экспедиции по поиску эвдиалита организовывались в течение пяти лет. Постепенно они расширялись — к 1934 году в Ловозерских тундрах работали уже три организации. А в июле 1934 года отряд Академии наук, который возглавляла Ольга Воробьева, на горе Нинчурт нашел лопарит.

В отличие от эвдиалита, в ловозерском лопарите нет циркония, зато в нем обнаружились высокие содержания редкоземельных элементов легкой подгруппы, экономически интересная примесь тантала, а главное — ниобий.

Ниобий в промышленности, как и цирконий, также стали использовать с начала XX века. Ниобий уменьшает размер зерна в сталях во время горячей прокатки, благодаря чему ее структура становится более гомогенной. Как следствие, увеличивается прочность и улучшается ударная вязкость (способность материала поглощать энергию под действием ударной нагрузки) сталей. Кроме того, благодаря ниобию улучшаются их сварные свойства.

В 1935–1937 годах идут масштабные поиски, в Ловозерских тундрах работают до 300 человек (для сравнения, во второй половине 1920-х годов одна из экспедиций состояла из двух человек, другая — из пяти). В 1936 и 1937 годах были открыты богатые месторождения лопарита на горах Аллуайв, Нинчурт, Карнасурт и Кедыкверпахк. На Аллуайве в 1937 году были заложены три штольни на расстоянии 100 м друг от друга. Они и положили начало первому в тех местах руднику.

На следующий год геологоразведку сворачивают почти на всем Ловозерском массиве. Исключением была только Аллуайвская партия, перед ней стояла задача детальной разведки, кроме того, она же начала строить рабочий поселок и новую дорогу. В 1938 году на Аллуайве построили четыре барака, домик, конюшню. На лошадях возили грузы и руду. На следующий год по приказу наркома цветной металлургии СССР было создано строительное управление «Аллуайвстрой». Оно должно было построить

горно-обогатительный комбинат и полноценный жилой поселок. Возглавил «Аллуайвстрой» Лев Эгель.

Зимой 1939 года Лев Эгель начал строить рудник и опытную обогатительную фабрику на ручье Раслак, параллельно устраивая быт прибывающих сотрудников. Первое время проходку и откатку на руднике вели вручную, стройматериалы и продовольствие возили тракторными санямиволокушами, люди жили в палатках. На следующий год для рабочих рудника были построены шесть домов, руду на фабрику стали перевозить на машине. Сотрудники фабрики жили в поселке Ильма. Рудник и фабрика стали первым в Ловозерском районе круглогодично (хотя и с выраженной сезонностью) работающим предприятием.

В августе 1940 года фабрика производительностью 25 тонн руды в сутки заработала, и в январе 1941 года «Аллуайвстрой» отгрузил первую партию концентрата. Стало понятно, что для полноценной отработки ловозерских лопаритовых месторождений необходимо создавать более масштабное производство. Лев Эгель подготовил обоснование строительства комбината, и 21 апреля Сталин подписал Постановление Совнаркома № 1081–447сс о начале строительства Аллуайвского ниобиевого комбината проектной мощностью рудника — 360 тыс. тонн руды в год, фабрики — 1000 тонн руды в сутки и металлургического завода — 3000 тонн 20-процентного феррониобия в год. Также предписывалось построить линию электропередачи от «Колэнерго» до «Аллуайвстроя» длиной 70 км и мощностью 8,5 МВт. К июню 1941 года на стройке работало около 20 тыс. человек.

В первые же дни войны началась эвакуация людей, оборудования, концентрата, геологических фондов и документации. По воспоминаниям Льва Эгеля,

После окончания Великой отечественной войны горы Ловозерских тундр начали исследовать на радиоактивность. Искали ториевые месторождения: тогда, во второй половине 1940-х годов, не исключали возможность построения атомной отрасли на базе не урана, а тория.

архивы не сохранились, так как эшелон с ними возле Кандалакши попал под бомбежку. Людей удалось спасти и вывезти через Архангельск.

#### В промышленных масштабах

После войны встал вопрос о восстановлении предприятия. Убедить в этом Министерство цветной металлургии удалось главному инженеру «Союзредметразведки» Михаилу Проснякову. Министерство выделило деньги, и в 1946—1947 годах Ловозерская геологоразведочная экспедиция развернулась и стала круглогодичной, возобновилась добыча руды из Аллуайва и обогащение на опытной фабрике. Но тогда же стало понятно, что руды Карнасурта богаче и доступнее аллуайвских, поэтому добычу на Аллуайве прекратили, а на Карнасурте начали строить карьер и полномасштабную обогатительную фабрику.

После войны горы Ловозерских тундр начали исследовать на радиоактивность. Искали ториевые месторождения: тогда, во второй половине 1940-х годов,

На фото

Бурение в лаве и откатка горной породы





 $N^{\circ}6 = 2023$ 

На фото

Лопаритовый

концентрат, го-

товый к отгрузке

на Соликамский

магниевый завод

не исключали возможность построения атомной отрасли на базе не урана, а тория. Однако выяснилось, что ни один из обследованных Луявруртской геологической партией объектов не интересен для разведки на радиоактивные элементы. К 1950 году все геологоразведочные партии Ловозерской экспедиции, кроме Карнасуртской, были ликвидированы.

Созданием комбината на базе Карнасурта руководил Владимир Игошин. Несмотря на сложности со снабжением и недостатки проекта, он сумел построить предприятие всего за три года. Помогали знания и накопленный опыт: Владимир Игошин, выпускник Ленинградского горного института, во время войны руководил строительством Хайдарканского ртутного комбината в Киргизии. В сентябре 1951 года Ловозерский ГОК был принят в эксплуатацию. Поначалу производственная мощность фабрики составляла всего 50 кг лопаритового концентрата за смену.

Параллельно встал вопрос, где расположить рабочий поселок. Один вариант — на старом месте, возле рудника и фабрики, где дули мощные ветра и между поселком и промплощадкой был натянут канат, держась за который можно было дойти от дома до работы и обратно и не заблудиться, не упасть. Метели были такие, что шаг в сторону — и человека уже не было видно, и держаться за канат приходилось с такой силой, что рукавицы протирались. Поэтому победил второй вариант — строить жилье в лесу, где было лучше женщинам и детям. Так возник поселок Ревда, свое название (от саамского «рефт» — ревущий во время гона олень-самец) он получил в 1950 году.

1950–1980-е годы — время интенсивного развития. В 1956 году предприятие выходит на полную мощталлов, который выпускал металлы (натрий, калий,

ность. Через два года начал работу цех щелочных мерубидий и цезий) и соли редких металлов. Во второй



половине 1950-х годов возобновляется геологоразведка, чтобы пополнить сырьевую базу предприятия. Главным достижением ее стало открытие в конце 1957 года месторождения Умбозеро. На его базе в 1967 году началось строительство Умбозерской промплощадки, а фактически — самостоятельного предприятия с рудником, фабрикой, хвостохранилищем и вспомогательными объектами. Параллельно несколько групп геологов из различных организаций вели детальное исследование геологического строения, генезиса и минералов Ловозерского щелочного массива, благодаря которым сформировалось целостное представление о его геологии, петрологии и геохимии. Изучение лопаритовых россыпей в конце 1950-х — начале 1970-х привело к открытию в 1966 году Ревдинского россыпного месторождения.

В 1974 году заработал участок на горе Кедыкверпахк. В 1983 году была введена в эксплуатацию Умбозерская промплощадка. Наличие рудного тела мощностью 2,5 м позволило создать крупное предприятие: выработки там были приспособлены для автотранспорта, а руду на фабрику подавали на конвейере. Для сравнения — выработки на Карнасурте не превышали 120 см, поэтому работать там приходилось лежа и полулежа с ручной техникой — иная просто не прошла бы в выработку. Часть запасов в начале 1990-х отрабатывали карьерами: на Умбозере — двумя, на Карнасурте — одним.

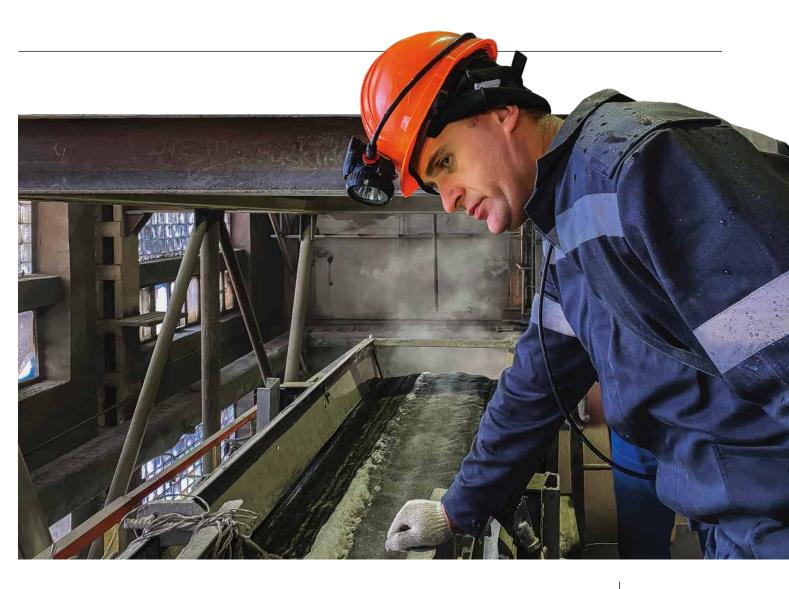
#### После СССР

Развал страны не мог не коснуться предприятия. В начале 1994 года оба рудника были остановлены, затем в течение пяти лет работали неритмично, то останавливаясь, то возобновляя производство. В 2005 году комбинат разделился на два предприятия. В Ловозерский горно-обогатительный комбинат перешли мощности на Карнасурте, Ловозерской горнообогатительной компании досталась Умбозерская промплощадка. Спустя четыре года там произошла авария, и рудник затопило. Из-за отсутствия сырья остановилась фабрика, предприятие обанкротилось, многие работники уехали.

Ловозерский ГОК продолжил работу и перешел под контроль нескольких физлиц. Конфликт акционеров, продолжавшийся несколько лет, и выявленные нарушения в передаче прав собственности привели к возвращению предприятия в госсобственность.

#### Новая история

В конце мая этого года по распоряжению правительства новым полноценным собственником комбината стал Росатом. Новый гендиректор компании Владимир Федяков, имеющий опыт антикризисного управления, намерен в первую очередь навести порядок на предприятии и увеличить объемы производства до 8 тыс. тонн в год. Первые успехи уже есть — в июне впервые с начала года удалось отгрузить покупателю, Соликамскому магниевому заводу, девять вагонов. Следующий этап — поддерживать такой уровень



производства, а в конце этого года даже поднять его до десяти вагонов. «Так мы сможем выполнить свои обязательства. Получим больше выручки. И Соликамский магниевый завод при отгрузке 8 тыс. тонн концентрата получит хорошую прибыль», — комментирует Владимир Федяков.

Чтобы фабрика выдавала продукт, ее необходимо обеспечивать рудой. Для этого запланирована доразведка флангов (окраинных частей) Карнасурта с участием «Русбурмаша», который в структуре Росатома занимается буровыми и геологоразведочными работами. Кроме того, на руднике намерены построить новый шахтный ствол для вскрытия нижних горизонтов. А для улучшения рудоподготовки на фабрике планируют внедрить предварительную сепарацию руды.

Крайне важная задача — снизить дефицит сотрудников за счет найма новых специалистов и удержания существующих. «Мы используем различные пути. Путем постепенного справедливого увеличения зарплаты, улучшений условий труда, предоставления возможностей обучения и дальнейшего профессионального и карьерного роста не только сохраняем имеющихся сотрудников, но и возвращаем на комбинат тех, кто в свое время покинул его в поисках лучшей жизни. И это работает, отток сократился, многие вернулись. Также привлекаем на работу специалистов из других регионов. Это тоже работает. Среди четырех моих заместителей трое новых. Двое из «Ростеха», приехали из Москвы и Екатеринбурга, один из Санкт-Петербурга, перешел из «Северстали».

Ищем не только топов, на комбинат уже приехали около 30 инженеров и рабочих из Бурятии и других российских регионов, а также Узбекистана», — рассказывает Владимир Федяков. На предприятии внедряется тарифная сетка Росатома, зарплаты поднимаются на конкурентоспособный уровень.

Еще одна задача — снизить себестоимость. Гендиректор предприятия договаривается о пересмотре тарифов с Кольской АЭС и планирует наладить собственное производство взрывчатки. Как показал опыт ППГХО, оно экономит несколько десятков миллионов рублей в год за счет отказа от аренды склада и пере-

Есть и несколько идей по развитию предприятия. Первая — снова запустить производство на Умбозерской площадке. Это потребует больших капитальных затрат, но позволит увеличить производство лопаритового концентрата и постепенно отказаться от тяжелой ручной отработки. Вторая — превратить отходы в доходы: перерабатывать содержимое двух хвостохранилищ в нефелин-полевошпатовый и эгириновый концентраты и продавать их. Третий вариант — приступить к отработке эвдиалитовых руд. Новое сырье, главная ценность которого в цирконии и РЗМ тяжелой подгруппы, нельзя перерабатывать на существующих мощностях. Поэтому, если проект будет одобрен, потребуются масштабные инвестиции в полный цикл от геологоразведки до гидрометаллургического предприятия, включая подготовку специалистов всех уровней.

#### На фото

После передачи Росатому Ловозерский ГОК нарастил выпуск продукции

В статье использованы материалы книги Игоря Пекова «Ловозерский массив: история исследования. пегматиты, минералы».

# «Информационная безопасность и информационные технологии — две стороны одной медали»

Директор ИГЯБФЗ Технической академии Росатома Егор Бологов отвечает на актуальные вопросы в области защиты информации



В конце июня в Технической академии Росатома в Обнинске прошла отраслевая конференция «Росатом/Информационная безопасность». Более 300 отечественных специалистов по технической защите информации, работников атомной промышленности и ведущих российских разработчиков собрались на мероприятии для обмена опытом, участия в панельных дискуссиях, а также демонстрации на специальной выставке в рамках конференции готовых продуктовых решений собственного производства. И все это — для обеспечения технологического суверенитета страны. О том, чем запомнилась нынешняя конференция, как проходит процесс импортозамещения в Росатоме и как решают кадровые проблемы в сфере информационной безопасности, рассказывает организатор мероприятия, директор Института глобальной ядерной безопасности и физической защиты (ИГЯБФЗ) Технической академии Росатома Егор Бологов.

- Егор Павлович, конференция «Росатом/Информационная безопасность» проводилась в 19-й раз. Каков основной лейтмотив мероприятия в этом году?
- До 2022 года эта конференция называлась «Методы и средства технической защиты информации». В этом году мы провели ее под новым названием — «Росатом/Информационная безопасность». И это не просто смена вывески — за эти годы действительно поменялись дух и суть конференции. Если раньше мы говорили только про технические средства обеспечения защиты информации, то сейчас спектр тем, которые поднимаются на конференции, значительно расширился. Мероприятие превратилось в площадку, на которой мы рассматриваем все актуальные проблемы информационной безопасности (ИБ), знакомимся с новыми решениями вендоров, обсуждаем отраслевой опыт в области внедрения новых средств и систем обеспечения информационной безопасности и общаемся друг с другом.
- С чем связан дефицит кадров, который существует сегодня в России в области информационной безопасности? Что предлагает для решения этой проблемы ИГЯБФЗ?
- Прежде всего, дефицит кадров объясняется возросшим количеством задач, которые должны решать специалисты по информационной безопасности, и вновь появившимися требованиями к системе обеспечения ИБ предприятий. Институт глобальной ядерной безопасности физической защиты Технической академии Росатома отвечает за то, чтобы обеспечить должную подготовку специалистов по информационной безопасности. Специалисты, которые приходят на предприятия после окончания высших учебных заведений, проходят у нас курсы повышения квалификации, после которых они становятся действительно востребованными специалистами в области информационной безопасности.

Отдельно нужно сказать об обучении сотрудников для перехода на отечественное программное обеспечение в соответствии с задачами по достижению технологического суверенитета. Для кого-то в отрасли этот переход можно считать уже завершенным, а для кого-то

это всерьез только начинается, поэтому подготовка специалистов в этой сфере по-прежнему остается очень важным вопросом.

- Что понимается под термином «технологическая независимость»? Как протекает процесс импортозамещения в атомной отрасли? На какие проблемы нужно обратить внимание?
- Если рассматривать информационную безопасность, то здесь активный переход на российские решения начался примерно с 2014 года. Тут можно отметить российских разработчиков продуктов по информационной безопасности. Их продукты покрывают практически всю палитру технологий, которые нужны для обеспечения информационной безопасности предприятия. И зачастую по некоторым категориям продуктов на рынке присутствуют несколько российских решений мирового уровня. До последнего времени, хотя это и были российские продукты, но в их основе все равно лежали зарубежные программные и аппаратные платформы. Сейчас активно начался еще и переход на российские операционные системы, системы управления базами данных и «железо».

Когда мы строим систему, которая сделана на российской платформе, состоит из разработанной в России операционной системы и содержит разработанное в России прикладное программное обеспечение, тогда действительно можно говорить о технологической независимости. В этом случае особенно остро встает вопрос о комплексном обучении специалистов как по информационной безопасности, так и по информационным технологиям. ИГЯБФЗ и кафедра «Информационная безопасность» в его составе активно участвуют в переходе на отечественные программные и аппаратные платформы. Мы обучаем специалистов как работе с программными продуктами, обеспечивающими информационную безопасность, так и базовым технологиям, таким как использование Astra Linux, методология разработки безопасного программного обеспечения DevSecOps, программирование на Java, и другим технологиям, необходимым для обеспечения технологического суверенитета.

- Как сейчас обстоят дела с внедрением аналогов зарубежного программного обеспечения в систему информационной безопасности атомной отрасли?
- Практически по всем направлениям обеспечения информационной безопасности есть хорошие российские решения, причем это решения, которые могут конкурировать и на внешнем рынке. Более того, по многим направлениям вариантов таких решений несколько, есть из чего выбрать. В настоящее время использование зарубежного ПО в системах информационной безопасности скорее исключение, экзотика.
- Как проходила нынешняя конференция «Росатом/Информационная безопасность»?
- Повестку конференции формируют, в первую очередь, сами участники. Именно они своими

Институт глобальной ядерной безопасности и физической защиты (ИГЯБФЗ) Технической академии Росатома — ведущее учебное заведение госкорпорации по подготовке специалистов государственных органов, ядерно и радиационно опасных объектов в России и за рубежом.

ИГЯБФЗ проводит обучение по программам дополнительного профессионального образования в области физической защиты и антитеррористической защищенности, информационной безопасности и информационных технологий, защиты активов и противодействия коррупции, экспортного контроля и гарантий МАГАТЭ.

докладами и вопросами каждый год создают неповторимую атмосферу мероприятия. Мы со своей стороны всегда стараемся обеспечить такие условия, чтобы участникам было комфортно общаться. Конференция является частью жизни Технической академии и всего Росатома, это не что-то закрытое и обособленное. Любой сотрудник и слушатель, который обучался в этот момент на площадке академии, мог принять участие в конференции, посетить любой из залов, где размещены стенды партнеров мероприятия.

Кроме того, нами было запланировано и проведено большее количество панельных дискуссий, которые проходили как активный обмен знаниями между выступавшими. Несколько докладчиков поднимались на сцену, презентовали свои материалы, дискутировали на смежные темы, а участники могли задавать вопросы в процессе. Так мы отошли от уже набившего оскомину формата «выступление — вопросы из зала».

 Одна из новых тематик конференции — перспективы применения искусственного интеллекта



Nº 6 2023

(ИИ) для обеспечения информационной безопасности. Какие технологии доступны уже сейчас? Возможно ли в будущем противостояние различных ИИ-приложений в этой сфере?

— Да, в этом году многие выступающие говорили про использование искусственного интеллекта. За прошедший год эта тема, что называется, выстрелила и сейчас у всех на слуху. Я уверен, что буквально через два-три года мы увидим в этой области революцию.

Дело в том, что в настоящий момент искусственный интеллект уже используется (как и все другие достижения человечества) как для нападения, так и для защиты. Злоумышленники уже сейчас применяют искусственный интеллект для разработки полиморфных вирусов, их не могут определить большинство современных антивирусов. Кроме того, искусственный интеллект пытаются использовать для подбора паролей и для того, чтобы обманывать людей и воплощать в жизнь сложные сценарии социальной инженерии. Поэтому, действительно, в ближайшее время нас ожидает некая борьба добра со злом, когда, с одной стороны, искусственным интеллектом будут пользоваться злоумышленники, а с другой стороны, он будет помогать специалистам по информационной безопасности справляться с растущим объемом данных, анализируя и находя аномалии там, где раньше мы даже и подумать об этом не могли.

- Одними из главных на конференции были темы, которые назывались «DLP новый ландшафт или старые угрозы» и «SOC роскошь или осознанная необходимость». Расскажите, что такое DLP и SOC? Почему им уделяется такое внимание?
- К сожалению, в области информационной безопасности до сих пор широко используются иностранные термины. И это две устоявшиеся аббревиатуры, для которых пока нет общепринятых аналогов в русском



языке. DLP (Data Leakage Prevention) — это класс программных продуктов, предназначенных для защиты как от преднамеренных, так и от непреднамеренных утечек информации на предприятиях. DLP-системы позволяют обеспечить защиту как от внешних нарушителей, так и от внутренних. Они уже стали неотъемлемой частью системы обеспечения информационной безопасности предприятий. В рамках конференции «Росатом/Информационная безопасность» были представлены несколько DLP-систем от ведущих российских производителей и доклады по этим системам.

SOC (Security Operation Center) — это центр, который осуществляет контроль за обеспечением информационной безопасности предприятия. Сейчас начинает использоваться российский термин «центр обеспечения информационной безопасности» (ЦОИБ). В большинстве случаев на ЦОИБ возлагаются задачи по контролю работоспособности ИБ- и ИТ-инфраструктуры предприятия, мониторинга угроз информационной безопасности и участие в реагировании и ликвидации последствий компьютерных атак. В настоящий момент понятно, что информационной безопасностью нельзя заниматься только в рабочее время — злоумышленники не спят и осуществляют свои атаки круглосуточно и из любых часовых поясов, поэтому следить за информационной безопасностью на предприятии необходимо круглосуточно, семь дней в неделю. Но создать отдельную круглосуточную службу на каждом предприятии сложно, поэтому создаются специальные центры, на которые предприятие может возложить контроль за своей информационной безопасностью. Такой подрядчик следит за тем, чтобы программное обеспечение на предприятии было обновлено, чтобы угрозы были устранены, а атаки хакеров отражены в любое время.

#### — В рамках конференции прошли киберучения. Какие задачи по информационной безопасности были продемонстрированы на киберполигоне?

— Киберполигон — прекрасный инструмент для развития навыков специалистов в области информационной безопасности. Его можно использовать как для имитации действий злоумышленников, так и для проверки слаженных действий защитников. Поэтому киберучения очень важны для нас. Но обычно на киберполигоне проводятся масштабные учения, которые требуют долгой подготовки. А для конференции мы попросили наших партнеров сделать максимально простые и интересные сценарии, доступные почти любому желающему без предварительной подготовки. Наша цель — показать, что использование киберполигона нужно делать регулярным и это не требует какой-то длительной подготовки. Все участники конференции смогли в этом убедиться.

— В рамках конференции обсуждался вопрос о профессиональной подготовке кадров в сфере информационной безопасности. Каковы сегодня ожидания заказчиков от процесса подготовки соответствующих специалистов?



— Для Технической академии конференция является важной площадкой, на которой мы получаем обратную связь от отрасли. Практически все участники конференции — наши бывшие или будущие слушатели. Для нас важно услышать их мнение: что сейчас необходимо, на каких моментах следует заострять внимание, какие новые учебные программы требуются. Более того, в этом году мы пригласили для участия в конференции представителей нескольких учебных центров, с которыми хотим наладить сотрудничество в области проведения обучения по ИБ и ИТ.

В настоящее время основной посыл от заказчиков обучения по информационной безопасности — это практическая ориентация. Все хотят больше практики. Да, безусловно, специалист должен знать правовое обеспечение информационной безопасности. Но сейчас больше всего внимания в учебных программах мы стараемся уделить инженерным компетенциям. Как настроить систему так, чтобы предотвратить инциденты в области информационной безопасности? А если инцидент произошел, как изолировать его последствия? Как лучше ликвидировать? А как расследовать? Какие цифровые артефакты нужно собрать, чтобы расследование было успешным?

В своей деятельности для обеспечения практических занятий на наших учебных курсах мы используем «Виртуальный класс ИГЯБФЗ», а для организации полноценных киберучений — «Киберполигон ИГЯБФЗ». В рамках конференции эти технологии были представлены.

# — Что бы вы могли сказать молодым людям, размышляющим о возможной карьере в области информационной безопасности?

— Попробуйте посмотреть сейчас любые исследования, которые касаются рынка труда и перспективных профессий будущего. Могу вам с уверенностью сказать, что обеспечение информационной безопасности попадает если не в тройку самых востребованных специальностей будущего, то уж пятерку точно.

Более того, нужно учитывать, что сфера информационной безопасности в своем составе содержит различные специализации, различные профессии, которым нужно учиться. Нельзя построить систему ИБ для предприятия и при этом ничего не понимать в том, как работает предприятие, какой у него производственный цикл, какие есть особенности и какие процессы в нем происходят. Но это мы говорим только про использование инструментов, а подумайте, сколько специальностей нужно, чтобы эти инструменты создать? Тестировщики, разработчики и всевсе-все, поэтому работы точно больше, чем людей.

И еще я хотел бы отметить, что деятельность, связанная с информационной безопасностью, требует хорошего базиса в области информационных технологий. То есть если вы сейчас учитесь на инженера, то перейти в сферу информационной безопасности будет гораздо легче, чем специалисту по информационной безопасности получить какие-то навыки в области информационных технологий. Информационная безопасность и информационные технологии — это две стороны одной медали, друг без друга они существовать не могут.

 $N^{\circ}6$  2023

**Текст:** «Вестник атомпрома»

Фото: Корпоративная Академия Росатома

# К вершинам атомного мастерства

В июне в Екатеринбурге состоялся VIII Отраслевой чемпионат профессионального мастерства Росатома AtomSkills-2023

AtomSkills — ежегодный чемпионат рабочих и инженерных профессий атомной отрасли, самый масштабный среди подобных отраслевых чемпионатов в России. Отборы на AtomSkills проходят во многих дивизионах госкорпорации, а также в главном опорном вузе Росатома — НИЯУ «МИФИ». Чемпионат объединяет все отраслевые конкурсы профессионального мастерства в единую систему подготовки и оценки профессионализма

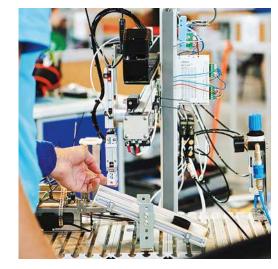
сотрудников, обеспечивающую устойчивое развитие и достижение стратегических целей Росатома. Участие в чемпионате подобного уровня является важным фактором позиционирования специалиста и открывает дополнительные перспективы карьерного роста.

AtomSkills проводится с 2016 года, с тех пор количество компетенций выросло с 10 до 40, участников — с 450 специалистов и экспертов до 2000. В 2023 году чемпионат приобрел новый международный масштаб, собрав участников как из России, так и из Белоруссии, Турции, Бангладеш, Узбекистана, Казахстана, Кубы, Боливии, Индии. В соревновательной части чемпионата приняли участие работники атомной отрасли, студенты 22 учебных заведений, а также команды крупных российских промышленных компаний.



















Текст: Дарья Быстрова

Фото: АО «Концерн Росэнергоатом»

## **REAльный чемпионат**

Участие в профессиональных конкурсах как импульс для личностного развития и карьерного роста

В этом году дивизиональному чемпионату профессионального мастерства, организованному концерном «Росэнергоатом», исполнилось 7 лет. Чемпионат стал знаком качества и важным этапом на пути к более высоким профессиональным конкурсам — отраслевому чемпионату AtomSkills и национальному «Хайтеку» (WorldSkills Hi-Tech). О том, как родился дивизиональный чемпионат, что он значит для отрасли и как меняет жизнь людей,— в нашем материале.

#### REASkills год за годом

С 2017 года по решению управляющего совета проекта «Подготовка рабочих кадров с использованием методики WorldSkills» дивизионы госкорпорации «Росатом» проводят собственные отборочные соревнования и чемпионаты.

Тогда же, в апреле 2017 года, электроэнергетический дивизион провел I Дивизиональный чемпионат профессионального мастерства REASkills. В чемпионате по 11 компетенциям соревновались 67 участников, их готовили и оценивали 70 экспертов. Первый REASkills прошел в трех городах — Екатеринбурге, Нововоронеже и Сосновом Бору. Лидерами стали команды Кольской АЭС, Балаковской АЭС, «Атомэнергоремонта».

Каждый год давал REASkills новый виток развития во всех направлениях. Если в 2018 году его участники проходили испытания по 14 компетенциям, то в 2022 году их стало уже 21. Росло и количество участников, а также экспертов: в 2018 году участниками чемпионата стали 90 работников дивизиона и 100 экспертов, в 2022 году — уже 202 конкурсанта и 191 эксперт. Расширилась и география участия. REASkills-2023 прошел в пяти городах — Балакове, Екатеринбурге, Нововоронеже, Удомле и Чебоксарах. Участниками чемпионата по 22 компетенциям стали 430 специалистов, из них 230 конкурсантов и 200 экспертов. А количество заявок по сравнению с 2022 годом увеличилось на 35% и составило 1084 заявки. Охват участия в дивизиональном чемпионате — 21 организация: девять атомных электростанций, ОДИЦ ВВЭР, ОДИЦ РБМК, «Атомтехэнерго», «Атомэнергоремонт», «КОНСИСТ-ОС», «Энергоатоминвест», «АтомЭнергоСбыт», ЭНИЦ, Концерн «ТИТАН-2», ФРКП, Центральный аппарат концерна «Росэнергоатом». Впервые в чемпионате приняли участие специалисты Запорожской АЭС.

Наравне со специалистами, но в отдельном зачете по девяти компетенциям в чемпионате приняли участие студенты ключевых профильных учебных заведений — Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ), Российского технологического университета (РТУ МИРЭА) и Уральского радиотехнического колледжа (УРТК) — всего 35 человек.



Более 350 учащихся школ и средних учебных заведений городов проведения чемпионата посетили его в качестве гостей. Также на чемпионатной неделе прошел конкурс видеороликов «Поддержи свою команду на REASkills-2023», охват голосования составил почти 30 000 человек.

«Чемпионаты профессионального мастерства — путь как для профессионального, так и для личностного развития работников. Существует годовой цикл чемпионатов, который состоит из разных этапов — от дивизионального до национального и международного. И ливизиональный чемпионат REASkills — именно та отправная точка, с которой все начинается. Когда объявляется старт заявочной кампании, у каждого есть шанс проверить себя и свои знания, навыки. REASkills, наверное, самый непростой этап, потому что первый в цикле, и участники еще не совсем представляют, что их ждет. Результаты будут зависеть от многих факторов: поддержка и взаимопонимание с экспертом-компатриотом, умение собраться в нужный момент и применить свои знания на практике. Бывает так, что участники сразу «выстреливают» и проходят на отраслевой этап — AtomSkills, но бывает, что идут к этому несколько лет. Самое ценное это опыт, который мы все приобретаем, проходя очередной чемпионат»,— рассказывает куратор чемпионатного движения в электроэнергетическом дивизионе Марина Верещагина.

### Формула вовлеченности: креативная мотивация

Для вовлечения в чемпионаты REASkills и анонсирования стартов чемпионатных циклов проводятся мотивационные встречи, первая из которых — SkillsDay — прошла в 2019 году. В ноябре 2020 года состоялось масштабное онлайн-мероприятие SkillsNight, которое набрало более 5000 зрительских просмотров. В мероприятии приняли участие сотрудники не только электроэнергетического дивизиона, но и всей атомной отрасли. Тема SkillsNight — «Формула профессионалов» — была выбрана не случайно, ведь это то, что волнует каждого сотрудника отрасли, а особенно участников чемпионатов.

В ходе программы руководители отрасли рассказали о качествах и критериях, которые могут стать компонентами формулы профессионалов. На мероприятии также выступили участники и победители чемпионатного движения, которые поделились своим опытом, а также дали советы, как добиться успеха в своей профессии. Специальными гостями SkillsNight стали комментатор «Матч-ТВ», российский голос «Формулы-1» Алексей Попов и пилот «Формулы-1» Сергей Сироткин. А в завершение SkillsNight директор по управлению персоналом и социальной политике АО «Концерн Росэнергоатом» Дмитрий Гастен рассказал о своем понимании формулы профессионалов. После SkillsNight количество заявок на участие в пятом, юбилейном, дивизиональном чемпионате REASkills-2021 увеличилось на 22% по отношению к REASkills-2020 (с 450 до 550).

Традицию SkillsNight продолжило мероприятие «1000 + 1 Skill», которое прошло под девизом «Каждый навык — новая история твоей жизни», а его темой стало развитие новых навыков и компетенций. Символично и само название — аналогия со сборником новелл «1000 и 1 ночь»: подобно Шахерезаде каждый спикер рассказывал свою историю.

Мероприятие открылось приветственным выступлением директора департамента кадровой политики госкорпорации «Росатом» Оксаны Кармишиной, которая рассказала о возможностях развития в Росатоме. «1000 + 1 Skill» продолжила панельная дискуссия с участием директора по управлению персоналом и социальной политике АО «Концерн Росэнергоатом» Дмитрия Гастена, генерального директора АНО «Корпоративная Академия Росатома» Юлии Ужакиной и заместителя генерального директора — директора блока инженерных компетенций АНО «Корпоративная Академия Росатома» Алексея Пономаренко Участники дискуссии обсудили, почему для компании важно проводить чемпионаты, где находить вдохновение для личностного роста и как развивается чемпионатное движение.

На площадке мероприятия команда Смоленской АЭС, завоевавшая в компетенции «Инженерное мышление. Каракури» серебро на чемпионате AtomSkills-2021 и бронзу на WorldSkills Hi-Tech — 2021, собрала макет инженерного устройства.

Отдельным треком мероприятия стал диалог с руководителями организаций — Павлом Козловым (Техническая академия Росатома), Петром Конюшенко («АтомЭнергоСбыт») и Михаилом Лысачевым («КОНСИСТ-ОС») о развитии чемпионатного движения WorldSkills, который прошел за чашкой кофе от чемпиона WorldSkills в компетенции «Бариста» Богдана Шпенюка.

В финале зрителей ждал настоящий сюрприз. Специальным гостем стал Илья Авербух — звезда фигурного катания и продюсер собственного шоу, который рассказал, как знаменитости развивают свои компетенции и навыки.

Третья информационная встреча по вовлечению в чемпионатное движение под названием «Как оставаться лидером?!» состоялась 15 декабря 2022 года в формате онлайн-трансляции из телестудии. Мероприятие открыло выступление Дмитрия Гастена об итогах года и успехах в чемпионатном движении в электроэнергетическом дивизионе. Далее состоялись две панельные дискуссии, «Важность участия в чемпионатном движении» и «Мотивация на успех. От подготовки к победам», в которых приняли участие руководители дивизиона, эксперты и участники чемпионатов. Одним из главных сюрпризов вечера стала онлайн-встреча со звездным мотивационным спикером — российским лыжником, трехкратным олимпийским чемпионом Александром Большуновым, который поделился своей историей успеха и дал советы, как оставаться лидером надолго.

 $N^{\circ}6 = 2023$ 

Александр Зимин, главный отраслевой эксперт компетенции «Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики» (Нововоронежская АЭС):

«Компетенция, в которой я являюсь экспертом, появилась в 2019 году. До этого я участвовал в конкурсах по охране труда и побеждал в них, поэтому без раздумий подал заявку на участие, так как это моя профессия. Прошел отбор, занял первое место и поехал на AtomSkills вместе со своим экспертом Александром Русиновым, там мы заняли второе место и прошли на российский чемпионат Hi-Tech — 2019, где тоже заняли второе место. У нас с моим экспертом сложилась настоящая команда, мы до сих пор вместе организовываем все чемпионаты.

С 2020 года по сей день я провожу дивизиональные чемпионаты по своей компетенции в качестве главного дивизионального эксперта. В 2021-м я принял участие в качестве технического эксперта на AtomSkills, по завершении чемпионата меня выбрали главным отраслевым экспертом. Я провел AtomSkills в 2022 и 2023 годах, и меня выбрали на 2024 год.

Больше всего я благодарен чемпионатам за то, что познакомился с огромным количеством неравнодушных, замечательных людей, которые любят свою профессию. С такими людьми можно в огонь и в воду. У нас очень дружная и большая команда.

В 2019 году, когда я принимал участие в AtomSkills, я был инженером по P3A 1-й категории, после второго места на Hi-Tech мне дали должность ведущего инженера по P3A. С апреля 2023 года я стал начальником участка АИИСКУЭ и ЭИ электрического цеха. С уверенностью могу сказать, что участники чемпионатов очень сильно вырастают профессионально».

Виталий Белов, главный отраслевой эксперт в компетенции «Радиационный контроль» (Кольская АЭС):

«Главная цель REASkills — повышение квалификации специалистов, создание благоприятной среды для развития и совершенствования их профессиональных умений и навыков. Важно все это перенести на производство, поэтому мы привлекаем для участия в конкурсе всех работников.

В чемпионатах REASkills в компетенции «Радиационный контроль» приняли участие около 20 специалистов ОРБ Кольской АЭС, все они традиционно являются победителями и призерами чемпионата, показывая высокие результаты. Это и есть один из наших секретов — упорная подготовка и высокий уровень профессиональной компетентности всего нашего коллектива.

Я первый раз принял участие в конкурсе профессионального мастерства в далеком 2010 году в качестве участника и завоевал второе место. В 2021 году появилась возможность поучаствовать в чемпионате REASkills в качестве эксперта. В 2021—2022 годах мой участник Вячеслав Кузнецов завоевал серебряную и золотую медали чемпионата. С 2023 года я являюсь главным экспертом компетенции «Радиационный контроль». В AtomSkills я принимал участие дважды в роли эксперта, завоевав со своими участниками второе и третье места, а в этом году меня выбрали главным экспертом Росатома на 2024 год.

Участие в чемпионате позволяет гораздо глубже разобраться в нюансах профессии, развивает характер, целеустремленность и тягу к саморазвитию, что очень важно для молодых специалистов. Чемпионат дает необходимый импульс для построения их карьеры».



Андрей Никитин, главный дивизиональный и отраслевой эксперт компетенции «Охрана труда» (Калининская АЭС):

«Меня всегда интересовала тема охраны труда, я считаю ее очень важной на таком серьезном предприятии, как АЭС. Когда появилась возможность попробовать свои силы на чемпионате REASkills, с удовольствием согласился. Готовился под чутким руководством моего эксперта-компатриота, настоящего профессионала Елены Зариповой.

Успешно выступить на чемпионате помогли уверенность в своих силах, полная самоотдача, поддержка коллег и близких. Впервые я поехал на чемпионат в должности начальника смены химического цеха, сегодня — я уже заместитель начальника цеха по модернизации и технической поддержке с правом замещения начальника цеха, также сейчас прохожу подготовку на замещение начальника отдела охраны труда. С 2022 года являюсь главным дивизиональным и отраслевым экспертом компетенции «Охрана труда».

Чемпионат позволяет понять свои сильные и слабые стороны, чтобы впоследствии добиться максимальных профессиональных высот, дает возможность обзавестись новыми знакомствами, узнать что-то новое. REASkills — лишь первый шаг, сделав который, ты можешь дойти до национального чемпионата и доказать, что ты лучший».



Так проходят чемпионаты профессионального мастерства в электроэнергетическом дивизионе

Виталий Телегин, участник и победитель чемпионатов REASkills (Кольская АЭС):

«Олнажды коллега предложил мне попробовать свои силы в чемпионате. Меня это заинтересовало. В 2019 году я попал на REASkills-2019, занял третье место и отправился на AtomSkills, но на тот момент знаний и навыков было недостаточно для победы. Продолжил участие в последующие годы. Итог: три бронзовые медали REASkills (2019, 2020, 2021) и две золотые (2022, 2023). Подготовкой к чемпионату я занимался сам, благо электроникой интересовался давно и дома имелась маленькая мастерская. Успешно выступить, я думаю, удалось благодаря постоянному обучению и тренировкам. Также большой вклад в мою победу внесли как мой эксперт, так и эксперты с других АЭС. Мой уровень знаний сильно вырос за время vчастия в чемпионатах, что, конечно. повлияло и на карьерный рост, и на развитие профессиональных навыков. В первую очередь REASkills — это саморазвитие и повышение уровня знаний, а также знакомство с новыми людьми и обмен ОПЫТОМ».



**Кирилл Кравец,** главный дивизиональный эксперт в компетенции «Промышленная механика и монтаж» («Балаковоатомэнергоремонт»):

«Мне рассказали про чемпионат коллеги, стало интересно, на что я способен. На REASkills-2019 я занял второе место. Это дало мне силы и уверенность идти дальше. Последовала победа в AtomSkills-2019, затем побелы в WorldSkills Hi-Tech — 2019 и II Открытом Евразийском чемпионате принесли две золотые медали в двух зачетах. Помогли мне в этом хорошая подготовка и поддержка, за что спасибо экспертам-компатриотам нашей организации. С 2020 года участвую в конкурсах в роли эксперта. В 2021 году на AtomSkills мы с моим участником проявили себя в компетенции «Промышленная механика и монтаж», заняв первое место. На командных сборах «Росэнергоатома» один из спикеров сказал: «Нельзя думать о том. что проиграешь, что хорошо бы занять хотя бы второе или третье место; нужно думать только о первом». Этому я и следовал. Стаж у меня был небольшой, но за 3 года работы электрослесарем я быстро вырос с 3-го до 5-го разряда. Я стал более ответственным, чемпионаты выработали во мне отличное качество: держать себя в руках, а рабочее место в порядке. Сейчас я специалист по охране труда, продолжаю профессионально развиваться.

Каждый сотрудник «Росэнергоатома» может попробовать, на что он способен, определить свои сильные стороны, открыть новые возможности, развиваться и стремиться стать успешным руководителем или просто быть профессионалом своего дела. Некоторые сотрудники с третьего или четвертого раза одерживали победу — это говорит о том, что с каждым проигрышем они становились сильнее и опытнее и в итоге пришли к успеху, профессиональному и карьерному росту».

**Олег Мазеев,** участник и победитель чемпионатов REASkills (Курская АЭС):

«Выступить на REASkills мне помогли, во-первых, наработанный опыт выполнения заданий на рабочем месте, чтение дополнительной литературы и изучение теоретической базы, общение с опытными коллегами. Во-вторых, собственная усидчивость, целеустремленность, готовность доводить дело до конца и перфекционизм — требовательность к качеству выполняемой работы. В-третьих, работа над собой: правильный настрой, мотивирование и постановка целей и задач. Этому способствует работа специалистов ЛПФО, проводимая с участниками перед чемпионатом.

Один из главных результатов, которому способствует победа в конкурсе,— это возможность дополнительного обучения перед следующим этапом, ведь важно никогда не останавливаться на достигнутом и постоянно совершенствовать свои знания, умения и навыки. По результатам чемпионатов зачастую принимаются решения о внеочередном пересмотре ИСН. По результатам 2022 чемпионатного года руководством «Росэнергоатома» было принято решение провести мне внеочередную аттестацию, за что я очень благодарен. Вне зависимости от мест на пьедестале, с чемпионатов никто не уезжает побежденным, каждый делает огромный шаг в повышении своего профессионализма».

**Алексей Леонов,** участник и победитель чемпионатов REASkills (Калининская АЭС):

«Наши участники и эксперты готовились сначала в своих филиалах, затем осуществлялась централизованная подготовка. Перед чемпионатом происходит отбор, в котором по нашей компетенции участвует не менее 50 человек, из них проходят только 6. Самое главное на нашем чемпионате — знакомство с заданиями прошлых лет, отработка полезных навыков. Во время соревнований очень помогает сочетание самодисциплины и высокой скорости выполнения задания.

Само участие в REASkills помогает взглянуть на свою работу и на работу своего дивизиона и всей отрасли под новым углом, это придает силы развиваться дальше и не останавливаться на достигнутом. Участие в чемпионате, кроме очевидных вещей, таких как денежный выигрыш, позволяет познакомиться и начать работать со многими высококлассными специалистами».



 $N^{\circ}6-2023$ 

# Поговорим на атомном

Зачем реакторам дают имена

Меч Эскалибур, алмаз Кох-и-Нур, скрипка Страдивари «Леди Блант» и реактор «Аннушка» — с точки зрения русского языка между ними много общего: все это предметы материальной культуры, получившие личные имена. В лингвистике такие имена собственные называются хрематонимами. И за каждым именем реактора скрывается захватывающая история — настоящий лингвистический детектив. В сети Информационных центров по атомной энергии такие истории рассказывают посетителям, вместе с ними погружаясь в историю становления и развития атомной промышленности. Эта статья в основном посвящена именам зарубежных реакторов и установок.

#### На фото

Первый в СССР уранграфитовый промышленный реактор А ученые ласково называли «Аннушкой»

#### Немного истории и лингвистики

Если говорить об исторической традиции, то личные имена у предметов, созданных человеком, можно отследить уже в мифах и сказках. Что же дает мечу, алмазу, атомному реактору присвоение личного имени? Для ответа на этот вопрос нужно вспомнить школьный курс русского языка. У имен собственных нет лексического значения, их функция — выделение конкретного предмета из ряда однотипных



объектов, присвоение уникальной идентификации, инливилуализация.

Атомные реакторы проектировались с нуля — ничего подобного до тех пор не строили, и самые первые из них чаще всего создавались в единственном экземпляре. Кроме того, ядерные технологии уже в начале 40-х годов XX века были засекречены, поэтому личное имя любого механизма, которое, как мы помним, не несет лексического значения, помогало сохранить секретность, и при этом участники атомного проекта, то есть «свои», прекрасно понимали, о какой именно установке или о каком механизме шла речь.

В частности, ветераны ПО «Маяк» вспоминали, как Игорь Васильевич Курчатов звонил и спрашивал: «Как себя чувствует Аннушка?» — и сотрудники, понимая, что он интересуется параметрами работы первого в СССР промышленного уранграфитового реактора для наработки плутония, отвечали условными фразами. Например, «хорошо» — если Объект «А», как еще называли «Аннушку», работал в штатном режиме. Нельзя было исключить, что телефонная линия могла прослушиваться, и, исходя из соображений безопасности, такого рода разговор для постороннего уха должен был звучать, как будто Курчатов интересуется самочувствием женщины, которая ему симпатична.

Самый первый в мире реактор, собранный под трибунами пустующего на тот момент стадиона Чикагского университета, тоже получил собственное имя — его окрестили «Чикагской поленницей». Это имя в какой-то степени говорящее, так как прилагательное указывает на местонахождение установки, а существительное — на способ сборки. Реактор Энрико Ферми состоял из графитовых и урановых блоков, которые укладывали друг на друга как дрова в поленнице. Соответственно, имя у реактора возникло вследствие метафорического переноса — с его помощью в языке образуются не только личные имена, но и названия самых разных процессов и явлений, когда вновь возникший объект получает название благодаря сходству с уже существующим предметом или явлением по какому-либо признаку.

#### «В пещере, в каньоне...», или История «Клементины»

Первый в мире реактор на быстрых нейтронах назвали «Клементина». Он был запущен в Лос-Аламосе в 1946 году, через

Основная защитная оболочка французского реактора «Феникс»: прибытие на площадку ядерного центра «Маркуль», 1970 год

четыре года после «Чикагской поленницы». Реактор разрабатывался под руководством Уолтера Зинна — ученика Энрико Ферми. В англоязычных источниках указано, что строительством занимался Филип Моррисон, который через несколько месяцев после достижения реактором критичности дал ему имя «Клементина» в честь песни My Darling Clementine.

Песня начинается со слов «В пещере, в каньоне...» («Іп а саvern, іп а сапуоп...»), а реактор как раз строился в природном каньоне. Отцу Клементины, шахтеру, который работал в каньоне, по сюжету было 49 лет. Моррисон вдохновился тем, что персонал реактора можно было образно назвать современными forty-niners — так прозвали в XIX веке легендарных смельчаков, которые искали золото в Калифорнии в 1849 году, во времена золотой лихорадки. В США (уже в XX веке) числом 49 из соображений секретности называли плутоний. 4 — последняя цифра порядкового номера плутония в периодической таблице Менделеева (94), а 9 — последняя цифра используемого изотопа (239)¹.

Судьба Клементины из песни оказалась печальной — она утонула. А лирический герой, который ею так восхищался и страдал из-за ее смерти, поцеловал ее младшую сестру и утешился. Реактор «Клементина» впервые остановили в 1950 году для ремонта и окончательно заглушили в 1952-м. Но уже в 1951 году американцы запустили новый реактор на быстрых нейтронах — EBR-1 (Experimental Breeder Reactor) тепловой мощностью 1,4 МВт, так что и тут «Клементина» метафорически повторила судьбу героини песни.

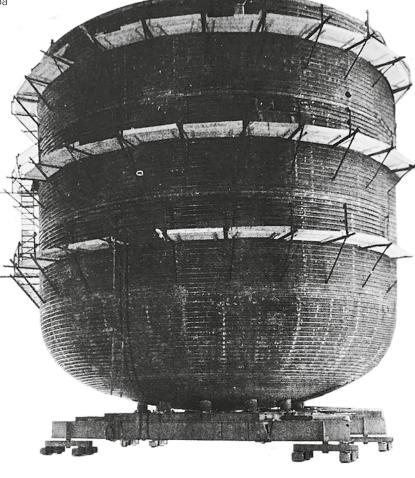
## Французский шарм: «Мазурка», «Рапсодия» и «Феникс»

Первый французский реактор на быстрых нейтронах назвали «Рапсодия». Он создавался как экспериментальная установка для отработки технологии расчета и конструирования реакторов на быстрых нейтронах, подбора и обучения персонала, а также для испытания разных видов ядерного топлива<sup>2</sup>.

В некоторых источниках предполагают, что конструкторов вдохновила на такое имя реактора музыкальная аллитерация «нейтрон — натрий»: именно этот металл использовался в качестве теплоносителя в реакторе.

На площадке Кадараш в Южной Франции для проведения исследований отдельных параметров работы реакторов на быстрых нейтронах были построены установки «Гармония», «Мазурка» и «Эсмеральда»<sup>3</sup>. На сайте www.biblioatom.ru также упоминается критическая установка «Рашель».

Можно сказать, что существует единая традиция именования сложных механизмов, общая для атомной и космической отраслей,— очень часто космическим миссиям, как и реакторам, дают женские имена,



сонажей, а также называют их отвлеченными именами существительными. Иногда это значимые имена, представляющие собой аббревиатуры. Благозридин в изграния поливомирают важность и ули

имена литературных пер-

гозвучные названия подчеркивают важность и уникальность механизмов, а также выражают отношение их создателей к своим творениям. Эта тенденция ярко проявляется в именах французских реакторов. Это, например, «Осирис» и «Изида». Некоторым исключением из правил можно назвать реактор Жюля Горовица, названный в честь французского физика и первого директора СЕА — Комиссариата по атомной энергии Франции.

Пожалуй, самые известные французские реакторы на быстрых нейтронах — «Феникс» и «Суперфеникс». Они уже выведены из эксплуатации. «Феникс» вначале работал хорошо, но с конца 1980-х годов начались проблемы — утечки натрия и необъяснимое резкое падение реактивности<sup>4</sup>. Можно образно сказать, что он, словно мифологическая птица феникс, в честь которой был назван, «сгорал» и возрождался из пепла — после остановок и ремонта его несколько раз запускали вновь, но сейчас эта программа закрыта.

#### Канадский «Недотепа»

Канадский реактор SLOWPOKE, название которого переводится как «медленный, копуша, недотепа», представлял собой реактор бассейнового типа на тепловых нейтронах, охлаждаемый легкой водой. Его имя — это звуковая аббревиатура, образованная от словосочетания Safe LOW-POwer Kritical

https://library. lanl.gov/cgi-bin/ getfile?00416628 pdf

<sup>2</sup>http://elib. biblioatom.ru/text/ plutoniy\_1964/ go,402/

<sup>3</sup>https://scienceandglobalsecurity.org/ru/archive/ sgs-r17schneider.

4https://scienceandglobalsecurity.org/ru/archive/ sgs-r17schneider. pdf

Модель канадского реактора SLOWPOKE

реактора не стали использовать орфографию как способ дать механизму образное, «вкусное» имя.

#### «Нехороший мальчик» в Антарктиде

«Любые ядерные взрывы в Антарктике и удаление в этом районе радиоактивных материалов запрещаются», — гласит пункт 1 статьи V Договора об Антарктике, принятого в 1961 году. Но использование мирной ядерной энергии этот договор не запрещал, и в 1962 году на американской станции Мак-Мердо появился небольшой реактор РМ-ЗА, который вскоре получил не просто личное имя, а почти жаргонное прозвище Nukey Роо, которое можно перевести как «мальчик, пачкающий штанишки».

Начиналось все радужно: адмирал Джордж Дуфек назвал постройку реактора для Антарктиды «новой эрой в завоевании человеком самого отдаленного континента» («a dramatic new era in man's conquest of the remotest continent»5). Но вскоре начались радиоактивные утечки, которые не удалось полностью устранить, и в 1972 году программа была закрыта, а реактор вывезен из Антарктиды. Именно из-за них он и получил свое прозвище. «A reactor at Antarctica's McMurdo Station that operated through the 1960s was nicknamed "nukey poo" because of its poor performance and reliability (though some reports simply point to "frequent radioactive leaks")» — невысокой производительностью и низкой надежностью реактора РМ-ЗА объясняют возникновение у него неблагозвучного имени авторы статьи The story of Nukey Poo Оуэн Уилкс и Роберт Манн в журнале Bulletin of the Atomic

Синхротроны: BESSY, SESAME и DELTA

Scientists (№ 34, 1978 год).

Личные имена получали не только реакторы, но и другие установки, имеющие отношение к атомным технологиям. Так, например, один немецкий синхротрон назвали BESSY, это английский сокращенный вариант имени Элизабет. А второй получил имя DELTA, и это уже аббревиатура, сокращение английского словосочетания Dortmund ELectron Test Accelerator. DELTA — ускорительный комплекс, источник синхротронного излучения третьего поколения,

расположенный в Дортмунде, Германия. Название синхротрона SESAME — тоже звуковая торы вкладывали много времени и сил. И в этом аббревиатура словосочетания Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle

Здание, где расположен SESAME — первый синхротронный источник на Ближнем и Среднем Востоке

East. Синхротрон совместный проект Бахрейна, Египта, Ирана, Израиля, Иордании, Кипра, Пакистана, Палестины и Турции. Он располагается в городе Аллан мухафазы Эль-Балка в Иордании (мухафаза — это административнотерриториальная единица в ряде арабских государств). И здесь мы можем увидеть языковую игру: наверное, каждый помнит сказочную формулу «Сезам, откройся!», и это имя для синхротрона, с помощью которого можно открыть тайны на уровне элементарных частиц и обогатиться новыми научными знаниями. вполне подходит, тем более что используют его восточные страны.

Кстати, на немецком синхротроне BESSY II, помимо прочих экспериментов, можно с помощью рентгеновских лучей исследовать содержание древнеегипетских папирусов. Благодаря синхротрону эти древние документы можно читать в свернутом виде. Рентгеновские лучи возбуждают атомы в папирусе, и они «отправляют» рентгеновский луч обратно. Получается что-то похожее на эхо, которое позволяет определить, какое изображение или текст скрыты внутри папируса $^{7}$ .

#### «Назови меня тихо по имени...»

Так зачем же реакторам дают имена? Несомненно, эта традиция зародилась в том числе из-за необходимости соблюдения секретности, но настоящая причина гораздо глубже. И самые первые, и современные

реакторные установки и другие механизмы — это уникальные, сложные и инновационные устройства, в создание которых их проектировщики и конструкслучае у человека возникает желание каким-то образом выразить отношение к результату своего труда,

подчеркнуть уникальность созданного устройства. имени, а если оно создано при помощи языковой игры, то меткая метафора и яркий образ надолго останутся в памяти.

На фото Синхротрон DELTA в Германии

5https:// theconversation com/ rememberingantarcticasnuclear-past-withnukey-poo-99934

ИШАЭ

6https://www. tandfonline.com/ doi/abs/10.1080/0 0963402.1978.114 58546

но допустили ошибку в слове Kritical, заменив С на К. Это позволило им воспользоваться возможностями языковой игры и передать одну из характеристик реактора (медленные нейтроны) через его имя. Кроме того, наличие разговорных, немного снисходительных вариантов перевода имени демонстрирует отношение проектировщиков и конструкторов к своему детищу — оно чем-то похоже на эмоции родителей в отношении маленького ребенка, который еще неуклюж, но все равно вызывает восхищение, когда делает свои первые шаги или начинает самостоятельно есть ложкой.

Experiment, причем создатели реактора намерен-

Собственная разработка канадских атомщиков это тяжеловодные реакторы CANDU, работающие на необогащенном уране. Это звуковая аббревиатура, образованная от словосочетания Canada Deuterium Uranium. Название очень похоже на английское candy — «конфета», но в этом случае создатели

И проще всего это можно сделать с помощью личного

<sup>7</sup>https://travelask. ru/blog/ posts/18347otkryt-novyysposob-chteniyanevidimyh-chernilna-drevnih-pa



Федор Буйновский, обозреватель «Вестника атомпрома» Фото: фотобанк «Фотодженика»

# Монополия на искусственный интеллект

История войны и мира чипов: кто кому друг?

Книга «Война чипов» Криса Миллера стала одной из лучших бизнес-книг 2022 года по версии The Financial Times. Начало книги сразу интригует читателя: Крис Миллер обращает внимание на тот факт, что часто говорят про «монополию ОПЕК», хотя на самом деле ОПЕК контролирует не более половины добываемой в мире нефти. В современной микроэлектронике зависимость от нескольких компаний значительно выше.

#### Революция чипов

Эта история началась в 1945 году. Только что отгремела Вторая мировая война. Решающую роль в ней сыграла сталь, из которой были сделаны танки и самолеты, однако в войнах будущего и во всех остальных сферах жизни решающее значение впредь будет иметь «умное железо» — начиналась эпоха компьютеров.

Электронные сигналы в первых устройствах обрабатывались с помощью вакуумных трубок. Хрупкие стеклянные трубки были единственным, но не слишком удобным решением. И вот физик Уильям Шокли, служащий в корпорации Bell Labs в штате Нью-Джерси, решил создать другой проводник тока. Вернее, полупроводник: поток электронов в электрической цепи должен быть определенной мощности, иначе устройство не будет работать. Для этого годился кремний: в спокойном состоянии материал не проводит ток, а при воздействии на него электрического поля, тепла или света он становится проводником.

После изобретения кремниевого транзистора возникла еще одна проблема. Компьютеру требуется не один и не два, а сотни транзисторов. Провода, которые соединяют их, в конце концов превращаются в запутанные клубки. С этой проблемой справился еще один технический гений — Джек Килби, инженер

Техаз Instruments. Килби изобрел интегральную схему: в соответствии с принципом интеграции отдельные функциональные компоненты устройства (транзисторы) были сформированы в слоях полупроводниковой пластины. Сегодня мы называем это чипами. В прикладной науке произошла очередная революция.

#### Рождение Кремниевой долины

В 1957 году группа инженеров ушла от Уильяма Шокли и основала компанию Fairchild Semiconductor. С нее началась Кремниевая долина. Научной частью Fairchild стал руководить Гордон Мур, а ключевую роль в будущем чипов сыграл Боб Нойс — физик и коммерсант. Нойс одновременно с Килби пришел к идее интегральной схемы и запатентовал ее.

В том же 1957 году СССР запустил первый искусственный спутник. Соперничество в космосе стало самым острым политическим вопросом двух сверхдержав. Первый крупный заказ на чипы Fairchild получила от НАСА, которое готовило полет на Луну. Именно благодаря компактным микросхемам компьютер, управлявший «Аполлоном-11», весил всего 70 фунтов — в 1000 раз меньше, чем компьютер ENIAC, рассчитывавший артиллерийские траектории во время Второй мировой войны.

Техаз Instruments, на которую работал Килби, стала сотрудничать с Пентагоном. Предметом сделки были интегральные схемы для ядерных ракет. Военные, само собой, были заинтересованы в их максимальной точности. Чем больше накалялись отношения между США и СССР, тем лучше шли дела у Texas Instruments.

Для обеих компаний быстро встал вопрос массового производства чипов. Чем они меньше, тем тоньше должна быть работа. Решением стала фотолитография: в этом случае сначала создается изображение нужной схемы сборки, а затем оно переносится

на подготовленный образец. Метод был запатентован в конце 1950-х годов.

#### Чипы захватывают мир

Гордон Мур в 1965 году сформулировал правило, известное как закон Мура: «В результате технологического прогресса мощность вычислительных устройств будет удваиваться каждые два года». Значит, устройства будут становиться все умнее и дешевле. Уже в 1960-х Муру было совсем нетрудно вообразить компьютеры в каждом доме. Более того, он и его коллеги понимали: не сделать это бизнес-стратегией было бы преступлением.

В 1960-е военные бюджеты стали сокращаться, но Нойс и его команда в это время уже были готовы выйти на гражданский рынок. Они не только предложили полную линейку готовых интегральных схем, но и продавали их чрезвычайно дешево, иногда ниже себестоимости, чтобы привлечь клиентов. И продажи росли: если в 1957 году в США продавалось 1000 компьютеров, то спустя 10 лет — 18 700.

В 1953 году Япония, находясь в орбите влияния Америки, получила лицензию на производство транзисторов. Страна восходящего солнца решила сделать ставку на потребительские товары, которые работают на транзисторах, такие как радиоприемники. Если в 1965 году японский экспорт электроники составлял \$600 млн, то в 1985-м — фантастические \$60 млрд.

В 1968 году Нойс и Мур уволились из Fairchild, чтобы создать Intel. Спустя два года новая компания выпустила свой первый продукт — чип памяти DRAM (dynamic random access memory). DRAM работают в компьютерах и по сей день. А в ноябре 1971 года был выпущен первый в мире коммерчески доступный микропроцессор Intel 4004. В первый год он продавался не слишком хорошо, но для грядущей миниатюризации компьютеров сыграл принципиальную роль. Так произошла еще одна компьютерная революция.

#### Путь в Азию

В 60-х годах прошлого века Япония стала лидером в производстве транзисторов и бытовой электроники. Американские компании начали переносить производство в Азию. Причины просты: нет профсоюзов, много выносливой рабочей силы со смешными по американским меркам зарплатами. В середине 1960-х зарплата в Гонконге составляла 25 центов в час (в 10 раз меньше, чем в США), на Тайване — 19 центов, в Малайзии — 15, Сингапуре — 11, Южной Корее — всего 10. Многие страны Азии, в том числе Япония, боролись за открытие заводов именно у них, щедро предоставляли субсидии и прочие льготы.

В начале 80-х в американской электронной промышленности возник кризис: японские фирмы вытесняли их из бизнеса. Правительство Японии субсидировало исследование по чипам и защищало внутренний рынок. Также у японцев был дешевый капитал под

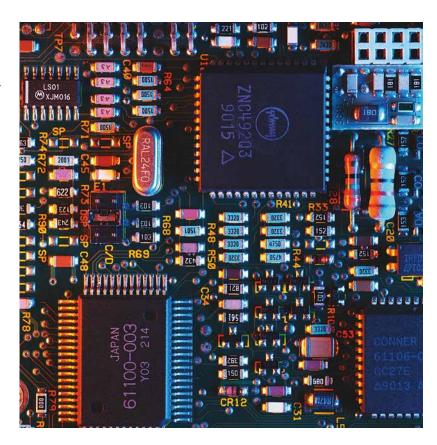
6–7% (у американцев — 18%). Ставка ФРС в 1980 году достигла 21,5%.

К началу 90-х Япония была лидером в производстве чипов для компьютерной памяти, на эту страну приходилось 46% от всех мировых вложений капитала в исследования в этой сфере, еще 35% приходилось на Соединенные Штаты. Когда в далеком 1953 году президент Sony Акио Морита посещал США, он заказал мороженое, которое ему принесли с маленьким бумажным зонтиком. «Зонтик производят у вас, в Японии»,— с ухмылкой заметил официант. Через 30 лет американцам уже было не до смеха.

Позиция Intel была близка к катастрофе, концерн быстро терял рынок, не выдерживая конкуренцию с Японией по цене и качеству. Руководитель Intel Эндрю Гроув решил сделать ставку на процессоры для персональных компьютеров с архитектурой х86. Девизом Гроува была фраза «Выживают только параноики», впоследствии она стала названием его книги.

Япония «проспала» появление рынка процессоров для ПК. Лидерами стали Intel и АМD. Впрочем, впоследствии Intel упустила рынок чипов для смартфонов. К тому времени у руля Intel стоял не инженерпараноик Эндрю Гроув, а экономист-маркетолог. В 2006 году новый СЕО решил, что это нишевый рынок и нет смысла на него отвлекаться.

Нарастала конкуренция и с Южной Кореей. Япония держала 80% рынка чипов памяти в 1980-е, а в 1998-м — только 20%.



 $N^{\circ}6 = 2023$ 

В 1985 году в мировом разделении труда Тайвань был всего лишь сборщиком — сотрудникам компаний острова доверяли лишь тестирование и упаковку чипов, которые производили за границей. Все это приносило очень маленькую долю прибыли. Одновременно росла конкуренция с Китаем из-за более дешевой рабочей силы, так что Тайвань рисковал вылететь из бизнеса. Поэтому руководство страны решило создать современное производство чипов по дизайну других компаний. Часть денег выделило правительство, часть — голландский концерн Philips, часть выколотили из местных предпринимателей. Специалистов собирали по всему миру.

В итоге в 1987 году была основана компания ТЅМС. Ее положение было уникальным: компания выпускала чипы для множества заказчиков, в том числе и для стартапов в Америке. Теперь не надо было иметь свое производство, заказ и дизайн можно было доверить тайваньской фабрике. Это оказалось выгодно всем.

Литографические машины производили Nikon, Canon и голландская компания ASML (Philips выделил подразделение по литографии в отдельный бизнес). Концентрация и разделение труда помогали эффективности.

#### «Сделано в Китае»

Пентагон с осторожностью смотрел на международные цепочки. Но решил, что выгода от международного бизнеса перевесит и Китай станет responsible stakeholder (ответственной заинтересованной стороной). Усиленный контроль может повредить американским фирмам, но не остановит Китай. США приняли стратегию двигаться быстрее конкурентов.

Но Китай смотрел на цепочки поставок с еще большей осторожностью. Ведь чипы имели критическую важность для страны, и их поставки нельзя было заменить так же легко, как нефть. В 2015 году компартия решила за 10 лет снизить зависимость от иностранных чипов с 85% до 30%. Программу назвали «Сделано в Китае». Однако эта программа угрожала благосостоянию тех соседей, которые также зависели от производства и продажи чипов, — Тайваню, Сингапуру, Южной Корее, Малайзии.

Компартия начала щедро субсидировать исследования и производство. Также китайцы решили купить часть акций иностранных предприятий, хакнуть их секреты, подкупить работников. Иногда это удавалось, иногда нет. Например, в 2015 году АМD была близка к банкротству и продала часть заводов, а также часть технологий китайцам. Рассуждали так: деньги нужны сегодня, чтобы выжить, а технология для компании второстепенная, ничего страшного. Так же поступила и IBM.

Уже к концу президентства Обамы у Америки возникли серьезные подозрения по поводу Китая в целом

и компании Huawei в частности. Ниawei обогнал Nokia и Ericsson в оборудовании для связи по технологии 5G. Ведь Huawei, который имел тесные связи с компартией и ВПК, получал возможности шпионить через свою сеть. Уже при Трампе на Huawei наложили санкции. А это серьезно, ибо современные фабрики используют либо ПО из Америки, либо другое оборудование. Для тайваньской TSMC самым главным заказчиком был Apple со своими процессорами, вторым по объемам — Huawei. TSMC подчинилась санкциям.

Тем не менее Китай вкладывает миллиарды в идею замкнуть максимум технологических цепочек внутри страны. В январе 2020 года десятимиллионный Ухань закрыли на карантин. Несмотря на жесточайшие меры, фабрика YMTC по производству флэш-памяти продолжила работу. Есть вещи с большим приоритетом, чем вирус.

#### Миром правит кремний?

Получится ли у Китая осуществить план? Пока не ясно. Требуются не только сотни миллиардов, но и опытные кадры, доступ к самым передовым исследованиям и продуктам других лидеров рынка. Но по менее передовым чипам у Китая позиция более сильная. Во время пандемии COVID-19 производство перестроилось. В 2020-м упал спрос на автомобили, в которых тоже используют много чипов, но вырос спрос на домашние компьютеры, серверы и прочее оборудование. В 2021 году спрос на автомобили восстановился, но возникла нехватка чипов. Если одного из нескольких сотен чипов не хватает, то автомобиль не сможет покинуть завод. По мнению Криса Миллера, это следствие политики «just in time», когда складские запасы минимальны, а все детали подвозят в нужное время. Это очень эффективно в «нормальное» время, но добавило Китаю массу проблем в постковидный период.

Как пишет Крис Миллер, Китай давно рассматривает Тайвань как свою часть. Если с заводом TSMC что-то случится, то для строительства, оборудования, наладки и запуска производства в другом месте потребуется около 5 лет. Все это время на мировом рынке будет жесткая нехватка чипов. Это издержки концентрации рынка. Одна ракета, которая прилетит на завод, принесет убытки на сотни миллиардов долларов. На Тайване уверены, что силовой захват острова Китаем невозможен, ведь их охраняет здравый смысл и остро необходимое всему миру высококлассное производство. И, конечно, что США непременно придут им на помощь.

Крис Миллер считает, что по-настоящему сегодня мир зависит не от нефти или золота, а от кремния. Для успешного внедрения высоких технологий, в том числе самой передовой, такой как искусственный интеллект, нужны три условия: данные, умные алгоритмы, вычислительные мощности. По первым двум показателям Китай уже сравнялся с США.

Сможет ли Россия не упустить свой шанс в битве чипов?

ДАВАИ ПОДЕЛИСЯ Спрашивайте! От А до Я! От «Атомэнергомаша» до ЯОКа, от освоения Арктики до строительства АСММ в Якутии, от атомной науки У вас есть уникальная возможность задать вопросы топ-менеджерам и ведущим экспертам. до ядерных прорывных технологий— телеграм-канал газеты «Страна Росатом» рассказывает о важных событиях от А до Я. Присоединяйтесь, с нами Будьте в курсе! интересно! Чтобы подписаться, В нашем телеграм-канале — горячие отсканируйте QR-код или вбейте в поиске новостии оперативные комментарии, в том числе выходящие далеко за пределы Самое полное хранилище актуальных фотоматериалов Выигрывайте призы! атомной отрасли в медиабанке газеты Мы регулярно проводим конкурсы среди подписчиков. «Страна Росатом».

 $N^{\circ}6$  2023

