

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№7 | сентябрь | 2024

Главная тема

Быстрые реакторы

От инновационных реакторных установок — к созданию систем поколения IV

В номере

Зарубежные стройки Росатома 30

Карьера для будущих атомщиков 39

Рынок урана 46



Уважаемые читатели!

Человечество достигло консенсуса в признании того факта, что атомные электростанции не оказывают негативного воздействия на климат. Однако, несмотря на заявленные цели зеленого энергоперехода, глобальные темпы развития ядерной энергетики в настоящее время остаются достаточно скромными. Одна из причин — проблема обращения с РАО и ОЯТ. Тем не менее современная ядерная энергетика имеет технологические возможности для реализации замкнутого топливного цикла, при котором ее воздействие на окружающую среду будет значительно меньше, чем у других существующих сегодня энерготехнологий.

Мы рассказываем о работе Росатома в области «быстрой» тематики, в том числе о создании инновационных реакторов на быстрых нейтронах, которые станут основой ядерных энергетических систем поколения IV, а также о том, как готовят будущих атомщиков, которым предстоит эти системы создавать.

Также вы узнаете, как идет строительство АЭС «Куданкулам» в Индии, какими достижениями встречает свой юбилей старейший проектный институт в атомной отрасли — сейчас он носит название Санкт-Петербургский филиал АО «Атомэнергопроект», каковы основные тенденции на мировом рынке урана и многое другое.

**ВЕСТНИК
АТОМПРОМА**

№ 7, сентябрь 2024 года

Информационно-аналитическое издание

Фото на обложке
Белоярская АЭС

Главный редактор
Юлия Долгова
dolgova@strana-rosatom.ru

Выпускающий редактор
Ольга Еременко

Дизайн и верстка
Анна Бабич, Валерий Балдин

Корректор
Алина Бомбенкова

Учредитель, издатель и редакция
Общество с ограниченной ответственностью «НВМ-пресс»

Адрес 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 №ФС77-59582
от 10 октября 2014 года

Тираж 1980 экземпляров.
Цена свободная.
Подписано в печать: 24.09.2024

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-008/24.

Содержание

Главная тема

КОРОТКО

Энерготехнологии для будущего 4

Ядерная энергетика способна стать приоритетной экологически чистой энерготехнологией в глобальном масштабе

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

«Ядерная энергетика может стать базовой основой устойчивого развития» 6

Евгений Адамов, научный руководитель проектного направления «Прорыв» и НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала, — о создании основ крупномасштабной ядерной энергетики при замыкании ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах

РАДИОЭКОЛОГИЯ

Радиационная безопасность персонала Росатома 13

Новые рекомендации МКРЗ

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

«Каждая активная зона имеет свой характер и свое лицо» 14

Александр Жуков, начальник комплекса БФС АО «ГНЦ РФ — ФЭИ», рассказывает, как работают критические стенды и для чего они нужны

ЗАМЫКАНИЕ ЯТЦ

БН, жги! 20

В Росатоме началась опытно-промышленная эксплуатация ядерного топлива с минорными актинидами

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

«У нас вся жизнь перспективная и динамичная» 22

Юрий Драгунов, заведующий кафедрой «Ядерные реакторы и установки» МГТУ им. Н. Э. Баумана, академик РАН, — о том, как готовят конструкторов ядерных энергетических установок

Партнеры атомной отрасли

Дорога к успеху 26

25 лет Группе компаний «Бентонит»

Зарубежные проекты Росатома

Великолепная шестерка 30

Как идет строительство энергоблоков российского дизайна в Индии

Юбилей

Пять лет до столетия 34

Старейший проектный институт атомной отрасли отмечает юбилей

Подготовка кадров

Карьера со школьной скамьи 39

Как «Росэнергоатом» работает с учителями, школьниками и студентами

Наука

У нас нейтроны 44

Ученые НИЯУ «МИФИ» и Росатома заставили «узника атомного ядра» определять химический состав сложных веществ

Рынок сырья

Уран в замедленном росте 46

Обзор процессов на мировом урановом рынке

ИЦАЭ

Это фантастика! 52

Как фантастические произведения влияют на научно-технический прогресс и образ будущего

Книжная полка

Праздный класс как тормоз прогресса 56

Почему демонстративное потребление мешает экономическому развитию

Энерготехнологии для будущего

Ядерная энергетика обладает важными принципиальными особенностями по сравнению с другими энерготехнологиями. Так, ядерное топливо имеет в миллионы раз большую концентрацию энергии, а доля затрат на сырье в ядерной энергетике существенно меньше, чем на органическое топливо в генерации на нем, следовательно, себестоимость энергии менее зависима от волатильности цен на сырье. Ядерная энергетика по сравнению с альтернативными низкоуглеродными энерготехнологиями требует гораздо меньше земельной площади для генерации одного и того же количества электроэнергии, а также существенно менее зависима от потребностей в материалах, критических для энергоперехода.

Таким образом, ядерная энергетика имеет колоссальный потенциал для снижения текущей

зависимости энергосистем от органического топлива на основе нефти, угля и природного газа и при исключении тяжелых аварий и окончательном решении проблемы ОЯТ способна стать приоритетной экологически чистой генерацией в глобальном масштабе.

Материалы главной темы номера рассказывают о достижениях Росатома в области разработки реакторных установок на быстрых нейтронах, в том числе принципиально нового типа, и инновационных технологий ядерного топливного цикла. Они открывают возможности для создания ядерных энергетических систем четвертого поколения и, соответственно, получения в течение следующих тысячелетий чистой энергии в количествах, необходимых для удовлетворения растущих потребностей человечества.

Текст подготовил Андрей Резниченко
 Фото: газета «Страна Росатом», Топливный дивизион Росатома

Евгений Адамов, научный руководитель проектного направления «Прорыв» и НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала:

«Ядерная энергетика может стать базовой основой устойчивого развития»



В этом году первая в мире атомная электростанция — Обнинская АЭС — отметила 70-летие. За все эти годы мировое общество так и не пришло к консенсусу, можно ли считать энергию атома зеленым источником, прежде всего в силу причин, связанных с образованием радиоактивных отходов в процессе эксплуатации АЭС. Задача создания устойчивой ядерной энергосистемы, конкурентоспособной в масштабах

мировой энергетики и переводящей ядерную энергию фактически в разряд возобновляемых источников, может быть решена в ближайшие десятилетия. Евгений Адамов, доктор технических наук, научный руководитель ПН «Прорыв», рассказал «Вестнику атомпрома» о создании основ крупномасштабной ядерной энергетики при замыкании ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах.

— Евгений Олегович, ваш вклад в разработку и реализацию стратегии двухкомпонентной ядерной энергетики высоко оценен: вы стали одним из лауреатов Госпремии за эту работу. Можете ли вы назвать некую отправную точку, когда вы заинтересовались этой тематикой? Когда стало понятно, что эта стратегия в нашей стране принципиально реализуема?

— Премия все-таки не за реализацию, а за вклад в разработку научно-технических основ, обоснование того, что еще предстоит сделать. Стратегия развития ядерной энергетики, одобренная правительством РФ в 2000 году, стала первым государственным решением по перспективам развития на базе двухкомпонентной ЯЭ, а инициатива нашего президента на Саммите тысячелетия в ООН в том же году — политической поддержкой опоры устойчивого развития человечества в энергетическом плане на новую технологическую платформу ЯЭ. Стартовой точкой работ по формированию этой платформы стала статья в журнале «Атомная энергия» в 1992 году¹.

Сергей Владиленович Кириенко в 2011 году поверил в возможность ее реализации и начал ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения», в рамках которой в 2013 году появился проект «Прорыв», ставший теперь приоритетным проектным направлением в отрасли.

— Неотраслевые СМИ периодически пишут о замыкании ЯТЦ как о свершившемся факте, реагируя, например, на новости с Белоярской АЭС так: «Реактор БН-800 замкнул ядерный цикл». Когда мы по праву сможем называть топливный цикл в российской ядерной энергетике замкнутым и это будет корректно с научной точки зрения?

— Все СМИ следуют строчке П. Вяземского «и жить торопится, и чувствовать спешит». Помню, в газете «Социалистическая индустрия» в советские времена, этот год в 1965, объявили, что работает термоядерная электростанция. Теперь наперегонки упражняются с утверждениями о запуске реактора IV поколения. Термин о поколениях был запущен в проектах ИНПРО (Международный проект по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам. — Прим. ред.) по нашей инициативе и проектах Gen IV (Международный форум «Поколение IV» — Generation IV International Forum. — Прим. ред.) — по американской около 2000 года применительно отнюдь не к тем или другим реакторам, а к системам ядерной энергетики.

Определению «Поколение IV» соответствуют ядерные энергетические системы при замыкании ядерного

топливного цикла, детерминистическом исключении аварий, требующих эвакуации населения, окончательно решающие проблему ОЯТ. Мы добавили к ним технологическое укрепление режима нераспространения делящихся материалов и ядерного оружия, а также конкурентоспособность с другими крупными генерирующими системами. Потому и полное соответствие этим требованиям можно ожидать к середине 2030-х годов, когда в ядерной энергетике начнут одновременно работать крупные АЭС как с тепловыми, так и с быстрыми реакторами. Можно назвать этот период переходом к ядерной энергетике на новой технологической платформе.

Начало работы на смешанном уранплутониевом топливе положили французы во второй половине прошлого века, запустив серию реакторов на быстрых нейтронах на смешанном окисном уранплутониевом топливе (МОКС). С 2023 года полностью на МОКС переведен и реактор БН-800 на Белоярской АЭС. Все это следует считать шагами к созданию ядерных энергетических систем IV поколения. В полноте ее демонстрация состоится на площадке СХК в 2030 году, когда будет замкнут ЯТЦ на опытно-демонстрационном комплексе (ОДЭК).

— В отраслевых изданиях встречаются термины «открытый», «замкнутый», «трансмутационный», «короткий ЯТЦ» и другие. Важны ли они для понимания сути передовых разработок Росатома?

— Принципиально отличаются открытый и замкнутый топливные циклы, а все остальное — лишь частности каждого из них. В открытом цикле стартовой позицией является добыча уранового сырья, затем технологические операции по выделению, очистке и обогащению урана, изготовлению топлива и производству тепловой энергии в реакторе с перспективой утилизации ОЯТ. Пока во всем мире проблему ОЯТ считают отложенной. При замыкании ЯТЦ на многие годы отпадает необходимость добычи урана, поскольку при обогащении и выделении ²³⁵U, основного сырья нынешней ядерной энергетики, накоплены значительные запасы ²³⁸U, который и будет использован для реакторов на быстрых нейтронах.

Минорные актиниды, определяющие долговременную активность ОЯТ, выжигаются в РБН, обладающих значительным избытком нейтронов, почему ЗЯТЦ иногда и называют трансмутационным. Благодаря трансмутации окончательно решается проблема ОЯТ. Если до захоронения ОЯТ тепловых реакторов следует подождать, когда его потенциал биологической опасности сравняется с урановым сырьем (миллион лет) или обеспечить контролируемое в течение такого

¹ Орлов В. В. и др. Нетрадиционные концепции АЭС с естественной безопасностью (новая ядерная технология для крупномасштабной ядерной энергетики следующего этапа) / Орлов В. В., Аврорин Е. Н., Адамов Е. О., Васильев А. П., Велихов Е. П., Вертман А. А., Горынин И. В., Громов Б. Ф., Звездин Ю. И., Игнатов В. А., Слесарев И. С., Солонин М. И., Субботин В. И., Хромов В. В. (коллектив авторов из НИКИЭТ, ВНИИТФ, ИАЭ им. И. В. Курчатова, ЦНИИТМАШ, ЦНИИКИМ, ФЭИ, ВНИИНМ им. А. А. Бочвара, МИФИ) // Атомная энергия. — 1992. — Т. 72. — Вып. 4. — С. 317–329.

периода его захоронение, то выравнивание потенциала биологической опасности после трансмутации в РБН происходит за 150–300 лет. На одной площадке промышленного энергетического комплекса, которые и целесообразно строить, происходит полное замыкание топливного цикла, а внешние перевозки связаны только с подвозом обедненного или природного урана. Благодаря исключению необходимости обогащения урана, исключению внешних перевозок делящихся материалов, сохранению их в технологическом процессе ПЭК, укрепляется режим нераспространения.

— Верно ли, что без решения проблемы трансмутации минорных актинидов нельзя говорить о полноценном замыкании ЯТЦ? Будет ли эта технология осваиваться на ОДЭК? Будут ли БН-1200 и БР-1200 дожигать минорные актиниды?

— О замыкании ЯТЦ можно говорить при полном использовании энергетического потенциала уранового сырья, достигаемого при переработке ОЯТ, и использовании как невыгоревших делящихся изотопов из него, так и запасов ²³⁸U, лежащих в настоящее время в отвалах обогатительных производств. В настоящее время в БН-800 загружается топливо с минорными актинидами. Следующий этап — загрузка топлива с МА в БРЕСТ на ОДЭК и РБН в составе ПЭК. Расчеты подтверждают возможность на рубеже текущего века не только ликвидировать запасы ОЯТ, но и трансмутировать все накопленные минорные актиниды в РБН.

— Принято ли решение, на каком топливе будет работать БН-1200, оксидном или нитридном? На что влияет этот выбор? Экономика, параметры замыкания ЯТЦ, еще какие-то характеристики?

14 тонн

СНУП-топлива в год — мощность модуля фабрикаци-рефабрикаци топлива на ОДЭК (планируемая сдача в эксплуатацию — 2024 год)

9%

выгорание СНУП-топлива, подтвержденное в ходе экспериментов (показатель, характерный для тепловых реакторов)

— Для реакторов на быстрых нейтронах плотные топлива имеют ряд преимуществ перед оксидным (МОКС), которое использовалось на предшествующей стадии ввиду более освоенной для тепловых реакторов технологии. Поэтому они и разрабатываются в разных странах: в США — металлическое, Франции и Индии — карбидное. В СССР строился на «Маяке» цех 300, который предполагалось использовать для экспериментального производства всех этих видов топлива.

На основе полученных еще в прошлом веке знаний мы выбрали смешанное нитридно-уранплутониевое топливо (СНУП), в малом объеме (несколько сотен килограмм в год) уже производимое на двух установках на СХК. Это позволило испытать его как на исследовательских реакторах, так и на БН-600, получив подтверждение ресурса вплоть до выгорания, характерного для тепловых реакторов (9% максимально).

В этом году сдается в эксплуатацию производственный комплекс на ОДЭК мощностью 14 тонн СНУП в год (МФР), достаточный для обеспечения топливом как БРЕСТ-300, так и (после модернизации и повышения мощности до 21 т/г) БН-1200М. Комплекс этот пригоден и для производства МОКС. В 2025 году должен быть сделан выбор типа топлива для развития производств, необходимых для АЭС с реакторами на быстрых нейтронах: по проекту Генсхемы таких до 2042 года должно быть построено восемь.

— Расскажите о текущем состоянии проекта «Прорыв». Все ли идет по графику? Каких ключевых событий можно ожидать в ближайшее время?

— В проектном направлении «Прорыв» удалось собрать сильную команду, создать эффективную систему управления, благодаря чему в рамках НИОКР за небывало короткий срок удалось решить ту топливную задачу, о которой речь шла выше. Были предсказания, что на это потребуются 30 лет, мы ее решили за 10. С проектантами и строителями сложнее.

На площадке СХК в рамках проекта «Прорыв» ведется строительство объекта, важного для всей мировой атомной отрасли, — Опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК)



Рабочей документации по давно установленным правилам (к 1 октября года, предшествующего году строительства) нет и в помине. За время строительства ОДЭК генподрядчиков пришлось поменять трижды. Сейчас работает «Титан-2», получше, чем предшественники, но не идеально. Благодаря личному вниманию Алексея Евгеньевича Лихачева и тому, что Александр Маркович Локшин (первый заместитель генерального директора Росатома по развитию новых продуктов атомной энергетики.—Прим. ред.) практически работает прорабом, что неправильно, но пока необходимо, в этом году можно ждать выполнения ключевого события — сдачи в эксплуатацию топливного производства (МФР).

— Можно ли говорить о том, что в рамках реализации ПН «Прорыв» уже к настоящему моменту получены какие-либо выдающиеся, уникальные или, может быть, неожиданные результаты?

— Обоснование работоспособности СНУП до 9% выгорания, безусловно, таким результатом является, аналогов в мире нет. За годы выполнения нашего проекта созданы в основном усилиями ИБРАЭ РАН программы и программные комплексы, не просто заменившие импортные, по ряду показателей они лучше, чем зарубежные аналоги. В мире нет механических насосов с перекачкой 11 т/сек — мы при испытаниях насоса, созданного в ЦКБМ, экспериментально подтвердили такие параметры. Создано несколько технологий, связанных с переработкой ОЯТ благодаря привлечению нескольких академических институтов и уникальных конструкций, в том числе для экспериментальных исследований.

— Строительство ОДЭК идет полным ходом, означает ли это, что все научные исследования по этому проекту уже выполнены? Если они

продолжаются, то расскажите, над чем сейчас работают ученые.

— Полным ходом идет эксплуатация АЭС с ВВЭРами, но одновременно продолжают связанные с ними НИОКР. Это нормальная ситуация. Если и когда НИОКР прекращается, значит, технология гложет, а созданные объекты будут выводиться из строя. Тем более с только еще рождающейся новой технологической платформой: НИОКР идут по всему фронту, но уже не на стадии первоначальных НИР, а применительно к завершающей стадии создания ОДЭК и началу обоснования проектов ПЭК.

— Как влияет на реализацию проекта «Прорыв» текущая геополитическая ситуация? Приходит ли вносить какие-либо изменения в связи с необходимостью импортозамещения? Продолжается ли сотрудничество в рамках Gen IV?

— Косвенное влияние есть: раньше поковки можно было получить дешевле и быстрее даже из Италии. Теперь стоим в очереди к нашим производителям. Вряд ли стоит напоминать о проблемах с элементной базой. По поводу Gen IV напомню, что форум этот был создан американцами, в пику нашей инициативе по ИНПРО. И если ИНПРО изначально был нацелен на полноценное сотрудничество (и не испортили бы его любители пустопорожних упражнений), то Gen IV замыслился американцами как способ получать информацию от конкурентов, ничего не предлагая взамен. Так что, работает ли Gen IV или делает вид, что сотрудничество продолжается, на нашем проекте никак не сказывается.

— В мае появились сообщения, что Индия может присоединиться к проекту «Прорыв». Можете ли вы прокомментировать эту новость?

На энергоблоке №4 Белоярской АЭС в реактор БН-800 в июле 2024 года впервые загружены тепловыделяющие сборки с уранплутониевым МОКС-топливом с минорными актинидами



— Профессор Моханти, в конце прошлого года возглавивший работы по ядерной энергетике в Индии, недавно побывал на ОДЭК. Мы информировали его о состоянии работ по ЗЯТЦ на базе РБН. Он подтвердил, что Индия имеет одинаковые подходы, с тем лишь отличием, что ввиду отсутствия крупных запасов урана планируется использовать торий. Для нас это интересно с точки зрения физики и экономики, но практическая необходимость менять уранплутониевый цикл на ториевый возникнет через сотни лет.

— На какой стадии в настоящее время находятся работы по реактору большой мощности со свинцовым теплоносителем? Будет ли БР-1200 в чем-то принципиально отличаться от БРЕСТА или дело только в увеличении мощности? Есть ли понимание, когда и на какой площадке будет строиться БР-1200?

— Работу по РУ БР-1200 пока мы ведем на стадии технического проекта, в рамках которого используется значительное число конструктивных решений БРЕСТА. Не следует забывать, что БРЕСТ является не просто демонстрационной, а и опытной установкой, в которой есть дублирование некоторых подходов с тем, чтобы выбрать оптимальные. По планируемому времени сооружения ПЭК — промышленного энергокомплекса (2034–2036 гг.) — есть возможность использовать результаты ОКР на БРЕСТе, физический пуск которого должен состояться в 2026–2027 годах. Что касается площадки для первого ПЭК, то мы изначально ориентировались на ранее выбранную для сооружения Южно-Уральской АЭС, с преимуществами расположения рядом с комбинатом «Маяк». Однако системный оператор при подготовке проекта Генсхемы размещения АЭС настоял на Красноярском регионе. Вероятно, прав Андрей Ювенальевич

Петров (первый заместитель генерального директора Росатома по атомной энергетике.— Прим. ред.), что целесообразно вести подготовку, в том числе изыскания, на нескольких площадках, так как актуализация Генсхемы происходит раз в три года, и к концу этого десятилетия следует быть готовым к строительству по любому из рассматриваемых вариантов.

— Вы сказали, что по проекту Генсхемы размещения объектов электроэнергетики до 2042 года должно быть построено восемь РБН. Можете ли озвучить какие-то подробности? Когда, где, сколько и каких — со свинцовым и натриевым теплоносителем?

— Проект Генсхемы секретным не является, недавно он стал предметом общественных обсуждений.

Все, что вы видите на рисунке 1, соответствует этому проекту до 2042 года (без установок малой мощности), а далее — не более чем основа для анализа потребности в материальных, финансовых ресурсах в активном сценарии сооружения ПЭК с реакторами на быстрых нейтронах. Уже начальная стадия этого анализа показала, что с учетом общей стратегии развития ядерной энергетики в РФ, одобренной Стратегиетом госкорпорации «Росатом», целесообразно сооружение в период до 2050 года более чем одного блока РБН — речь идет как о прогнозируемых потребностях в электроэнергии, так и о синхронизации с развитием топливного комплекса.

Зеленым цветом на рисунке показаны РБН. Будут ли они с одним или с другим типом теплоносителя или топлива, покажет будущее. В современной ядерной энергетике сосуществуют блоки с водой под давлением и с кипящим теплоносителем, и я не вижу

причин заранее ограничивать себя с выбором. Важно несколько условий: работа в ЗЯТЦ, уровень безопасности, исключающий необходимость эвакуации населения при любых авариях, экономическая приемлемость.

— В последнее время публикуется много данных о стремительном удешевлении технологий ВИЭ, есть зарубежные стартапы, которые обещают коммерциализировать технологии термоядерного синтеза через 25–30 лет. Что должно давать нам уверенность в том, что энергоблоки, которые мы строим сегодня и собираемся строить завтра и которые могут работать 60–80, а то и 100 лет, будут конкурентоспособны в течение всего этого времени?

— В течение ряда лет вместе с академиками В. А. Глухих, Б. Б. Кадомцевым, директором ВНИИИМ М. И. Солониным мы входили в так называемый ТАС (Technical Advisory Committee) — Технический консультационный комитет. В его составе с участием десятков специалистов в США, Германии, Японии или России ежеквартально принимали участие в мозговых штурмах с оценкой состояния и перспектив международных проектов термоядерных установок. Моя роль состояла в оценке реакторной части проектов: бланкеты, тритиевые, литиевые системы, возможная экономика. На основе этого опыта могу утверждать, что до 2050 года разворачивания энергетики на основе термояда не будет.

Не столь очевидна судьба термояда до конца этого века, но, скорее всего, речь может идти только о демонстрационных установках, и не обязательно типа токамак, который сейчас сооружается в рамках международного проекта в Кадараше (Франция). Удешевление солнечных и ветровых энергетических установок действительно происходит, но не забывайте, что коэффициент использования установленной мощности у них не превышает 30%.

Говорил еще в 1990-е и повторю сейчас: от каждой генерации следует взять все, что возможно и экономически приемлемо в конкретных условиях данного региона. Бурное развитие возобновляемых источников происходило на протяжении последних 20 лет, однако их доля в мировом производстве электричества остается меньше 15%. Ядерная энергетика предсказуема, не зависит от инсоляции и скорости ветра, волатильности цен рынка органики и может стать базовой основой устойчивого развития. С такой инициативой выступил президент нашей страны еще в 2000 году на Саммите тысячелетия в ООН. Сейчас мы ее практически и реализуем.

— Как вы думаете, когда мировые инвесторы начнут оценивать конкурентоспособность не отдельных проектов энергоблоков, а всей ядерно-энергетической системы в масштабах, например, государства или макрорегиона? Что для этого нужно, политическая воля или экономические аргументы? Прогнозируете ли вы массовое

«Только новая технологическая платформа открывает путь крупномасштабного развития ядерной энергетики».

строительство РБН в мире и если да, то на каком временном горизонте?

— Не знаю других «инвесторов», кроме государств, которые способны устойчиво реализовывать стратегические проекты. Понимаю, что кто-то захочет напомнить TerraPower Билла Гейтса или Space X Илона Маска. Но институционально (на уровне стратегического планирования, распоряжения национальными ресурсами) развивать крупномасштабные ядерные энергетические системы можно только усилиями государств. Что и происходит сегодня в России и в Китае. В США АЭС частные, и государство упустило на несколько десятилетий инициативу в ядерной энергетике. Итог закономерный: в 2021 году пришлось принимать специальный закон о восстановлении в ней исторически утерянного лидерства. Для развития ядерной энергетики во Франции хватило политической воли президента де Голля, стремившегося к суверенитету, в том числе энергетическому, своей страны. Однако научно-технического потенциала страны оказалось недостаточно, чтобы добиться успеха в замыкании ЯТЦ и создании коммерческих РБН. Так что на первое место выходят именно проблемы научно-технического плана. США, Европа достигли баланса потребностей в обеспечении электроэнергией и вариантов их обеспечения. Африка, ряд стран Азии и Южной Америки на старте выбора. Некоторые из них уже отправились по проторенному пути существующих технологий, но только новая технологическая платформа открывает путь крупномасштабного развития ЯЭ.

— Если говорить шире, смотрите ли вы с оптимизмом на будущее мировой ядерной энергетики? Если представить условную шкалу оптимизма/пессимизма, менялся ли ваш взгляд на протяжении вашей полувековой работы в атомной отрасли?

— ФРГ, безусловно, одна из самых высокотехнологичных стран, и миру очень повезло, что именно она поставила все фишки на СЭУ и ВЭУ, потому что получен уникальный опыт, показавший ошибочность политического решения по выбору приоритетов генерации энергии. Не повезло только самой Германии: за борьбу Меркель с «зелеными», в ходе которой и было в 2011 году принято решение по отказу от АЭС, ФРГ заплатила трехкратным увеличением стоимости электроэнергии. Литва была экспортером электроэнергии при работе Игналинской АЭС, закрыв ее, стала импортером

Рис. 1



с теми же экономическими последствиями. Армения после землетрясения прикрыла АЭС, в Ереване из-за дефицита электричества сожгли деревья на бульварах. Затем страна вернулась не только к эксплуатации ранее построенной станции, но и готовится к строительству новых.

Примеры эти я привожу только для того, чтобы показать, что в краткосрочной перспективе делать прогнозы бессмысленно. Но в перспективе стратегической базироваться на органике, с учетом принципиальной ограниченности ее запасов, а также более обоснованного приоритета для неэнергетического использования, нельзя. В этом случае открывается поле для крупномасштабной ЯЭ. Вероятно, меня следует отнести к оптимистам, иначе трудно объяснить предмет занятий в течение всей профессиональной деятельности.

— Можете ли вы с высоты вашего огромного опыта оценить, что изменилось или меняется сейчас в отечественной и мировой атомной отрасли с точки зрения человеческого фактора? Что из происходящего вам нравится или не нравится?

— С течением времени изменилась квалификация специалистов в области ядерной энергетики: ощутили потерю ярких творцов и преобладание инженерных кадров, строго руководствующихся бесконечным количеством норм и правил. Во времена моей юности отношение к последним было простое: мешают реализации новых проектов, значит, подлежат замене. Сейчас так сильны все регуляторы, а особенно усердны правоохранители, что разработчики новых проектов предпочитают выполнять даже нелепые требования и не заикаются о том, что произошло в других сферах. Регуляторная гильотина прокатилась по нормативному полю, но в сфере ядерной энергетики все осталось без изменений. Персональная

ответственность, так ценимая в СССР активного периода его развития, уступила место коллективной безответственности. Райкинский пиджак, одним словом.

В то же время нельзя не отметить отраслевые изменения. Нам повезло, что отрасль сохранилась в период бездумных преобразований в 1990-е годы, но пострадала она изрядно. Только в 2000 году удалось восстановить максимальный советский (1989 г.) объем производства электроэнергии. Кстате, частным собственникам, на которых активисты преобразований уповали, на это потребовалось еще 5–10 лет. Некоторые отрасли разрушены до основания, гражданская авиация, станкостроение, электроника например, и сейчас прилагаются усилия по их возрождению. Настоящее развитие обеспечил Сергей Владиленович Кириенко, а при Алексее Евгеньевиче Лихачеве отрасль превратилась в наиболее успешную высокотехнологическую в стране. Это не может не радовать.

— Что вы считаете самым важным для того, чтобы большие новые проекты «взлетали»? Насколько здесь важна роль личности — человека-локомотива, который может доказывать на всех уровнях правильность выбранных решений и собирать вокруг себя эффективную команду?

— Никакого развития, да и просто успеха в любом деле (на предприятии, в стране) не может быть, если нет лидера. Без этого нельзя ничего начинать, а при его появлении следует его лелеять, выращивать, оберегать от завистников, любителей вставлять палки в колеса, бездумных и непрофессиональных начальников. Если есть лидер, команду он сам соберет. Лидеру надо доверять. Когда-то, при моем возмущении чем-то, мудрый мой отец сказал: «Люди все одинаковые. Результаты их совместных действий отличаются лишь потому, что руководители бывают хорошими и никудышными».

На фото

В ходе «Атомэкс-2024» гости международного форума знакомы с технологиями замкнутого ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах



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

Радиационная безопасность персонала Росатома: новые рекомендации МКРЗ

В соответствии с действующими в стране Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009) в условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения пределы доз облучения в течение года устанавливаются исходя из следующих значений индивидуального пожизненного канцерогенного риска:

- для населения — $5,0 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹;
- для персонала — $1,0 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹.

Указанные рисковые пределы соответствуют следующим значениям эффективных доз:

- для населения — 1 мЗв,
- для персонала — 20 мЗв.

Единица эффективной дозы — зиверт (Зв) — как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения была введена в 1975 году Научным комитетом ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) после изучения состояния здоровья хибакусей — лиц, переживших в 1945 году атомные бомбардировки городов Хиросимы и Нагасаки. Эта когорта была создана в Японии в 1954 году (через 9 лет после бомбардировки) и включала на тот момент 92 тыс. человек. Понятно, что к 1975 году в Японии были накоплены

предварительные данные радиологических (канцерогенных) последствий облучения.

В 2007 году Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) обобщила данные крупномасштабных эпидемиологических исследований по когорте хибакусей уже за 50 лет наблюдения. Была предложена принципиально новая модель «доза — эффект», впервые включающая оценку канцерогенных рисков с учетом возраста и пола лиц, подвергшихся радиационному воздействию. Установлено, что величина пожизненного обусловленного риска индукции рака (LAR) для женщин выше, чем для мужчин в среднем на 40%. Показано также, что для детей величина LAR существенно превышает порог НРБ — $5 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹, а для взрослых канцерогенный риск по сравнению с НРБ падает примерно в два раза.

В рамках ПН «Прорыв» были разработаны модули интегрированной системы кодов (ИСК) РОЗА (радиологическое обеспечение защиты) для оценки отдаленных эффектов радиационного воздействия на население и персонал с учетом новых рекомендаций МКРЗ. В частности, было показано, что текущий канцерогенный риск персонала АО «СХК», состоящего на индивидуальном дозиметрическом контроле (1859 человек), составляет $2,7 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹, что многократно ниже действующих международных и национальных стандартов по радиационной безопасности.

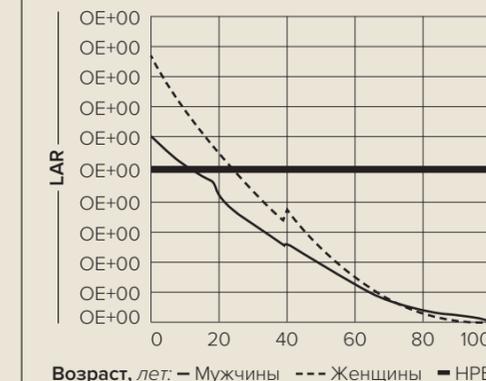
В течение уже более 10 лет в отрасли работает система оценки канцерогенных рисков персонала АРМИР (автоматизированное рабочее место по оценке индивидуального риска). По данным АРМИР, средний канцерогенный риск персонала отрасли в настоящее время составляет $5,4 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹, что более чем на порядок ниже требований НРБ-99/2009, приведенных выше.

Радиационные риски персонала АО «СХК»

	2022
Число лиц на ИДК	1859
Средняя годовая доза, мЗв	1,4
Средняя накопленная доза, мЗв	24,4
Средний стаж, лет	14
Средний возраст, лет	45
Средний риск	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Число лиц с риском более 10^{-3}	2
% от числа лиц на ИДК	0

По данным системы АРМИР

Канцерогенный риск при эффективной дозе 1 мЗв с учетом половозрастной структуры подвергшихся облучению (стандарт МКРЗ)



Текст: Юлия Долгова
 Фото: Росатом / Вячеслав Замыслов



Александр Жуков, начальник комплекса БФС АО «ГНЦ РФ — ФЭИ»:

«Каждая активная зона имеет свой характер и свое лицо»

В рамках реализации стратегии развития двухкомпонентной платформы атомной энергетики Росатом разрабатывает инновационные реакторные установки, которые смогут работать в будущих ядерных энергетических системах поколения IV с замыканием ядерного топливного цикла. Прежде чем разработки конструкторов воплотятся в «железе», необходимо подтвердить расчетные характеристики и обосновать безопасность активных зон будущих реакторов. Как эта работа выполняется на критических стендах в Физико-энергетическом институте им. А. И. Лейпунского в Обнинске (АО «ГНЦ РФ — ФЭИ», входит в Научный дивизион Росатома), «Вестнику атомпрома» рассказал Александр Жуков, начальник комплекса быстрых физических стендов.

— Александр, давайте начнем с небольшого ликбеза. Что такое критический стенд, как он работает, для чего нужен?

— Существует четыре вида гражданских ядерных установок. Первый вид — атомные станции, их задачей является генерация электроэнергии. Второй — исследовательские реакторы, где решаются, например, материаловедческие задачи: когда разрабатываются новые конструкционные стали, их нужно облучить, посмотреть, как они себя ведут. Также на исследовательских установках можно изучать процесс выгорания топлива, нарабатывать изотопы. Далее идут критические и подкритические стенды. Подкритические стенды работают путем внесения какого-либо источника, который повышает эффективный коэффициент размножения нейтронов, но критическое состояние при этом не достигается ни в каком случае. Критические же стенды имеют возможность набрать критическую массу, создать запас реактивности, чтобы максимально

близко соответствовать тем энергиям нейтронов, которые будут в активной зоне реактора. Поэтому именно на критических стендах можно собрать композицию из различных ядерных материалов для экспериментальных исследований характеристик моделируемой активной зоны. Кроме того, активные зоны состоят из различных подзон, экранов, органов регулирования, все это также можно смоделировать на критстендах.

Главное отличие критстендов от реакторов, в том числе исследовательских: здесь не требуется принудительное охлаждение активной зоны, то есть вся активная зона на критстенде находится, по сути, в воздухе, через нее не прокачивается (не циркулирует) никакой теплоноситель, там нет ни жидкого натрия, ни свинца, ни свинца-висмута, ни воды, ни газов.

Кроме того, мощность стендов мала, большие мощности нам не нужны. Выделяемая тепловая энергия просто отдается воздуху в помещении критического стенда. Это как лампочка — она горит, нагревается и свое тепло передает окружающему воздуху. БФС-1 имеет максимально разрешенную мощность 200 Вт, как большая лампочка, БФС-2 — 1 кВт. Казалось бы, смешная мощность по сравнению с энергоблоком АЭС, но нам не нужно вырабатывать электроэнергию или генерировать тепло. Нам нужна наука. И на критстенде этой мощности более чем достаточно, чтобы полностью увидеть «характер» активной зоны. Именно здесь, на критическом стенде, возникает та точка пересечения науки и эксплуатации, когда активная зона выдает характеристики, которые у нее будут в последующем, при реальной эксплуатации, и возможно проведение различных экспериментальных исследований.

Благодаря невысокой мощности в ходе экспериментов не происходит активация конструкционных сталей, облучение ядерного материала, который всегда находится в состоянии свежего топлива. Поэтому сотрудники могут в любой момент зайти в помещение критстенда, добраться до любой части сборки. То есть вся сборка может постоянно перебираться, активной зоне нет необходимости выстаиваться, чтобы сборка «высветилась», так что мы находимся в процессе постоянной работы, практически непрерывных экспериментов.

— В чем особенности именно ваших критических стендов?

— Критстенды БФС — это визитные карточки Физико-энергетического института. Комплекс включает два критических стенда: БФС-1 (быстрый физический стенд) и БФС-2 (большой физический стенд), который является крупнейшим в мире. Наши стенды уникальны: это на данный момент единственная в мире экспериментальная база, на которой можно собрать активные зоны быстрых реакторов, полностью их изучить и в дальнейшем дать заключение, соответствуют ли все заявленные нейтронно-физические параметры активных зон их расчетным характеристикам. Зачем это нужно? Есть определенные характеристики, экспериментальное подтверждение которых требуется существующими процедурами

на пути создания будущей реакторной установки. Мы даем экспериментальные данные, на основании которых можно сделать заключение: соответствует расчетам — не соответствует расчетам.

БФС — это детище еще Александра Ильича Лейпунского, имя которого носит сегодня ФЭИ. Это был действительно великий человек, академик, который своими идеями дал жизнь очень многим установкам. Его талант позволил ядерным установкам работать и на земле, и под водой, и в космосе. И одной из идей Лейпунского были быстрые натриевые реакторы. Для того, чтобы проверить их характеристики, была предложена конструкция БФС. Она оказалась крайне удачной, это очень хорошее инженерное решение.

По конструкции стенды БФС-1 и БФС-2 в общем идентичны, но отличаются по размерам и возможностям. В их активные зоны устанавливаются топливные стержни (по сути, тонкостенные трубы). На БФС-1 труба имеет длину 2,2 м, на БФС-2 — 3,2 м. В активной зоне БФС-1 находится около 2000 топливных стержней, БФС-2 — около 10 000.

Для того, чтобы моделировать активные зоны различных реакторов, в эти трубы помещаются блочки различных материалов. Активная зона любого

БФС-2 в цифрах

5 м

диаметр бака

до $10^9 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

максимальная плотность потока быстрых нейтронов

8

групп органов аварийной защиты

до 3000 МВт (эл.)

мощность быстрых реакторов, для которых размеры стенда позволяют осуществить полномасштабное моделирование активных зон

На фото

Образцы части блочков различных материалов, из которых на БФС собирают композиции активных зон



реактора, грубо, состоит из трех основных частей: конструкционные стали, теплоноситель и ядерный материал (не считая поглощающих материалов). И мы, как из конструктора леги, из сотен тысяч или даже миллионов таких блочков собираем ту композицию активной зоны, которую должны изучить.

Все это на стендах собирается вручную. В предыдущие годы, еще где-то в 1970-х годах, была попытка сделать автоматизированную систему сборки. Но при механическом заталкивании блочков бывало, что повреждались их оболочки: зазора между блочком и трубой, ее внутренним диаметром, практически нет, поэтому перпендикулярность блочка в трубе должна быть близкой к идеальной. Машина такого не чувствует, а человеческие руки — намного более точный инструмент.

— В чем именно заключается то, что вы называете очень удачным инженерным решением?

— Похожее по своим задачам установки ранее были и в других странах — в США, Франции, Японии, но они оказались не настолько универсальными, не выдержали проверки временем и сейчас по ряду причин не работают. Если сравнивать БФС с этими установками, то нужно отметить размеры, которые позволяют нам в настоящее время моделировать действительно большие активные зоны: БН-800, БРЕСТ-ОД-300, БН-1200. Плюс сама конструкция. У нас она классическая относительно активных зон, к которым мы привыкли, где ТВС стоят вертикально, где имеется нижняя дистанционирующая решетка, где доступ к активной зоне для перегрузок — сверху.

Например, японский стенд, который раньше служил для моделирования активных зон быстрых реакторов, имел абсолютно другой инженерный подход. Он состоял из двух частей, которые по рельсам разъезжались друг от друга, туда вручную горизонтально, а не вертикально, загружали стержни квадратного сечения. У каждой половинки были свои органы регулирования. Потом, когда эти две половинки были загружены, они съезжались вместе. У французов другая конструкция: топливные стержни фиксировались не в нижней дистанционирующей решетке, как у нас,

а в верхней. На БФС же как размеры, так и технология сборки-переборки оптимальны и с точки зрения производственных процессов выполнения экспериментальных работ, порядка, количества действий. У нас и размер блочков оказался оптимальным. Тот же японский стенд имел квадратные блочки большого размера, примерно 5 на 5 см. Такие большие размеры блочков вносили свою погрешность при проведении экспериментов. В общем, много таких моментов, которые показывают, что именно принятое Лейпунским решение оказалось очень верным, и оно успешно используется до сих пор.

— То есть сейчас работают стенды, построенные еще в советское время?

— Очень важно отметить, что БФС-1 и БФС-2 недавно прошли техническое перевооружение, то есть замену и обновление оборудования с сохранением тех же паспортных характеристик. Это была действительно уникальная работа, выполненная всем Физико-энергетическим институтом, также для выполнения работ по техническому перевооружению привлекались и другие организации, в том числе в контуре госкорпорации «Росатом».

Техпереворужение было очень значительным. В его рамках были выполнены два отдельных направления работ. Первое — замена оборудования. По сути, от старых БФС остались только стены и металлоконструкции. Все это было предварительно тщательно обследовано: железобетонные строительные конструкции здания, остаточный ресурс металлоконструкций стендов, сварные швы, различные системы. В рамках техпереворужения были заменены все инженерные коммуникации, системы электроснабжения, вентиляции и канализации, все системы, важные для безопасности. То есть можно сказать, что все системы, действующие на БФС, были полностью заменены. Также в рамках строительно-монтажных работ были заменены пульты на БФС-1 и БФС-2 и оборудование систем управления и защиты критических стендов, они стали очень современными.

Кстати, на техпереворужение практически одновременно ушли стенды БФС и французский стенд MASURKA (по размеру он — что-то среднее между БФС-1 и БФС-2). Но французы не смогли пройти этот самый сложный путь, когда нужно «вписать» установку (различные системы установки), созданную по старой нормативной базе, в новые, существующие на данный момент нормативные требования. В итоге в 2019 году французы приняли решение о прекращении работ по техпереворужению своего стенда и выводе его из эксплуатации. А у нас первые контрольные физические пуски после режима длительного останова БФС-1 были осуществлены в апреле 2019 года, а БФС-2 — в сентябре 2021-го. По БФС-1 выдано решение о продлении эксплуатации до конца 2036 года, БФС-2 — до конца 2041-го.

— А вторая часть работы по техническому перевооружению?

— Вторая часть заключалась в изготовлении новых материалов для будущих больших активных зон. Номенклатура наших блочков собиралась с 1960-х годов, с начала эксплуатации БФС, но для новых экспериментов требовалось дополнительно поставить блочки с металлическим плутонием, мононитридом урана, обогащенным карбидом бора, очень большое количество блочков с натрием реакторной чистоты. Новые партии блочков дали нам возможность приступить к новым экспериментам.

В сентябре 2021 года мы начали моделирование полной загрузки МОКС-топливом реактора БН-800. Были проведены эксперименты, позволившие обосновать безопасность такого перехода и получить лицензию Ростехнадзора (до этого реактор работал с так называемой гибридной зоной). В прошлом году мы завершили полное обоснование реактора БРЕСТ-ОД-300, были подтверждены все нейтронно-физические характеристики, все вопросы Ростехнадзора к физике реактора были сняты. То есть по результатам работы в рамках техпереворужения у нас появилась возможность впервые начать изучение активных зон именно на основе смешанного нитридного уранплутониевого (СНУП) топлива. Сейчас у нас собрана самая крупная в истории критическая сборка — это БН-1200, также на нитридном топливе. Ничего более масштабного никто и нигде не собирал. Это действительно огромная активная зона по меркам быстрых реакторов, в ней около 2 млн наших блочков.

Так что благодаря техническому перевооружению, которое мы прошли, с каждым годом работы становятся все интенсивнее, оба стенда постоянно загружены. Каждая активная зона имеет свой характер и свое собственное лицо, как и мы, люди. Поэтому мы лишь один раз проверяем одну компоновку: когда все экспериментально обосновано, со второй такой же зоной к нам не придут — она уже проверена. У нас постоянно ведется работа по моделированию новых активных зон.

— Объясните для неспециалистов: если мощность активной зоны на критстенде на шесть порядков меньше, чем у реактора АЭС, в активной зоне нет ТВС, нет циркуляции теплоносителя, то каким образом такие эксперименты дают возможность понять, как будут себя вести материалы и топливо при работе в настоящем реакторе?

— Наша главная задача — сделать так, чтобы в объеме топливного стержня наших экспериментальных установок была концентрация конструкционных сталей, теплоносителя, ядерных материалов с различным обогащением, различных изотопным составом максимально близка к тому реактору, который мы моделируем. Конечно, всегда есть некое отклонение, так как БФС — это универсальный инструмент, но оно минимально от тех концентраций, которые должны быть в будущей реакторной установке.

Например, данные по выгоранию топлива уже обычно оценены заранее с помощью расчетных программ (или выполненных ранее некоторых экспериментальных исследований на исследовательских реакторах). То есть мы ставим эксперимент, уже предполагая, каким должно быть выгорание в будущем реакторе, как изменится изотопный состав ядерного топлива, какие изотопы нарабатываются, каких становится меньше, поэтому можем моделировать начало и конец микрокампании путем изменения изотопного состава в наших блочках с ядерным материалом. Соответственно, мы меняем наш «бульон» из ядерных материалов путем замены одних блочков на другие.

Обоснование у нас многогранное. Одно дело, если нужно ответить на вопрос, что вообще происходит с физикой активной зоны, когда в топливо добавлены, например, младшие актиниды. Это, по сути, бенчмарк для науки, когда сравниваются расчеты, не связанные с какой-то конкретной активной зоной. А есть отдельные эксперименты, когда уже сформирована активная зона, например БН-800 или БН-1200, и вы в той или иной части вносите в зону, например, младшие актиниды и смотрите, что будет. Это так называемые mock up-эксперименты — под конкретную активную зону.

Расчетные лаборатории с помощью своих аттестованных кодов, библиотек нейтронных констант считают, что должно происходить с физикой активной зоны, какие эффекты реактивности, что будет при определенных изменениях при нормальной штатной эксплуатации, а также за ее пределами. То есть прежде чем дело дойдет до эксперимента, все модели создаются, обсчитываются, группы расчетчиков в институтах и экспериментаторы взаимодействуют друг с другом.

Затем, когда расчетная модель активной зоны реакторной установки сформирована, наши расчетчики создают собственную модель под загрузку активной зоны БФС — с помощью специальных программ все пересчитывается под наши блочки, с определенными материалами в определенных концентрациях. И такое задание уже с комплектровкой, с местоположением каждого блочка в стержнях каждой подзоны, каждого типа топливного стержня выдается смене в виде комплектовок. Сменный персонал комплекса

На фото

Часть топливного стержня крупнейшего в мире действующего критического стенда БФС-2



Пульт управления и щит оператора критического стенда БФС-2



БФС собирает блочок за блочком, как это требуется, и загружает в активную зону — в определенную ячейку, в определенный топливный стержень, в определенную координату активной зоны. Все это строго контролируется. Так мы создаем именно ту сборку, которая максимально близка к моделируемому реактору с точки зрения идентичности концентрации материалов.

Что мы рассматриваем в ходе экспериментов? Например, на активной зоне БН-1200 мы провели эксперимент (среди многих других) по изучению натриевого пустотного эффекта реактивности, когда моделируется, что в активной зоне нет части теплоносителя: он, допустим, где-то протек и не поступает для охлаждения в активную зону. Что будет с активной зоной? Она пойдет в разгон, либо этот эффект приведет к ее глушению или же вообще не приведет к изменению реактивности? Все это мы изучаем. Из других примеров наших экспериментов: измерение спектральных индексов, определение доли запаздывающих нейтронов. Изучаем распределение скоростей реакций по активной зоне, водородный эффект реактивности, эффект Доплера и многое другое. Нам для исследования нужно видеть тот или иной выделенный эффект или параметр в активной зоне и его измерить. Кроме того, на макетах изучается эффективность органов регулирования и защиты — тех, которыми будет управляться изучаемая реакторная установка.

Для управления критическими стендами есть то же самое оборудование (конечно же, не в таком количестве), что на АЭС. Есть пульт и щит оператора, куда выведены основные показатели, которые ему необходимы для управления критстендом, все основные характеристики здесь видны, как на любой реакторной установке. Есть и органы аварийной защиты, и компенсаторы реактивности, и органы ручного регулирования, которые могут работать в автоматическом

режиме. Таким образом у нас на БФС получается уникальное сочетание науки и эксплуатации.

— **Случается ли, что результаты экспериментов вас удивляют?**

— Конечно, бывают всякие интересные вещи. Особенно если это новое направление в атомной энергетике, чем мы и занимаемся, — с использованием различных новых материалов, теплоносителей, где константная база еще не полностью наработана, где пока недостаточно информации. Бывало, что по расчету, допустим, должен быть отрицательный эффект реактивности, а по экспериментальным данным он получается положительным. Бывают отклонения по загрузке топливных стержней при выходе в критику от того, что было рассчитано. Могут проявиться температурные эффекты. Например, при большой загрузке плутония, который греется за счет спонтанного распада, зона может прогреться так, что весь запас реактивности будет съеден температурным эффектом.

К тому же сейчас вообще зоны становятся другими, даже появился термин рапсаке, то есть оладушек. Что это значит? Высота активных зон та же, но в диаметре они становятся все больше и больше, и тут уже могут начинаться пространственные эффекты: с этого края зона более мощная, а здесь более заглушена, то есть нейтронный поток меньше, поэтому нужно все это учитывать и изучать. Для этого мы разрабатываем новые подходы и методики, чтобы учитывать эти эффекты.

— **И что происходит, если расчетные данные не подтвердились?**

— Общение с расчетчиками идет в постоянном взаимодействии, расчетчики у нас присутствуют

или получают данные в режиме реального времени, смотрят на каждом этапе, как идет эксперимент, сравнивают со своими данными, все ли идет как планировалось. Если есть отличия, начинается обсуждение, анализ. Обычно нам удается оперативно провести дополнительные эксперименты. Разумеется, работа не строится так, что мы провели эксперименты, разобрали активную зону и только потом начинаем выдавать данные. Все это идет параллельно, в живом режиме, чтобы была возможность наработать новые экспериментальные данные и объяснить, что происходит в активной зоне.

Надо сказать, что БФС выполняют еще одну очень важную задачу: наши эксперименты — это бенч-марк для отладки расчетных программ. Расчетчики проводят сравнительный анализ на каждом этапе для подтверждения (или корректировки при необходимости) расчетных кодов.

— **Можно ли примерно обозначить, сколько времени занимают ваши эксперименты на одной активной зоне?**

— Если мы говорим о большой активной зоне, как, например, для реактора БН-1200 или БРЕСТ-ОД-300, то примерно четыре месяца нужно на сборку и осуществление физического пуска. Затем шесть-восемь месяцев на проведение всевозможных экспериментальных исследований, потом активную зону надо разобрать. То есть требуется примерно год при постоянной двухсменной работе персонала на БФС. Но это именно на один вид активной зоны, а задачи бывают разными, и заказчику может быть интересно посмотреть на разные загрузки. Иногда требуется перестройка активной зоны или полная замена. Например, по БН-1200 планируется проведение работ с разными видами топлива. Сейчас мы заканчиваем изучать активную зону с нитридным топливом, в дальнейшем планируется изучение с оксидным (МОКС). То есть будут перебраны все топливные стержни, и это будет критическая сборка с абсолютно другими характеристиками, потому что новый вид топлива даст очень много изменений параметров активной зоны.

— **Вы работаете с активными зонами только быстрых натриевых и свинцовых реакторов?**

— Не только. На БФС-1 сейчас собрана активная зона ВВЭР-С, реактора на тепловых нейтронах со спектральным регулированием. Идут экспериментальные программы с МОКС-топливом, мы изменяем спектры нейтронов, движемся шагами от теплового к быстрому, изучим, как изменение спектра при введении вытеснителей в активную зону будет влиять на параметры активной зоны. Планируем выполнить часть работ и на чисто урановой зоне. Также идут работы по сравнению кодов, их доработке при переходе от урановой к МОКС-зоне. В общем, работы тут много, и перспективы тоже большие. Кроме того, в прошлом году мы проводили НИОКР и показали, что активную зону жидкосолевого реактора мы тоже сможем собрать и обосновать. Также на критических

стендах БФС собирались критические сборки со свинцово-висмутовым теплоносителем.

— **Расскажите, что за коллектив работает на БФС и решает такие интересные задачи.**

— Сразу хочу пояснить: чтобы работали два стенда, нужен не только штат БФС. Есть службы комплекса БФС, есть расчетчики, есть лаборатория, которая проводит обработку и анализ результатов экспериментов. Кроме того, все ядерные установки требуют сопровождения, то есть задействованы и расчетные лаборатории, и эксплуатационно-производственное управление, и отдел ядерной безопасности, и цех радиоактивных отходов, и метрологические службы, которые следят за проверкой и исправностью приборов. Чтобы работали два БФС, работает, по сути, весь Физико-энергетический институт: порядка 20 подразделений так или иначе вовлечены.

Если говорить о коллективе именно БФС, то за последние пять лет он значительно обновился и омолодился. Точную цифру я вам не скажу, но по ощущениям средний возраст у нас примерно 45 лет — самый продуктивный возраст, когда люди уже набрались опыта и еще имеют энергию и желание делать что-то новое. У нас очень много активных молодых ребят, которые ответственно относятся к своей работе, вносят предложения. Приходят аспиранты, пишут научные работы.

Студенты приходят к нам на практику, многие остаются работать, потому что действительно БФС производят впечатление. Наши стенды самые современные по оснащению, у нас много разных задач. Ведь чем интересен эксперимент? У нас нет рутины, нет монотонной последовательности действий. Для каждого эксперимента нам каждый раз приходится что-то придумывать. Это действительно очень интересная работа. Разумеется, мы должны все это выполнять в рамках существующей нормативной базы, в рамках наших эксплуатационных возможностей. Но, несмотря на это, остается поле для «творчества», и сотрудники БФС используют его по полной программе.

Коротко

Недавно на базе комплекса БФС начал работу учебный центр, уже две группы иностранных студентов (более 40 человек) прошли обучение. Это ребята из Замбии, Руанды, Чехии, Египта, Эквадора, Иордании, Кубы и других стран, которые учатся в российских вузах — МИФИ, Санкт-Петербургском политехническом университете. Этот центр будет работать на постоянной основе и участвовать в программах подготовки студентов в рамках развития международной образовательной программы по подготовке иностранных студентов по атомным специальностям на базе «Обнинск Тех».

БН, жги!

В Росатоме началась опытно-промышленная эксплуатация ядерного топлива с минорными актинидами



На энергоблоке №4 Белоярской АЭС в реактор на быстрых нейтронах БН-800 в июле 2024 года впервые загружены тепловыделяющие сборки с уранплутониевым МОКС-топливом, в которые были добавлены минорные актиниды — наиболее радиотоксичные и долгоживущие компоненты, содержащиеся в облученном ядерном топливе.

Загрузка топлива в активную зону реактора состоялась после согласования с Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), которая подтвердила безопасность эксплуатации инновационныхборок. После планово-предупредительного ремонта энергоблоков возобновил работу.

Три экспериментальных МОКС-ТВС с содержанием америция-241 и нептуния-237 были изготовлены

и прошли приемку на Горно-химическом комбинате в конце 2023 года. В реакторе БН-800 они пройдут опытно-промышленную эксплуатацию в течение трех микрокампаний (ориентировочно — полтора года).

«Следующая микрокампания реактора БН-800 должна экспериментально подтвердить возможность утилизации минорных актинидов в промышленных масштабах. Возможность ликвидации минорных актинидов — преимущество реакторов на быстрых нейтронах, позволяющее снизить объемы радиоактивных отходов от всей инфраструктуры ядерного топливного цикла эксплуатации АЭС», — отметил директор Белоярской АЭС Иван Сидоров.

По оценкам ученых, при выжигании минорных актинидов можно будет достичь радиационной эквивалентности исходного уранового сырья и ядерных отходов, подлежащих изоляции, всего за 300 лет, то есть в 2300 раз быстрее по сравнению с 700 тыс. лет при открытом ядерном топливном цикле.

Технология МОКС-топлива, в том числе с минорными актинидами, разработана учеными Топливного дивизиона Росатома. Для изготовления МОКС-ТВС с минорными актинидами по штатной технологии на промышленном оборудовании ГХК были верифицированы и валидированы 38 методик аналитического контроля МОКС-топлива.

«Изготовленное в Росатоме МОКС-топливо с минорными актинидами для промышленного реактора на быстрых нейтронах не имеет аналогов в мире и демонстрирует принципиальную технологическую возможность реализовать важнейший компонент ядерных энергетических систем поколения IV. Услуга по дожиганию минорных актинидов в ядерном топливе быстрых реакторов — совершенно новый продукт для мировой атомной отрасли. Само по себе уранплутониевое топливо позволяет расширить сырьевую базу атомной энергетики, перерабатывать ОЯТ вместо хранения, сократить объем образования ядерных отходов. А утилизация минорных актинидов — это возможность еще и значительно снизить уровень радиоактивности отходов, что позволит в перспективе отказаться от их сложного и дорогостоящего глубинного захоронения», — отметил старший вице-президент по научно-технической деятельности АО «ТВЭЛ» Александр Угрюмов.

Россия — единственная страна в мире, где создается энергетическая система поколения IV, основанная на пристанционном замкнутом ядерном топливном цикле. На одной площадке в Северске Томской области в рамках проекта «Прорыв» ведется строительство опытно-демонстрационного энергокомплекса в составе энергоблока с реактором БРЕСТ-ОД-300, завода по фабрикации и рефабрикации ядерного топлива и модуля по переработке ОЯТ.

Реакторы на быстрых нейтронах в качестве топлива могут использовать не только обогащенный уран, но и вторичные продукты ядерного топливного цикла — обедненный уран и плутоний, извлеченный из ОЯТ. «Дожигание» в быстром реакторе минорных актинидов — это следующий шаг российской атомной отрасли в замыкании ядерного топливного цикла. Под действием быстрых нейтронов минорные актиниды будут делиться на элементы, представляющие гораздо меньшую потенциальную опасность.

Для Белоярской АЭС, где сегодня отрабатываются элементы технологии будущего, проектируется быстрый реактор большой мощности. «На основе опыта эксплуатации уникальных энергоблоков Белоярской АЭС с быстрыми реакторами БН-600 и БН-800 сегодня создается серийный энергоблок с быстрым реактором ядерной энергетической системы уже поколения IV, — отметил генеральный директор АО «Концерн Росэнергоатом» Александр Шутиков. — Головной энергоблок из этой серии с реактором БН-1200М будет построен на Белоярской АЭС. Новые технологические решения позволят полностью использовать энергетический потенциал уранового сырья, а также обладают новым уровнем безопасности».

Минорные актиниды

Это элементы, образующиеся в урановом ядерном топливе (помимо плутония) при эксплуатации в любом реакторе. Особого внимания атомщиков требуют изотопы нептуния, америция и юрия, поскольку именно они доставляют наибольшие трудности при переработке облученного ядерного топлива (ОЯТ) и обращении с радиоактивными отходами. Эти элементы обладают высокой радиоактивностью и токсичностью, выделяют много тепла, имеют большой период полураспада и являются наиболее опасными компонентами ядерных отходов. Все это требует особых условий транспортировки, хранения и окончательной изоляции.

Обращение с минорными актинидами

Традиционная ядерная энергетика нацелена на длительное хранение и окончательное захоронение отходов от переработки ОЯТ без извлечения минорных актинидов. Такой способ требует обеспечения гарантированной безопасности объектов в течение порядка миллиона лет и значительных затрат на захоронение. Практики глубинного геологического захоронения в мире не реализованы. Включение минорных актинидов в топливо быстрых реакторов позволит в перспективе «сжигать» америций и нептуний,кратно сократить объем отходов, подлежащих глубинному захоронению, и в перспективе перейти к приповерхностному захоронению.

МОКС-топливо для быстрых реакторов

В отличие от традиционного для атомной энергетики обогащенного урана, сырьем для производства таблеток МОКС-топлива выступают оксид плутония, получаемый при переработке ОЯТ реакторов ВВЭР, и оксид обедненного урана (получается путем обесфторивания гексафторида обедненного урана — ОГФУ, так называемых вторичных хвостов обогатительного производства).

Впервые серийные МОКС-ТВС были загружены в активную зону БН-800 в январе 2020 года. Первая полная перегрузка БН-800 МОКС-топливом состоялась в январе 2021 года, и далее все тепловыделяющие сборки были поэтапно заменены на инновационные МОКС-ТВС.

В реакторах на тепловых нейтронах, составляющих основу современной атомной энергетики, используется около 1% урана, оставшиеся 99% направляются на временное хранение или утилизируются как радиоактивные отходы. Быстрые реакторы, используя в качестве топлива смесь оксидов урана и плутония, могут нарабатывать плутоний в количестве, достаточном для обеспечения расширенного развития атомной энергетики.

Текст: Ирина Дорохова
Фото: НИКИЭТ

Юрий Драгунов, заведующий кафедрой Э-7 («Ядерные реакторы и установки») МГТУ им. Н. Э. Баумана, академик РАН:

«У нас вся жизнь перспективная и динамичная»

Начался новый учебный год, и профильные учебные заведения, факультеты и кафедры вступили в очередной цикл подготовки специалистов для атомной отрасли. О том, как готовят конструкторов ядерных энергетических установок, в том числе для систем поколения IV, какие сложности при этом возникают и как их решают, мы поговорили с заведующим кафедрой Э-7 («Ядерные реакторы и установки») МГТУ им. Н. Э. Баумана и научным руководителем космических ядерных установок НИКИЭТ заслуженным конструктором РФ, академиком РАН Юрием Драгуновым.



— Юрий Григорьевич, расскажите, пожалуйста, об истории вашей кафедры.

— Систему подготовки конструкторов атомной отрасли заложил выдающийся конструктор, один из создателей атомной техники нашей страны Николай Антонович Доллежал. Кафедра была создана по его инициативе в 1961 году, он стал ее первым заведующим и руководил до 1986 года. Этот период, я считаю, один из лучших в жизни кафедры, поскольку он лично и институт, который он возглавлял, — НИКИЭТ — придавали огромное значение подготовке студентов и оказывали колоссальную помощь кафедре. В этот период создавалась ее научная база.

С 1986 по 2011 год кафедрой заведовал Владимир Иванович Солонин, доктор технических наук, заслуженный деятель науки России, ученый высокой квалификации. Он обеспечил преемственность всех начинаний, которые заложил Доллежал. Несмотря на то, что годы были крайне сложные, работа не остановилась, и мы ее теперь продолжаем. Восемь главных конструкторов по ключевым направлениям отрасли — выпускники кафедры Э-7. Это Вадим Владимирович Лемехов — генеральный конструктор проектного направления «Прорыв», известные в отрасли Алексей Владимирович Слободчиков — заместитель генерального директора АО «НИКИЭТ» по проектированию, главный конструктор энергетических канальных реакторных установок и оборудования крупномасштабной энергетики, Игорь Товиевич Третьяков — главный конструктор исследовательских и изотопных реакторов, Елена Леонардовна Ромадова — главный конструктор космических ядерных установок, и молодые, например Денис Германович Куликов — главный конструктор атомных станций малой мощности, Антон Алексеевич Бажанов — главный конструктор БРЕСТ-ОД-300, Марат Курмангалиевич Саркулов — главный конструктор БР-1200, Александр Александрович Пулинец — главный конструктор активных зон.

— Такую хорошую базу дали?

— Да. Первое — это, конечно, традиционная для Бауманки базовая фундаментальная подготовка. Второе — это сбалансированные, составленные профессионалами и согласованные атомной отраслью программы обучения. В них входит специальный курс конструирования ядерных реакторов, курсы

работы и проекты, производственная практика. Курс конструирования уникальный, ведет его сейчас Владимир Иванович Солонин, привлекая молодых преподавателей. У нас также преподают три отраслевых главных конструктора: практику привлечения к преподавательской работе совместителей из отрасли заложил еще Н. А. Доллежал. Благодаря им студенты получают самые свежие знания. Очень важно, конечно, и участие молодых преподавателей и аспирантов, так как они ближе по возрасту к студентам, и потому взаимопонимание между ними лучше. Очень важный этап в жизни студентов на нашей кафедре — это технологическая практика, прежде всего на АО «Машиностроительный завод». Огромная благодарность руководству, которое с пониманием относится к потребностям студентов и кафедры в целом. Здесь студенты получают первые навыки техники безопасности, общей безопасности, знакомятся с оборудованием и технологиями. Составная часть подготовки будущих конструкторов — производственная практика на АЭС. На четвертом-пятом курсах наши студенты работают по совместительству на предприятиях атомной отрасли по выбранным направлениям будущей специализации.

— В каких направлениях идет научная деятельность на кафедре?

— Мы ведем научно-исследовательские работы по таким ключевым направлениям, как БРЕСТ-ОД-300, БР-1200, по атомной станции малой мощности «Шельф», но и тему ВВЭР не забываем. Что это дает нам: во-первых, мы получаем информацию по тематикам, важным для отрасли. Во-вторых, мы можем проводить лабораторные работы на созданных стендах. Так объединяются наука и учебный процесс.

— Вы упомянули разные виды реакторов на быстрых и тепловых нейтронах. А высокотемпературными гелиевыми занимаетесь?

— Тематику высокотемпературных реакторов мы преподаем, она обязательна. Мы также проводили эксперименты по обоснованию высокотемпературных реакторов на гелий-ксеноновой смеси. Некоторые нынешние преподаватели защищали по этой тематике диссертации.

— Какие направления считаются мейнстримными, какие — перспективными ответвлениями?

— Нет у нас ответвлений. Мы живем и работаем вместе с отраслью и стараемся быть в тренде требований подготовки специалистов.

— Какие конструкторы сейчас требуются?

— Достаточно широкого профиля. Нужны конструкторы для быстрых реакторов, для АСММ, космических установок, для ИТЭР, исследовательских реакторов, для создания активных зон различных установок. Наши выпускники приходят в Курчатовский институт, НИКИЭТ, «Гидропресс» и другие предприятия

«К поколению IV — это быстрые натриевые и свинцовые реакторы — особое внимание с самого начала обучения, мы говорим о преимуществах этих реакторных установок. Специфика технологий четвертого поколения четко отражается в учебных программах».

атомной отрасли, поэтому и подготовка должна быть достаточно широкой, по всем направлениям. Наши выпускники готовы работать с разными типами реакторов (и с разными теплоносителями) на быстрых и тепловых нейтронах.

— Студенты сами выбирают темы для курсовых и прочих работ или им их дают?

— У нас простой подход: чем раньше студенты начинают контактировать с предприятиями, тем лучше. Они могут и практику там проходить, и курсовые делать, мы это приветствуем. Если нет, готовим темы на кафедре. Как правило, курсовые проекты делаются на кафедре, а на преддипломной практике студенты уже согласовывают темы работ с будущими работодателями.

— Что чаще выбирают?

— Сейчас очень много работ пишут с Курчатовским институтом по атомным станциям малой мощности, по космической тематике. В НИКИЭТ больше упор на технологии четвертого поколения, реакторы с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем — БРЕСТ-ОД-300 и БР-1200, исследовательские реакторы, жидкосолевые реакторы. Если «Гидропресс», то это совершенствование ВВЭР.

— Появляются ли у вас спецкурсы по системам четвертого поколения?

— К поколению IV — это быстрые натриевые и свинцовые реакторы — особое внимание с самого начала обучения. Мы сравниваем различные типы реакторов, говорим, какие преимущества дают установки поколения IV. Студенты осваивают основные принципы и критерии обеспечения безопасности реакторных установок, изучают конструкторские решения, которые принципиально отличаются от более ранних, так как в них исключается возможность потери теплоносителя, делают выбор и обоснование материалов, изучают их изменения в условиях эксплуатации под влиянием радиационного излучения, теплоносителей, механических нагрузок, теплосъема. Студенты рассчитывают тепломассообмен, теплогидравлику активной зоны. Используют современные методы

«Студенты уже на четвертом-пятом курсе знают, где будут работать. Мы даем самые актуальные знания, подготовка у нас сложная, требования высокие. Поэтому выпускники кафедры очень востребованы в отрасли».

расчетов, включая совместные расчеты нейтронной физики и теплогидравлических процессов, так называемые связанные коды. Специфика технологий четвертого поколения, конечно, четко отражается в программах.

— Для чего нужны такие расчеты?

— Особенность систем поколения IV в том, что нет опыта их эксплуатации. Поэтому, конечно, очень важное направление — это обоснование прочности и долговечности этих установок. Теплоносители сложные, коррозионные процессы никуда не исчезли, поэтому эти проблемы в центре внимания сегодня. Ну и, конечно, то, что делается для всех проектов, — это анализ проектных параметров, проектных аварий, анализ надежности систем безопасности, вероятностный анализ безопасности. Что очень важно, наши студенты овладевают программными комплексами по всем вышеперечисленным направлениям. Значительную долю среди этих программных комплексов составляет отраслевое ПО.

— Случались ли в последние годы открытия у студентов?

— Сейчас в атомной энергетике очень сложно сделать открытие. Но вот, например, Алексей Фролов на конкурсе в МИФИ набрал 100 баллов. И сегодня он очень активно участвует в разработке систем реакторной установки «Шельф» в НИКИЭТ и к тому же преподает у нас. Он недавно окончил кафедру, поэтому у него очень хороший контакт со студентами. Еще пример: главный конструктор реакторных установок атомных станций малой мощности Денис Куликов, который тоже совсем недавно по нынешним меркам закончил учебу, предложил новый подход к разработке и созданию АЭС.

— Что нового появляется на кафедре — спецкурсы, программы, возможности?

— Мы обсуждаем возможности использования цифрового двойника БРЕСТ, созданного в рамках направления «Прорыв», в нашем учебном процессе на кафедре. Надеемся, что получим разрешение.

— Организуете удаленный доступ или студенты будут приезжать?

— Речь вначале шла о том, чтобы они приезжали, но мы хотим, чтобы ПО было установлено на кафедре. Приезжать — это хорошо, но не так эффективно. Также мы думаем включить в учебный процесс современные технологии обращения с облученным ядерным топливом и радиоактивными отходами, технологии фабрикации-рефабрикации топлива в замкнутом топливном цикле. Это то, чего нам не хватает, но ситуация требует, чтобы мы эти процессы тоже начали изучать.

— Почему? Вы же конструкторов реакторов готовите.

— Так считалось, и мы действительно делали акцент на конструкторские проблемы, конечно, включая обоснование реакторных установок. Но жизнь требует, чтобы конструктор, проектируя свое оборудование, понимал и эти процессы. Так и с роботами: конструктор должен создавать такой дизайн, чтобы роботам было удобнее работать. Я не думаю, что мы должны создавать специализацию по топливу, это дело других институтов. Но поскольку замкнутый ядерный топливный цикл — составная часть создания систем поколения IV, студенты должны понимать, как что устроено. Мы рассчитываем в этом направлении давать студентам информацию.

— Роботизированные комплексы строятся в Сибири. Как студенты познакомятся с переработкой топлива?

— На уровне технологии с помощью коллег из ВНИИНМ.

— Как у вас обстоят дела с оборудованием для практических и лабораторных занятий?

— Это очень сложный вопрос. У нас, во-первых, есть единственный в Росатоме работающий подкритический реактор с ядерным топливом, регулирующими стержнями. На этом стенде мы проводим различные лабораторные работы, согласованные с НИКИЭТ. Это, например, исследование вопросов физики, радиационной защиты, динамики. На протяжении лет двадцати после ухода Н. А. Доллежаля этот стенд не работал. Но нам удалось его восстановить, получить лицензию на эксплуатацию. Это было не просто, но крайне необходимо, чтобы объяснять студентам вопросы безопасности, допуска, изучать научные вопросы. Стенд — важная часть обучения студентов на разных этапах подготовки. Во-вторых, у нас на кафедре при Н. А. Доллежале была лаборатория систем управления и защиты, но после, в 1990-е годы, ее не стало. Мы, конечно, обращаемся в отрасль, считаем, что лабораторию надо восстанавливать и студентов учить у себя. Пока не получается, поэтому у нас есть договоренность с НИКИЭТ о том, что студенты практикуются на их испытательных комплексах. Правда, лабораторные работы проводятся на приводах старой конструкции, поэтому мы хотим, чтобы студенты практиковались и даже участвовали в испытании приводов конструкции нового поколения.

В следующем учебном году мы наметили изучение электронной части систем контроля, управления и защиты. Так что развитие в этой части тоже идет.

— Как тогда учебный процесс строить? Практика в отраслевых институтах — не университетские пары.

— Да, непросто, поэтому мы и хотим, чтобы системы управления и защиты были на кафедре. Тогда работу с ними можно было бы уложить в учебный процесс. Сейчас приходится подстраиваться под графики НИКИЭТ, менять расписание, чтобы пройти практику, в ущерб расписанию других дисциплин. Конечно, и мы, и студенты считаем, что практика полезна, но хотелось бы вернуться к хорошему прошлому и иметь системы управления и защиты у себя на кафедре.

— Как должна быть оснащена лаборатория?

— Так, чтобы в ней можно было проводить испытания приводов. Не всех типов, это реально только в институтах и КБ. Но нескольких — вполне реально. Мы сейчас готовим ролики, чтобы ребята могли в компьютерном виде их увидеть. Но для нас важно, чтобы они видели, трогали, работали с ними.

— Обсуждается идея печати малых реакторов на принтере. Вы в этом процессе участвуете?

— Разработчики реакторной установки «Шельф» проявили инициативу и совместно с Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом, участником передовой инженерной школы, изготовили модели отдельного оборудования. Мы беседовали с ректором, и он пригласил наших студентов на освоение этих технологий у них. В планах есть, желание есть, посмотрим. К сожалению, много сложностей с командировками, общежитиями и прочим.

— Не дешевле ли и проще купить принтер в Бауманку?

— И такой план есть. Но дело не только в принтере, нужны еще и преподаватели. У нас хорошие связи с подольским НИИ НПО «Луч», у них тоже есть опыт работ по аддитивным технологиям, так что, думаю, аддитивное направление будет развиваться и у нас.

— Какие еще перспективные направления можете назвать?

— У нас вся жизнь перспективная и динамичная. Мы смотрим на все, что есть нового в отрасли, в мире.

— Хватает ли кафедре преподавателей? Из вашего рассказа я поняла, что у вас много совместителей.

— Конечно, кафедре не хватает преподавателей, потому что зарплата профессора ниже, чем средняя зарплата в наших ведущих отраслевых организациях. Благодаря совместителям мы решаем две задачи:

во-первых, обеспечиваем преподавание, во-вторых, даем самые актуальные знания.

— У вас, пожалуй, лучший вариант из возможных.

— И все же мы не в оптимуме. Количество штатных преподавателей нельзя уменьшать, наоборот, их нужно увеличивать. Проблема есть, но мы ее планируем решать совместно с руководством предприятий, на которых работают наши выпускники.

— Велик ли интерес к кафедре у абитуриентов?

— Итоги нынешней приемной кампании впечатляют. Интерес огромный. На 47 мест у нас первоначально было 435 кандидатов. Правда, когда ребята посмотрели, какие баллы у абитуриентов, то они стали подавать документы на более простые специальности, и в итоге подлинники аттестатов нам принесли чуть меньше 200 человек. Проходной балл у нас в этом году 271. Но среди студентов, принятых по целевому направлению, картина другая. Только два человека, принятых по целевому обучению, прошли бы общий конкурс. У всех остальных в среднем на 40 баллов меньше. И получается, что целевики будут тянуть курс назад, хотя в целом он очень сильный. Конечно, мы надеемся, что лидеры помогут целевикам освоить учебный процесс и подтянут их до своего уровня, чтобы достойно окончить кафедру, но бывают и неудачные примеры. В прошлом году один целевик поступил со 130 баллами. И потом он теоретическую механику не сдал, физику не сдал, инженерную графику тоже не сдал. Поэтому отбор целевиков — это предмет размышления для отрасли. Целевики должны быть на уровне тех, кто проходит по конкурсу.

— Средний балл абитуриентов растет?

— Растет. В прошлом году было 254.

— То есть качество подготовки выпускников в школах улучшается?

— Нет, школы не готовят лучше, просто у нас остаются лучшие. И мы могли бы взять больше хороших выпускников. Я, если откровенно, прямо так вопрос ставил: помогите оплачивать дополнительных штатных преподавателей, если хотите получать больше специалистов, тогда проблема решится. Например, ВНИИА им. Н. Л. Духова действительно серьезно помогает в МИФИ и студентам, и преподавателям.

— У вас в год сколько выпускников?

— В разные периоды бывало по-разному, сейчас порядка 40 человек. В прошлом году 42 было.

— С трудоустройством проблем нет?

— Да, студенты уже на четвертом-пятом курсе знают, где будут работать. Еще раз подчеркну: подготовка у нас сложная, требования высокие. Поэтому выпускники кафедры очень востребованы в отрасли.

Дорога к успеху

25 лет Группе компаний «Бентонит»

Передовые технологии, высокие стандарты качества, непрерывное развитие научной базы и квалифицированные специалисты — ключевые факторы успеха Группы компаний «Бентонит», лидирующей в сфере добычи и переработки бентонита в России и СНГ, а также входящей в топ-5 мировых производителей бентонита.

В 2024 году ГК «Бентонит» отмечает свой 25-летний юбилей. За четверть века пройден значительный путь и достигнуты многие цели. В структуре группы 13 производственных и торговых предприятий и два института, расположенных в России, Азербайджане и Казахстане.

Сырьевая база включает в себя 10 месторождений бентонитовых глин и 1 месторождение известняка, суммарные запасы бентонита составляют 113 млн тонн. Объем продаж бентопродукции превышает 800 тыс. тонн в год. Для обеспечения добычи и переработки бентонита, которые возможны только в теплый период, запущены производственные мощности, в два раза превышающие объемы продаж, — 1,5 млн тонн продукции в год при круглогодичном режиме.

Как все начиналось

К бентонитам относят тонкодисперсные глины, состоящие не менее чем на 70% из монтмориллонита или других минералов из группы смектитов. Благодаря уникальным свойствам этих минералов, в том числе прекрасным реологическим характеристикам, высокой связующей способности и адсорбционной активности, бентонит нашел широкое применение во многих областях промышленности.

В силу природных особенностей бентониты, залегающие на территории России, не отличаются

высоким содержанием монтмориллонита, поэтому в советский период ключевые потребители получали сырье с месторождений Закавказья, Средней Азии и Украины. С развалом Советского Союза поставки прекратились, российским потребителям приходилось использовать либо дорогостоящее зарубежное, либо отечественное низкокачественное сырье. Качественный бентонит импортировался из Греции, Болгарии и Индии. На этом фоне в 1999 году было создано ООО «Научно-производственная компания «Бентонит» (далее НПК «Бентонит»), поставившее перед собой амбициозную задачу — обеспечить рынок качественным бентонитом.

И это осуществилось. Причина успеха в том, что компанию создавали учредители-единомышленники. Это крайне важно, так как позволяет партнерам совместно формировать политику продаж и единый вектор развития. Не менее ценно, что у каждого из тех, кто стоял у истоков создания холдинга, был разноплановый опыт. Идейным вдохновителем и руководителем группы «Бентонит» является Александр Ветюгов, имеющий богатый опыт управления крупными горными предприятиями. Бизнес состоялся и развивается все 25 лет благодаря инвестиционной поддержке и смелым замыслам учредителей, которые поверили в перспективы развития отечественного бентонитового бизнеса. Все эти годы они являются важнейшей частью компании, формируя стратегическое видение будущего развития. Очень важно, когда среди учредителей есть надежный человек, которому можно передать финансово-экономическую деятельность, когда, что называется, «тылы прикрыты», можно сконцентрироваться на вопросах будущего, стратегии развития.

Российские активы

Первое производственное предприятие — ООО «Аргиллит» — было организовано в 1999 году

в Республике Хакасии, на базе месторождения бентонитов 10-й Хутор. За два года были построены технологические линии по активации глины и производству глинопорошка, а в 2003 году организован уже второй завод по выпуску бентонитовых гранул. В 2014 году ООО «Аргиллит» объединилось со своим конкурентом ОАО «Хакасский бентонит», разработавшим другие пласты этого же месторождения, в результате чего появилось новое мощное предприятие — ООО «Бентонит Хакасии». Объединение позволило максимально оптимизировать переработку глины и производство продукции различных видов и модификаций. На сегодняшний день этому предприятию нет равных в СНГ по мощностям.

В 2001 году было приобретено ОАО «Бентонит» (теперь ООО «Бентонит Кургана») в Курганской области, которое владело лицензией на право пользования недрами Зырянского месторождения, но не имело перерабатывающих мощностей. Холдинг в кратчайшие сроки построил завод с нулевого цикла: в мае 2002 года был заложен фундамент, в ноябре 2003-го уже выпускалась активированная глина, а в сентябре 2004-го заработали линии по производству бентопорошков и гранул. Со временем компания запустила выпуск порошков для горизонтально направленного бурения с повышенными технологическими свойствами, которые импортозаместили немецкую и греческую продукцию для Московского и Санкт-Петербургского метростроя. С использованием курганской глины были построены десятки тоннелей и станций метро.

Стоит отметить, что процессы добычи и переработки бентонита имеют множество осложняющих факторов. Еще на стадии разработки карьеров необходимо учитывать широкую номенклатуру бентонитовой продукции с разноплановыми требованиями к качеству. При этом добыча бентонитовых глин затруднена сложным геологическим строением месторождений, малой мощностью и высокой изменчивостью качества пластов. Поэтому на предприятиях ГК «Бентонит» еще до начала горных работ проводится детальное изучение месторождений, бентонит добывается исключительно селективным способом с распределением сырья по направлениям, а для обеспечения специфических требований каждого покупателя на всех производственных этапах проводится постоянный регламентированный контроль.

Еще одно производство по переработке глины с одноименным названием ООО «Глинопереработка» организовали в Брянской области. Для этого был приобретен имущественный комплекс керамзитового завода, который за два года перепрофилировали под производство бентонитовых гранул. Завод стал базовым производственным предприятием направления зообизнеса, выпустив в 2005 году первые упаковки комкующихся наполнителей для туалета кошек.

Для диверсификации бизнеса в 2006 году было приобретено ОАО «Ильский завод Утяжелитель» — НПО «Бурение» (теперь АО «Краснодарский завод

промышленных минералов», далее КЗПМ), история которого берет свое начало с середины 1950-х годов. В разные периоды предприятие выпускало утяжелители из железной руды, глинопорошки из местных глин для нефтяников Кубани, спеццементы для тампонажа высокотемпературных и сверхглубоких скважин, баритовый утяжелитель для буровых растворов. Силами холдинга на заводе было запущено производство минерального порошка из карбонатных пород для автодорожного строительства и известняковой муки для изготовления комбикормов.

Зарубежные активы

Дальнейшее поступательное развитие требовало расширения сырьевой базы, поиска источников глинистого сырья с большим содержанием основного породообразующего минерала — монтмориллонита. Значимым для Группы компаний «Бентонит» событием стало создание в 2006 году совместного азербайджано-российского предприятия ООО «АзРосПромИнвест» на базе Даш-Салахлинского месторождения природного натриевого бентонита с содержанием монтмориллонита до 85%. Холдинг в кратчайшие сроки и за свой счет приступил к проектированию и строительству завода по производству бентопорошка, и в 2007 году при участии президента Азербайджана Ильхама Алиева и членов правительства состоялось его торжественное открытие.

Помимо прямых финансовых инвестиций в строительство завода, ГК «Бентонит» передала совместному предприятию объемы продаж на российском рынке, делилась с новым партнером научно-техническими разработками, активно проводила обучение местных специалистов.

В 2016 году сырьевая база ГК «Бентонит» пополнилась Таганским месторождением, расположенным в Казахстане. Глины данного месторождения уникальны и по своим качественным характеристикам превосходят все мировые: имеют высочайшее содержание монтмориллонита — до 80–98%, особую чистоту, превосходные сорбирующие, связующие и реологические характеристики. Вошедшее в структуру холдинга ТОО «Алтайские минералы» (ныне ТОО «Тагбент») получило свое активное развитие: были построены технологическая линия активации, сушильно-помольный комплекс для производства бентопорошков.

Ключевые направления применения бентонита

Группа компаний «Бентонит» выпускает для бентонитового рынка большой перечень продуктов, применяемых во многих сферах и отраслях промышленности.

Бентонит применяется в качестве связующей добавки при подготовке железорудного сырья к металлургическому переделу. Наибольшее применение он получил в производстве железорудных окатышей.

На фото

Карьер
ООО «Бентонит
Хакасии»
в Республике
Хакасии

Также в качестве связующего он применяется в составе формовочных смесей **при изготовлении литейных форм для производства деталей** из всех видов черных и цветных сплавов.

Бентонит является высокодисперсной гелеобразующей **основой буровых растворов** для строительства нефтегазовых, геологоразведочных и прочих скважин, а также тоннелей и переходов, в том числе для горизонтально направленного бурения.

В строительстве бентонит применяется для гидроизоляции при возведении фундаментов и создании защитных экранов, при строительстве ГЭС, прокладке тоннелей, в том числе для метрополитена, а также в составе инъекционной смеси для восстановления гидроизоляции в грунте. Бентонит является компонентом гидроизоляционного материала — бентонитового мата.

В сельском хозяйстве бентонит используется в качестве кормовой добавки для сорбции микотоксинов и восполнения минеральных веществ у животных, а также в качестве осушителя, для дезинфекции и пр.

В виноделии применяют для осветления сула и виноматериалов от белковых помутнений, а также их стабилизации и удаления нежелательных ароматов.

В фармацевтике бентонит — это природный сорбент, обладающий способностью сорбировать все виды токсинов, включая аллергены и тяжелые металлы, что позволяет использовать его при отравлениях, изжоге и нарушениях работы желудочно-кишечного тракта.

Благодаря свойству бентонита быстро комковаться, он успешно применяется в производстве **наполнителей для туалета кошек**, их владельцы уже давно оценили преимущества комкующегося наполнителя за экономичный расход (не требует полной замены лотка, как впитывающий).

Одно из новых направлений для ГК «Бентонит» — производство **органобентонита**, органически

модифицированного бентонита, применяемого в нефтесервисе и лакокрасочной промышленности.

В настоящее время наиболее перспективным направлением является применение бентонита **в качестве компонента изолирующих барьеров безопасности при захоронении радиоактивных отходов (РАО)**. Бентонит используется как в строительстве новых пунктов захоронения, так и для решения проблем при выводе из эксплуатации объектов ядерного наследия, а также консервации различных пунктов размещения особых РАО. Все объекты захоронения РАО должны сооружаться с учетом принципа глубоководной защиты, а сами барьеры должны обеспечивать гидроизоляционную защиту сооружений от попадания поверхностных или грунтовых вод к упаковкам с РАО в течение длительного периода времени. Бентонит максимально соответствует такой задаче, обладая крайне низкой гидравлической проницаемостью и способностью удерживать миграцию широкого перечня радионуклидов. Его способность к набуханию обеспечивает герметичность изоляции и уникальное свойство самозалечивания при нарушении целостности барьера.

Научно-исследовательская деятельность в рамках данного проекта посвящена разработке новых бентонитовых материалов и технологий. Работы ведутся в тесном сотрудничестве с передовыми научно-исследовательскими учреждениями, которые реализуют программу, направленную на глубокое изучение свойств глин и особенностей их применения в условиях различных объектов использования атомной энергии. В конце 2024 года планируется подвести итоги трехлетнего этапа изучения, по результатам будут сформированы отраслевые нормативные требования к материалам, нормам проектирования и правилам выполнения работ.

В 2023 году предприятиями группы были начаты поставки бентонитовой глины для создания подстилающих гидроизоляционных экранов на двух пунктах финальной изоляции средне- и низкорadioактивных отходов. Модули захоронения будут представлять собой бетонные сооружения, с внешней стороны (снизу, сбоку и сверху) создается замок из бентонитовой глины толщиной 0,5–1 м, обладающий высокими гидроизоляционными свойствами.

Также планируется создание единственного в России пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО), в котором предполагается безопасно разместить высокоактивные тепловыделяющие РАО класса 1 и среднеактивные РАО класса 2 с незначительным тепловыделением, но содержащие в том числе долгоживущие радионуклиды. ПГЗРО создается с целью окончательного вывода из сферы жизнедеятельности ранее накопленных в РФ наиболее экологически опасных долгоживущих РАО, размещенных в данный момент в наземных временных хранилищах. Опираясь на опыт стран, которые максимально приблизились к созданию пунктов глубинного захоронения РАО (Финляндия, Швеция), был получен

Стендовое испытание водопроницаемости глин (слева — бентонитовый глинопорошок; справа — каолиновый)



технологический опыт для создания компактированных бентонитовых изделий различной геометрии (блоки, сегменты, кольца и др.), а также засыпки высокой плотности. В России подобные работы проводятся впервые. Потребность в изделиях из компактированного бентонита появится в ближайшее время, а в будущем спрос будет только расти.

Помимо строящихся объектов, в РФ решаются проблемы ядерного наследия, связанные с выводом из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов, таких как остановленные уранграфитовые реакторы, которые служили в свое время для наработки оружейного плутония. Их консервация предполагает извлечение всей технологической обвязки реактора и дальнейшей засыпки пневмотранспортом внутриреакторных и приреакторных помещений порошковым материалом. Бентонит является компонентом смеси данного материала.

Кроме вышперечисленных сфер применения, существуют проблемы с объектами, построенными еще в советский период и требующими восстановления или ремонта гидроизоляции с помощью создания внешних инженерных барьеров. Это и хранилища твердых РАО, и комплексы грунтовых могильников, и сооружения бункерного типа, пульпо-, хвосто- и водохранилища, специальные промышленные водоемы. Внешний барьер (противофильтрационная завеса) — это конструктивный элемент, устраиваемый снаружи объектов и сооружений с применением растворов на основе бентонита для защиты грунтовых вод от попадания в них загрязняющих веществ посредством фильтрации и миграции радионуклидов. В настоящее время данный тип барьера является наиболее востребованным.

В 2018–2023 годах был проведен целый ряд опытных работ для подбора инъекционного состава и технологии. Рассматривались два варианта: технология по типу «стена в грунте» и струйная цементация грунтов Jet Grouting. Для объектов использования атомной энергии был выбран второй, поскольку он предполагает наименьший вынос грунта при установке.

Принцип Jet-технологии основан на разрушении энергией высокоскоростной струи инъекционного раствора природной структуры грунта и перемешивании его с нагнетаемым под высоким давлением раствором. При этом в грунтовом массиве от его поверхности до водоупорного слоя образуется грунто-бентонитовая свая (столб). Расположение свай с пересечением их контуров формирует гидроизоляционную завесу.

На базе исследовательской лаборатории «Бентонит Хакасии» проводятся различные лабораторные физико-химические, физико-механические и стендовые демонстрационные испытания.

В периметре холдинга также действует направление защитных покрытий, которое отличается от основного профиля и не связано с бентонитом. Направление

занимается разработкой и производством инновационных систем полимерных покрытий для защиты от коррозии объектов нефтегазового, топливно-энергетического и строительного комплексов.

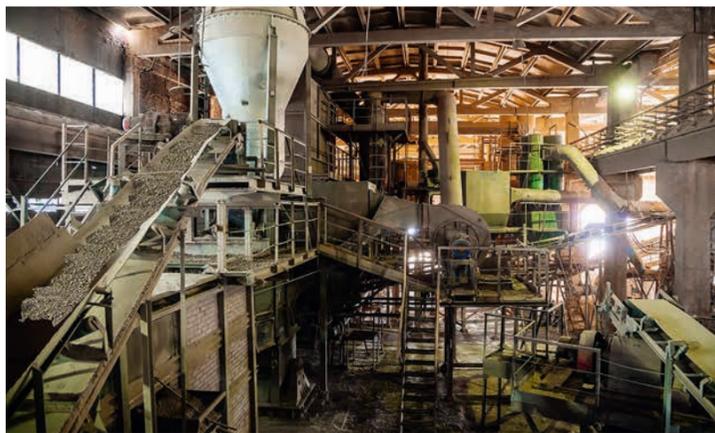
Перспективы роста

Холдинг постоянно инвестирует средства на научно-исследовательскую деятельность, за последние пять лет зарегистрировано 16 патентов на новые изобретения. Проводит исследования по новым направлениям, например кислотно-активированному бентониту; применению бентонита в целлюлозно-бумажном и керамическом производстве; в лакокрасочных материалах на водной основе; в противопожарных литейных покрытиях и по другим направлениям. Постоянное внедрение инновационных продуктов — ключевой вектор, именно он позволяет компании развиваться, расширять географию поставок и гарантировать потребителям стабильное качество.

В Хакасии ГК «Бентонит» реализует инвестиционный проект строительства линии сухого прессования, которая позволит максимально эффективно использовать природное сырье и увеличить объем выпуска. В Кургане проведена модернизация технологической линии выпуска гранул, что увеличило производительность в два раза. Еще один стратегический проект реализуется в Краснодарском крае — строительство линии по производству органобентонита. Данный проект крайне важен не только для холдинга, но и для всего российского рынка органоглины, так как сегодня он полностью зависит от импорта. Значимость проекта настолько высока, что органобентонит был включен в российский отраслевой план импортозамещения. Реализация проекта позволит в три раза увеличить производственную мощность предприятия, тем самым холдинг сможет закрыть большую долю потребности рынка органобентонита. Это значит, что российские потребители смогут избавиться от обременительной зависимости от импортных закупок. Все эти инвестиции ГК «Бентонит» расценивает не только как этап своего развития, но и как вклад в устойчивый технологический суверенитет РФ.

На фото

Производство ООО «Бентонит Кургана» в Курганской области



Текст: Евгений Рожков
Фото: АО АСЭ, Инжиниринговый дивизион Росатома, ТАСС / Арун Санкар, РИА Новости / Юрий Сомов



Великолепная шестерка

Как идет строительство энергоблоков российского дизайна в Индии

Росатом ведет масштабное строительство атомных станций с реакторами ВВЭР российского дизайна за рубежом. АЭС «Куданкулам», пожалуй, самый длительный зарубежный проект отечественной атомной отрасли. Задуманная в конце 1980-х всего из двух блоков, а теперь уже шестиблочная станция до сих пор активно строится. В 2017 году стартовало строительство третьего и четвертого блоков станции, а в 2021 году — пятого и шестого блоков. Что сейчас происходит на площадке строительства, в чем уникальность проекта и как живут российские специалисты, принимающие участие в строительстве АЭС, разоблачил «Вестник атомпрома».

Все и сразу

По проекту АЭС «Куданкулам» состоит из шести энергоблоков. Первые два находятся в эксплуатации, остальные — на разных стадиях сооружения. В центре внимания — энергоблок № 3, где в этом году начнутся пусконаладочные работы.

«Основные строительные работы на блоке № 3 завершены: возведена внутренняя защитная оболочка здания реактора, сооружен вспомогательный корпус, здание турбины, здания электроснабжения нормальной эксплуатации. Все основное оборудование первого контура установлено в здании реактора, выполнена сварка главного циркуляционного трубопровода. Выполняются тепломеханические монтажные работы на системах безопасности и вспомогательных системах реакторного отделения. В здании турбины

идет сборка корпусов цилиндров основной турбины. Выполнены работы по возведению здания хранилища свежего топлива для четырех строящихся энергоблоков. К строительному завершению подходят гидротехнические сооружения — комплекс сооружений, предназначенный для охлаждения энергоблоков № 3, 4, 5, 6. По моей грубой оценке, энергоблок № 3 готов на 70%», — рассказывает Дмитрий Саввин, заместитель начальника управления строительства блоков № 3–6 АЭС «Куданкулам».

Внимание на энергоблоке № 3 сконцентрировано на проведении пролива на открытый реактор, перед которым необходимо выполнить важные задачи — ввести в работу опреснительную установку и поставить под напряжение «собственные нужды». Пролив проводится для проверки проходимости трубопроводов активных и пассивных систем безопасности, соединенных с первым контуром, а также для выполнения послемонтажной очистки с химическим анализом проб.

«На энергоблоке № 4 идет возведение зоны локализации аварий до отметки центрального зала здания реактора. Совместно с индийскими коллегами методом Ореп Тор уже установили корпус реактора, парогенераторы, емкости системы аварийного охлаждения активной зоны, блоки главного циркуляционного трубопровода. В этом году планируется начало сварки главного циркуляционного трубопровода», — продолжает Дмитрий Саввин.

На энергоблоке № 5 ведется сооружение внутренних стен ЗЛА (зона локализации аварий). В проектное положение установлена опорная ферма — один из элементов шахты реактора в виде сварной металлоконструкции, предназначенной для надежного закрепления корпуса реактора в бетонной шахте. Ферма выполняет функции по защите реактора от весовых и сейсмических нагрузок. Также на энергоблоке № 5 провели термообработку «сухой защиты». В процессе эксплуатации «сухая защита» будет работать радиационно-тепловым экраном для строительных конструкций шахты реактора.

«На энергоблоке № 6 в здании турбины приступили к возведению стен выше фундаментной плиты. В проекте АЭС «Куданкулам» каналы систем безопасности находятся под зданием реактора, а, например, на Ленинградской АЭС они в отдельном здании систем безопасности. В здании реактора в конце апреля закончили бетонирование пограничной плиты, разделяющей здание реактора и каналов систем безопасности. В ближайшее время планируется установка корпуса ловушки расплава», — объясняет Дмитрий Саввин.

С посевной — к реактору

Все строительные-монтажные и пусконаладочные работы на АЭС «Куданкулам» индийская сторона выполняет своими силами. Российская сторона отвечает за поставку оборудования и разработку

АЭС «Куданкулам» — атомная электростанция с энергоблоками ВВЭР-1000. Первый энергоблок станции с февраля 2016 года устойчиво работает на проектном уровне мощности 1000 МВт. Второй энергоблок был включен в национальную энергосеть Индии в августе 2016 года. Соглашение с Росатомом о строительстве третьего и четвертого блоков подписано весной 2014 года. В 2021 году началось строительство пятого и шестого энергоблоков станции.

проектной документации, а на площадке занимается авторским надзором и техническим сопровождением на всех этапах сооружения и ввода в эксплуатацию энергоблоков (в составе — около 150 сотрудников).

Сейчас на площадке строительства задействовано более 10 тыс. индийских строителей и монтажников. «Индия — протяженная страна, а большинство специалистов и головных офисов находятся севернее, ближе к крупным бизнес-центрам. Часть своего штата

На фото

Установка парогенераторов в проектное положение в здании реактора энергоблока № 4 АЭС «Куданкулам» (июнь 2024 г.)





Подробности

Путеводная звезда

Строительство и запуск блока №1 сопровождали многочисленные протесты рыбаков из деревень вокруг АЭС. Местные жители считали, что станция испортит экологию в Манарском заливе и лишит их заработка. Уверения в обратном их долго не убеждали, и лишь запуск и работа энергоблока показали, что нет поводов для беспокойства: температура прибрежной воды и океаническое течение остались в норме, рыбы меньше не стало. Теперь же АЭС стала для рыбаков маяком. Большинство местных жителей ловят рыбу в радиусе 10 морских миль от берега, иногда в поисках добычи они отплывают на 20–25 морских миль от берега. «Но даже тогда мы можем видеть красные огни на атомной электростанции. Мы не знаем, почему их установили, но мы можем видеть их издали и знать, как далеко и в каком направлении мы находимся от побережья», — рассказывал рыбак Прашант из деревни Кутенкули газете Times of India. Огни, про которые говорят рыбаки, — это мигающий свет красных фонарей, установленных на две 100-метровые трубы на АЭС. Фонари служат световым ограждением от воздушных судов. Красный свет виден даже во время тумана и ненастной погоды, а мигание привлекает больше внимания, чем постоянный свет.

сотрудников строительные компании перевезли сюда. Есть и местные сотрудники, — рассказывает Дмитрий Саввин. — У индийцев свои характерные особенности, с которыми нужно считаться. Например, у индийцев есть традиционная организация труда по временам года. Они могут отправляться к себе на родину, в другой штат, допустим, при начале посевной или сбора урожая. Поэтому происходит волновая миграция рабочей силы на площадке».

Тем не менее индийские атомщики стали опытнее и профессиональнее. Особенно те, кто участвовал в строительстве энергоблоков №1 и 2 на АЭС «Куданкулам». «Индийские специалисты выросли в большинстве компетенций и дисциплин. Также укрепили связи во взаимодействии с российскими коллегами. Вместе с выросшим опытом накопилось много приятных воспоминаний о коллегах — «ветеранах» стройки и о забавных рабочих моментах, — делится Дмитрий Саввин. — Зачастую общаемся на английском языке. Когда проводятся совещания, приглашается переводчик, чтобы максимально понятно донести мысль до всех участников с обеих сторон. Интересный факт: в Индии очень много диалектов. В каждом штате свой диалект, например маратхи, хинди, малайялам, телугу, поэтому неудивительно, если жители соседних штатов не понимают друг друга. Мы, например, живем среди тамилцев с их местным южным колоритом и особенным диалектом. И английский для многих — это лингва франка».

Квартиры и поезда

Проживают российские специалисты в небольшом поселке Анувиджай на юге полуострова Индостан. Поселок огорожен, находится под охраной, российские специалисты живут в отдельном жилом комплексе. Россияне отмечают, что поселок очень чистый и тихий, здесь индийцы растят детей, работают, ведут размеренный образ жизни. К российским специалистам местные привыкли давно, еще со времен сооружения двух первых энергоблоков.

«Мы стараемся устраивать свои национальные праздники и приглашаем индийцев, они в ответ с удовольствием вовлекают в свою культуру нас. Пропустить их традиционные празднества сложно, поскольку они зачастую сопровождаются шествиями с танцами, песнями, музыкальным сопровождением — все очень ярко, шумно и эффектно. Хочешь не хочешь — присоединишься», — говорит главный специалист группы реакторного оборудования «Атомстройэкспорта» Анна Лукьянова.

Утром в будни от ворот комплекса, где проживают исключительно российские специалисты, отправляются автобусы до офисного здания. Вечером обратным маршрутом возвращаются в поселок. До других населенных пунктов можно добраться на автобусах, которые регулярно ходят по расписанию, любители индивидуальных путешествий всегда могут поймать рикшу или заказать машину. «Кроме того, по всей

На фото внизу

Главы СССР и Индии Михаил Горбачев и Раджив Ганди во время подписания совместных документов (Дели, 1988 г.)

стране очень разветвленная сеть железнодорожного сообщения, билеты можно приобрести и в кассах станций, и онлайн. Многие предпочитают именно поезда для перемещения между населенными пунктами — это прекрасная возможность узнать простых индийцев, чем они живут. Они также всегда с интересом расспрашивают об особенностях нашей жизни в Южной Индии, охотно угощают традиционными блюдами прямо в вагоне», — продолжает Анна Лукьянова.

Купить российские продукты тут сложно: поселок Анувиджай и ближайшие города не имеют русских магазинов. Так что подавляющее большинство отпускников, возвращающихся из России, везут привычные для россиян, но редкие в здешних местах колбасу, бородинский хлеб, гречку, сало.

Русский дом и отдых в нем

На территории поселка есть русский клуб. В нем оборудован тренажерный зал со всеми основными тренажерами. Есть сауна, небольшой бассейн и зал для настольного тенниса. Здесь же можно поиграть в бильярд или сходить в библиотеку.

Кроме того, в поселке есть стадион, который считается местом встречи индийцев и российских специалистов. Многие предпочитают бег, атомщики играют в футбол смешанными командами. Здесь же россияне познают тонкости игры в крикет — самую популярную командную игру в Индии.

«Культурная жизнь на АЭС «Куданкулам» кипит с первых дней, с октября 2002 года. Мы наладили дружеские отношения с индийскими коллегами, проводим совместные мероприятия, — отмечает Наталья Хливненко, ведущий специалист отдела обеспечения текущей деятельности. — Карантин из-за коронавируса частично прервал эти контакты, но сейчас все восстанавливается. В 2023 году возобновилась работа кружка индийского танца и секции единоборств. Мы провели турниры по бильярду, настольному теннису и рыбной ловле. Проходят заседания литературной гостиной. Одним из самых ярких мероприятий прошлого года в нашем городке стал кулинарный фестиваль «Сыто-пряно»».

«На выходных многие российские специалисты выезжают за пределы поселка или даже штата. Это отличная возможность для исследования такой страны, как Индия, — разной, очень яркой, самобытной и не похожей ни на какую другую. Каждый штат имеет свой индивидуальный культурный код, уникальную историю, традиции, поэтому появляется своего рода хобби — увидеть как можно больше и проникнуться как можно глубже особенностями индийской культуры, их системой ценностей. Страна очень богата и на исторические достопримечательности, и на природные красоты: океан, горы, леса или протяженные пляжи — легко найти идеальный уголок по своему вкусу», — заключает Анна Лукьянова.

Немного истории

Прорыв в будущее

Из воспоминаний Юрия Иванова, почетного атомщика, вице-президента «Атомстройэкспорта» в 1990-е годы

«В Индии межгосударственное соглашение о строительстве АЭС «Куданкулам» было подписано в 1988 году с Радживом Ганди. До 1991 года мы согласовывали с индийцами экономику, цены, техническое задание. Очень сложно все шло. Они ребята неторопливые, хотя и хорошие профессионалы. Сами много строили. Для них атомная энергетика — это дело государственной важности, они серьезно вкладывают в нее деньги. <...> Наконец, договорились — и тут Советский Союз распался. Естественно, контракт не был подписан, хоть мы его согласовали, запарафировали, но не до индийцев стало. Свои бы проблемы решить. Так вот, в 1995 году мы, то есть АСЭ, начали возобновлять с индийцами переговоры — сами, безо всяких правительств. Поехали в Индию, встретились с ними, поговорили, проявился у них интерес. Никаких постановлений, ничего не было, и в 1998 году Евгений Адамов (в то время министр РФ по атомной энергии. — Прим. ред.) подписал контракт. Разумеется, без поддержки правительства мы бы этого не сделали, но мы этот контракт инициировали. <...> Индийский проект «Куданкулам», как и проект Тяньваньской АЭС, — это проект нового поколения, и создавался он в такие же сложные времена. То есть с одной стороны — нет денег, с другой стороны — прорыв в будущее. Вот характерные черты всех наших зарубежных проектов начала нового века. Только в проекте индийской станции заложено еще больше нововведений, чем на Тяньваньской АЭС, и сложностей с сооружением, соответственно, тоже было больше».



Пять лет до столетия

Старейший проектный институт атомной отрасли отмечает юбилей



В то время как атомная отрасль нашей страны готовится к 80-летию юбилею, а первой в мире АЭС исполнилось 70, коллектив Санкт-Петербургского филиала «Атомэнергопроект» встречает уже 95-летие. В этом нет парадоксов: организация, начавшая работу с теплоэнергетикой еще при ГОЭЛРО, была призвана в отрасль как уже состоявшаяся проектная команда. О сегодняшнем дне и перспективах «Вестнику атомпрома» рассказал руководитель организации — заместитель директора Санкт-Петербургского филиала АО «Атомэнергопроект», технический директор Санкт-Петербургского проектного института Алексей Четкин.

— Алексей Владимирович, каковы сегодняшние возможности института, сохраняется ли способность к реализации комплексного проекта АЭС под ключ, самостоятельно или в кооперации с другими проектными организациями Росатома?

— В настоящий момент Санкт-Петербургский филиал «Атомэнергопроект» — Объединенного проектного института Росатома — разрабатывает проектную документацию для более чем десяти энергоблоков. Ранее нам не приходилось выполнять такой объем работ одновременно, задействованы все ресурсы нашего коллектива, и мы привлекаем коллег из Москвы и Нижнего Новгорода, а также филиалов, расположенных в таких городах, как Сосновый Бор, Нововоронеж, Десногорск и др.

Работа требует много сил не только потому, что проектов много. Казалось бы, технология проектирования уже на стадии технического проекта позволяет сформировать 3D-модель энергоблока с высокой детализацией — и на этой основе получить рабочую документацию. Даже при наличии типового проектного решения и цифровой модели сдерживающий фактор в том, что для каждого конкретного блока требуются свои изменения. Есть отличия в процедурах взаимодействия с различными заказчиками, разный порядок оформления и предоставления документов и т. д. Мы работаем во множестве информационных систем, существенно дорабатываем информационную модель и 3D-модель каждого конкретного проекта и выпускаем рабочую документацию, соответствующую требованиям конкретных заказчиков. Именно этот индивидуальный подход требует значительных трудозатрат.

Проекты Росатома сегодня реализуются по всему миру, а также в России: например, в активной фазе реализации — блоки на Ленинградской АЭС. Четыре блока АЭС «Эль-Дабаа» в Египте, которые возводятся параллельно, — это одна из крупнейших атомных строек в мире. Также мы обеспечиваем рабочей документацией блоки № 7 и 8 Тяньваньской АЭС и блоки № 3 и 4 АЭС «Сюйдапу» в Китайской Народной Республике. Это проект АЭС-2006, референтные блоки по которому уже действуют на Ленинградской и Белорусской АЭС. Два энергоблока АЭС «Пакш-2» в Венгрии также сооружаются по проекту АЭС-2006, он адаптирован к европейским нормам и требованиям.

Проект «Пакш-2» оказался для нас серьезным вызовом, поскольку венгерская сторона не только контролирует качество готовой проектной документации, но и сформулировала требования к процессам создания проекта, то есть проверяет качество

в процессе разработки документации. Уже в конце этого года намечен «первый бетон», мы разрабатываем документацию для этого ключевого события. Но это событие предстоящее, а уже достигнутые успехи венгерской площадки — это защита технического проекта, а также разработка лицензионной документации и получение лицензии на сооружение АЭС. Санкт-Петербургский проектный институт получил лицензию на сооружение российского проекта АЭС в Европе, пройдя все строжайшие квалификации, комиссии и надзоры.

Египетский проект АЭС «Эль-Дабаа» — это другие вызовы, поскольку должны быть учтены особенности и требования заказчика в архитектурных решениях. Кроме того, северное побережье Африки — это очень влажный и жаркий климат, пылевые бури, соленое море, все это должно быть учтено в технических решениях, дополняющих проект блока — аналога ЛАЭС-2. Также мы, как часть единой команды объединенного института «Атомэнергопроект», участвуем и в других проектах Росатома — это АЭС «Аккую» в Турции, «Куданкулам» в Индии, «Руппур» в Бангладеш. Выполняем рабочую документацию для этих объектов.

Кроме проектирования типовых блоков ВВЭР-1200, мы задействованы и в новых проектах, в частности в проекте по замыканию ядерного топливного цикла «Прорыв», ведем разработку документации для новейшего блока на быстрых нейтронах БН-1200, который планируется к реализации на Белоярской АЭС. Будем участвовать в работах по АЭС малой мощности, которая планируется к реализации в Узбекистане, — три энергоблока, каждый с двумя реакторами РИТМ-200Н — суммарно 330 МВт (эл.) мощности.

Справляться с этим объемом проектных работ помогает кооперация между институтами Росатома, площадками в Москве, Санкт-Петербурге и Нижнем Новгороде, объединенными в рамках единого института. Организационно работа по объединению завершена, в настоящее время идет стандартизация процессов — формирование правил и технологий проектирования. Кроме трех крупнейших площадок, в эту систему вошли и наши региональные филиалы — проектные структуры при АЭС, например в Балакове, Десногорске, Нововоронеже и т. д.

— В какой мере новые информационные технологии помогают ускорить работу на этапе строительства?

— В процессах сооружения каждого ядерного объекта мы принимаем непосредственное участие как генеральный проектировщик: строительная организация работает по нашему проекту, получает рабочую документацию, опирается на 3D-модель, без которой мы сегодня уже не работаем, выпуская всю документацию на ее основе. Понятно, что строитель не носит с собой персональный компьютер — он пользуется рабочими чертежами, напечатанными на бумаге. Модель используется для аналитики, строительного контроля, подготовки заданий, для обсуждения

В Ленинграде, где исторически существовала мощная архитектурная и проектная школа, возникли два проектных института атомной отрасли. Это известный как ленинградский, а затем Санкт-Петербургский «Атомэнергопроект» (ОАО «СПбАЭП»), старейший проектный институт, основанный в 1929 году, — именно его 95-летний юбилей отмечается в сентябре этого года. Организация исторически специализировалась на проектировании теплоэнергетики и была привлечена в атомную отрасль как обладающая большим опытом создания таких объектов.

Вторая крупная проектная организация, действовавшая в Ленинграде, — Головной институт «ВНИПИЭТ», основанный в 1933-м. Предприятие до вхождения в атомную отрасль носило имя СКБ «Двигательстрой» и было генпроектировщиком ряда объектов оборонной промышленности СССР. Затем оно специализировалось на проектировании производственных объектов Минсредмаша, а также на разработке генпланов городов атомной промышленности. Кроме того, именно в ГИ «ВНИПИЭТ» оказалась сконцентрирована «быстрая» тематика (реакторы БН), тогда как «Атомэнергопроект» работал по направлению тепловых реакторов. В 2014 году решением ОАО «Атомэнергопром» эти петербургские институты были объединены в единое предприятие ОАО «Атомпроект».

В ходе дальнейших преобразований инженерингового направления в 2016-м эта организация была включена в состав проектного института атомной отрасли — АО «НИАЭП» в Нижнем Новгороде, а часть коллектива ВНИПИЭТ, которая специализировалась на объектах атомной промышленности, была выделена в состав НПО «Элерон». Тематика быстрых реакторов осталась в Санкт-Петербургском «Атомпроекте».

В 2014-м году было принято решение назначить Объединенную компанию АО «НИАЭП» — ЗАО «АСЭ» единоличным исполнительным органом АО «Атомэнергопроект» (Москва). В конце 2016 года объединенная компания вошла в контур созданного Инжинирингового дивизиона Росатома — АСЭ (создан из объединения ключевых инжиниринговых и строительных компаний — НИАЭП — АСЭ, Санкт-Петербургского «Атомпроекта», московского «Атомэнергопроекта» и др.). Головной компанией дивизиона является АО АСЭ. На базе московского «Атомэнергопроекта» создана головная проектная организация, которая теперь управляет тремя филиалами — московским, Санкт-Петербургским и нижегородским.

Строительство энергоблока №4 АЭС «Сюйдапу» в Китае



корректирующих мероприятий, вопросов оптимизации сложных монтажных операций и т. д.

Развитие этого направления, которое отразится и на эффективности всей стройки, — это формирование полноценной информационной модели объекта в целом; 3D-модель — это лишь ее часть. Информационная модель дополняется полным набором проектных позиций, единиц оборудования, находящегося на АЭС, с перечнем атрибутов. Это основные технические характеристики единицы оборудования, классификация по системе безопасности, по каналам электроснабжения, по сейсмике и т. д. Это важный инструмент для будущей эксплуатации, он позволит проводить ремонты и модернизации, обеспечит отслеживание связей и влияний элементов оборудования друг на друга, проведение анализа в целях безопасной эксплуатации.

Возвращаясь к процессам стройки и возможностям ускорения процессов: кроме информационных технологий в проектных решениях, мы пользуемся ПСР-инструментами. У нас действует подразделение, которое применяет методологию ПСР для оптимизации процессов проектирования, ищет в нашей деятельности так называемых «красных жей» — проблемные зоны. Процессы картируются, определяются и устраняются проблемные точки.

Некоторые ПСР-решения, применимые непосредственно на стройплощадке, мы можем увидеть

на стадии проектирования: они закладываются в проекте и предлагаются подрядчикам к реализации. В этом аспекте мы активно взаимодействуем с подрядными организациями. Предлагаем улучшения, например операцию по одноэтапному подъему купола внутренней защитной оболочки, как было сделано недавно на блоке АЭС «Сюйдапу» в Китае. Стандартная технология подъема — это сборка и установка вначале «юбочной части», затем укрупнение и монтаж «тюбейки». При новом подходе было выполнено укрупнение всей конструкции купола на уровне нулевой отметки, установлены системы освещения, спринклерная и другие системы, и затем вся конструкция установлена за одну монтажную операцию. Это позволило значительно сократить сроки сооружения, повысить безопасность работ.

Другой пример — подготовка укрупненных армокаркасов для зданий, сооружений, фундаментных плит. Строители не вяжут арматуру непосредственно на конструктиве, на высоте, а собирают каркас на площадке и устанавливают на место. Это также позволяет сильно сократить сроки. Продумывая и оценивая эти и другие решения, мы, как генпроектировщики, постоянно взаимодействуем с подрядными организациями, оцениваем их технологические возможности.

Схожие подходы используют не только российские, но и зарубежные подрядные компании, с которыми мы взаимодействуем при строительстве объектов за границей. Например, коллеги из КНР укрупняют

металлоконструкции — лестничные пролеты с площадками маршей, трубные блоки. На проекте в Египте мы также выстраиваем взаимодействие с подрядными организациями, опираясь на сформированные регламенты, выстраивая процессы обмена исходными данными, внесения изменений в рабочую документацию. На все есть регламенты, которые разработаны с учетом многолетнего опыта, сделанных и исправленных ошибок. В их основе — наш опыт взаимодействия с заказчиком во время создания первых блоков Тяньваньской АЭС, и я бы предложил считать этот опыт, дополненный на новых объектах, эталонным для отрасли. Приступая к созданию нового проекта, организуя дирекцию по сооружению, нужно проходить чек-лист с полным перечнем процедур взаимодействия участников проекта. А составить этот чек-лист можно на основе перечня процедур, действующего на проектах сооружения АЭС в Китае.

— При загрузке проектами АЭС есть ли возможность диверсифицироваться, дополнительно выполнять заказы для внешнего рынка?

— Как большая организация в контуре Росатома, мы исходим из стратегических целей госкорпорации, и все три цели для нас актуальны: и международный рынок, и снижение себестоимости и сроков работ, и новые продукты. Но новые продукты — это и постоянное совершенствование нашего основного проекта АЭС-2006, и развитие новых направлений атомных реакторов. Диверсификация деятельности для нас актуальна в рамках стратегических целей. Для свободного творческого поиска, например в сфере тепловой энергетики, у нас нет ресурсов, и вряд ли они появятся, поскольку уровень высокой загруженности в атомной отрасли сохраняется, и нам требуется даже усиливать коллектив, чтобы выполнять задачи Росатома. Но задачу развития, освоения дополнительных ниш мы не снимаем с повестки, и творческий потенциал коллектива позволяет выполнять задачи на других направлениях — это промышленные объекты, ЖКХ, объекты химической промышленности и т. д. Тем не менее наше традиционное направление по тепловой энергетике особо актуально и дорого как память, и в случае необходимости мы готовы взять подобный проект.

— Сложилось ли разделение труда между основными проектными подразделениями в рамках единого «Атомэнергопроекта» и какова ниша «ленинградских» институтов? В процессе слияния институтов с их традициями происходит ли слияние проекта типового энергоблока в единый российский проект?

— На сегодняшний день объекты на стадии сооружения или даже физического пуска сопровождаются преимущественно теми командами, которые эти проекты разработали и вели. «Руппур», «Аккую» и Курскую АЭС по большей части курируют московский и нижегородский институты. Объекты в Китае, Венгрии, Ленинградскую АЭС — Санкт-Петербургский институт. Но поскольку на всех этих объектах нужны

дополнительные работы и мы находимся в условиях ограниченного трудового ресурса, мы привлекаем инженеров-проектировщиков из Москвы и Нижнего Новгорода, и так же действуют коллеги в Москве и Нижнем, задействуя нас при разработке документации по своим проектам.

Что касается будущего единого проекта — облик такого проекта сформирован, уже выбрана пилотная площадка — Смоленская АЭС-2. Проект формируется общей командой Объединенного проектного института, которой управляет Леонид Лебедев. В едином проекте реализована компиляция лучших решений «московского» проекта (например, архитектура зданий и сооружений) и технологических решений «петербургского» варианта АЭС-2006 — системы безопасности и т. д. При этом мы сохраняем подход, когда любой значимый элемент в едином проекте позволяет иметь вариативность. Например, для российских АЭС мы предусматриваем технологически независимые решения по турбинному острову. Но если работаем с инозаказчиком, то сможем «вписать» турбину любого стороннего производителя.

В целом, чтобы весь проект АЭС российского дизайна был технологически независим, мы видим необходимость развивать российское производство электротехнического оборудования, средств автоматизации. Когда зарубежные заказчики увидят надежную работу этих систем, то смогут выбирать в том числе российское решение — вопрос технологической независимости актуален не только для России.

— В какой степени вы технологически независимы и «импортозамещены» в программных средствах проектирования, конструирования?

— Мы на сегодняшний день уже не пользуемся программным обеспечением зарубежных корпораций, которые отключили использование лицензий на территории нашей страны. Лицензии, которые у нас имеются



в наличии, либо бессрочны, либо долгосрочные, и санкционная политика на нас не оказывает заметного влияния. Для возможности иметь выбор мы работаем и с импортонезависимыми продуктами, такими как системы управления инженерными данными.

Что касается разработки проектной и рабочей документации — пока весомых альтернатив зарубежным системам нет. Мы осваиваем на отдельных локальных задачах наиболее продвинутый продукт российской разработки, даем разработчикам обратную связь. Но на данный момент объем и темп работ, которые мы выполняем, не позволяет нам полностью перейти на этот пакет. Разработчики внимательно прислушиваются к нашим просьбам и дорабатывают продукт. Надеемся, что благодаря такому взаимодействию в распоряжении российских проектировщиков появится полноценная САПР-система для объектов наивысшего уровня сложности, таких как АЭС.

— Каким образом решается кадровый вопрос?

— По инженерным специальностям мы активно взаимодействуем с политехническим университетом Санкт-Петербурга, наше научно-конструкторское управление работает с Нижегородским политехом.

На базе петербургского Политеха организована передовая инженерная школа. В программу обучения включены темы, которые для нас актуальны. Даем вузу обратную связь, когда получаем молодых специалистов, и понимаем, какие знания можно было передать еще на этапе студенческой скамьи. Наши специалисты ездят в университеты, проводят лекции, а также агитацию среди выпускников и просто студентов, чтобы проходили у нас практику и выбирали нас как работодателя. При этом мы довольно популярны у выпускников — нам помогают имидж Росатома, достойные условия труда, рыночный уровень заработной платы. Предлагаем много дополнительных плюсов к условиям работы — социальное и медицинское страхование, возможность зарубежных командировок. Есть примеры, когда работники, уже состоявшиеся у нас, находят какие-то предложения и уходят. Например, так было с частью команды, которая занималась

«Сегодня технология разработки проектной и рабочей документации стала более сложной, возросли требования заказчиков к документации. Рост численности нам необходим. Мы работаем над тем, чтобы заблаговременно подготовить все нужные для нас кадры».

проектом финской АЭС «Ханхикиви». Тот коллектив прошел уникальную школу, имел критические знания, и соответствующие специалисты оказались очень востребованы. Проектные институты крупнейших компаний России действительно охотились на наших работников. Но немало из них вернулись, поскольку ни объектов нашего масштаба, ни обещанных условий не нашли.

На сегодняшний день технология разработки проектной и рабочей документации стала более сложной, возросли требования заказчиков к документации. Рост численности нам необходим. Мы работаем над тем, чтобы заблаговременно подготовить все нужные для нас кадры — в первую очередь «строительные», затем дефицитных проектировщиков водоснабжения и канализации, специалистов по сетям и коммуникациям.

— В какой мере коллектив научился работать не только с российскими, но и с зарубежными подрядными организациями?

— На примере взаимодействия с Китаем: все блоки успешно соорудились силами китайских подрядных организаций; с нашей стороны на первых порах предоставлялись консультационные услуги, шефмонтаж и контрольная функция. В других проектах используется российский коллектив строителей дочерних строительных организаций отрасли с дополнением его возможностей силами местных строительных компаний. Может быть оправданным и разделение труда в задачах проектирования. На первых блоках в КНР мы выполняли полный объем проектных работ; на последующих — мы проектируем ядерный остров, а турбинный — за китайским проектировщиком. Известно, насколько динамично развивается силовое машиностроение в Китае — неудивительно, что КНР стремится дополнить российский энергоблок своим турбоагрегатом.

— Что пожелаете коллективу-юбиляру, которому до столетия осталась лишь пятилетка?

— Нам действительно в сентябре этого года исполняется 95 лет. Пожелания коллективу — в первую очередь здоровья; если будет здоровье, то будет больше сил и времени, которые можно посвятить любимому делу. Желаю каждому найти увлечения и хобби, которые помогают разгружаться от наших тяжелых задач. В моем наборе таких интересов хоккей с шайбой, я сам играю в команде нашего института, мы принимаем участие в чемпионатах Росатома. Также увлекаюсь мотоспортом; приехать на работу или вернуться после сложного совещания на мотоцикле — это большое удовольствие и отдых, возможность «выветрить» усталость.

Желаю всем успехов и семейного благополучия. Многие из наших сотрудников не часто видят семью, мы проводим много времени в командировках, и между поездками надо как можно больше проводить времени с родными и близкими.

Текст: Евгения Лобзина

Фото: Ленинградская АЭС, концерн «Росэнергоатом»

Карьера со школьной скамьи

Как «Росэнергоатом» работает с учителями, школьниками и студентами



В ближайшие годы перед российской атомной отраслью стоят масштабные задачи, в числе которых строительство новых энергоблоков в России: 12 — до 2035 года и еще 17 — с 2036 по 2045 год, а также 14 энергоблоков за рубежом. Для того, чтобы все действующие и новые блоки работали безопасно и эффективно, концерну «Росэнергоатом» в ближайшее десятилетие необходимо привлечь на работу более 100 тыс. человек, значительная часть которых — молодые работники. Сегодня потенциальные кадры еще учатся в школах и вузах, но уже сейчас от их выбора дальнейшего пути зависит и будущее Росатома. С этой целью «Росэнергоатом» два последних года активно работает с учителями и школьниками, а также студентами ключевых вузов.

В центре внимания

В конце августа в центре знаний «Машук» уже в третий раз состоялась стратегическая сессия «Учитель для Росатома. Физики». Мероприятие организовано концерном «Росэнергоатом» в сотрудничестве с центром знаний «Машук» и при участии Технической академии Росатома и Корпоративной Академии Росатома. На площадке центра знаний собрались 160 участников из 30 городов России, чтобы обсудить важнейшие задачи по повышению интереса к физике у школьников, а также привлечению и удержанию в школах атомных городов учителей, в том числе молодых педагогов.

Стратегическая сессия — часть обширной отраслевой программы «Учитель для Росатома». В течение последних лет «Росэнергоатом» ведет активную работу с сообществом учителей физики и представителями педагогических вузов с целью повышения интереса



к дисциплине «физика» в школах атомных городов и поддержки учителей.

Проведение мероприятия для учителей во всероссийском центре знаний «Машук» в Пятигорске уже стало традицией. А весной этого года при поддержке концерна «Росэнергоатом» здесь была открыта брендированная аудитория Росатома.

Сегодня в фокусе внимания концерна такие актуальные вопросы, как невысокий процент учеников, выбирающих ЕГЭ по физике, дефицит учителей в школах атомных городов, особенно молодых педагогов.

Цитата

Антон Сериков

Генеральный директор центра знаний «Машук», заместитель генерального директора Российского общества «Знание»:

”

Физика — основа технологического суверенитета, а качественное преподавание физики — залог будущего страны. Современные вызовы требуют постоянного обновления знаний и методик преподавания. «Учитель для Росатома» — уникальная программа, помогающая учителям-физикам повысить квалификацию, получить новые знания и навыки.

“

В 7 из 12 городов присутствия АЭС укомплектованность школ персоналом ниже 85%, а доля педагогов в возрасте 55 лет и старше в большинстве городов составляет более 46%.

Для того чтобы найти лучшие пути решения таких важных задач, как повышение качества преподавания дисциплины «физика», обмен опытом и лучшими практиками, налаживание стратегического взаимодействия между руководством школ и руководителями педагогических вузов, продвижение HR-бренда «Росэнергоатома», в этом году к мероприятию присоединилось беспрецедентное количество участников из разных городов — от Билибина до Энергодара. В их числе — руководители и эксперты концерна «Росэнергоатом» и Корпоративной Академии Росатома, учителя физики из всех городов присутствия АЭС, участники программы обучения «Учитель для Росатома», директора школ, представители управлений образования, профильных институтов педагогических вузов, вузов — партнеров концерна (ИГЭУ, ТПУ, ИАТЭ, НИЯУ «МИФИ»), а также ведущие эксперты в области науки и образования.

Физика для будущего

«Физика — основа технологического суверенитета, а качественное преподавание физики — залог будущего страны. Современные вызовы требуют постоянного обновления знаний и методик преподавания. «Учитель для Росатома» — уникальная программа, помогающая учителям-физикам повысить квалификацию, получить новые знания и навыки от лучших экспертов центра знаний «Машук». Вкладывая в учителей-физиков, мы инвестируем в будущее страны, воспитываем новое поколение талантливых ученых и инженеров, и наш центр горд быть частью этой большой работы», — подчеркнул генеральный директор центра знаний «Машук», заместитель генерального директора Российского общества «Знание» Антон Сериков.

«На текущий момент суммарная потребность предприятий концерна «Росэнергоатом» в персонале до 2035 года составляет более 100 тыс. человек. И уже сегодня мы понимаем, что обеспечить эту потребность возможно в основном за счет таких источников комплектования, как выпускники вузов и ссузов, спецрезерв, персонал блоков, выводимых из эксплуатации, и др. У нас есть опыт привлечения молодых специалистов, мы активно работаем с ключевыми вузами и выполняем планы по набору выпускников. При этом нам необходимо нарастить прием молодых работников практически в два раза и принимать в среднем 2000 человек в год. Для обеспечения устойчивого притока молодежи и закрепления их на рабочих местах одной поддержки вузов недостаточно, важна также комплексная работа со школьниками и учителями атомных городов, ранняя профориентация», — рассказал директор по персоналу и социальной политике концерна «Росэнергоатом» Сергей Гудин. Он также

отметил, что системная работа, которую концерн второй год ведет вместе с учителями школ атомных городов, представителями педагогических вузов и вузов-партнеров, уже начинает давать свои плоды: наметилась положительная динамика в количестве выбирающих ЕГЭ по физике. Средний балл ЕГЭ по физике в 2024 году составил 63,21, что выше прошлогодних показателей (54,85). До 30% увеличилась доля учеников, набравших более 60 баллов на ЕГЭ по физике, а число 100-балльников в этом году достигло рекорда — 769 человек по сравнению со 190 в 2023 году.

Фокус на учителях

«Уже второй год действует дивизиональная программа поддержки учителей физики и студентов педагогических вузов по дисциплине «физика» из регионов присутствия концерна «Росэнергоатом». Важным мероприятием программы является трудоустройство студентов педагогических вузов по дисциплине «физика» в школы городов присутствия АЭС. Им оказывается помощь в трудоустройстве в пристанционных городах, а также материальная поддержка. В прошлом году по программе были трудоустроены четыре молодых учителя: один — в Нововоронеже, один — в Курчатове и два — в Балакове. Молодым педагогам также оказывается помощь в приобретении собственного жилья», — рассказывает руководитель проекта управления развития корпоративной культуры концерна «Росэнергоатом» и организатор мероприятия Ольга Кононова.

В прошлом году «Росэнергоатом» впервые провел конкурс «Учитель для Росатома. Физики», победителями которого стали 20 учителей, по 10 в каждой из двух номинаций — «Учитель физики 7–9-х классов», «Учитель физики 10–11-х классов». Также впервые прошел конкурс стипендий и грантов с участием педагогических вузов. Концерн выплатил стипендии в размере 100 тыс. рублей пяти студентам Тверского государственного педагогического университета, а также три премии в размере 200 тыс. рублей преподавателям Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена и Новосибирского государственного педагогического университета.

В числе ярких мероприятий, организованных концерном в 2023 году, — экскурсия на Белоярскую АЭС для учителей физики из городов присутствия АЭС России и студентов педагогических вузов по дисциплине «физика», в которой приняли участие 32 человека из 12 городов России.

Также продолжается развитие проекта «Физика сейчас» с целью повышения интереса учащихся общеобразовательных организаций городов присутствия АО «Концерн Росэнергоатом» к дисциплине «физика». В рамках проекта реализуется целый комплекс мероприятий для учителей и учащихся школ городов присутствия концерна: практические и лабораторные

интерактивы по физике, лекции, профнавигационные встречи, мастер-классы.

В рамках популяризации физики важным начинанием стало открытие четырех инженерных классов в Удомле, Нововоронеже и Заречном.

Путь к сердцу ученика

В течение четырех дней стратегической сессии, помимо выступлений ведущих экспертов в области науки и образования, мастер-классов по применению искусственного интеллекта и игровых технологий в образовании, профилактике профессионального выгорания, участники мероприятия были активно вовлечены в практическую работу. Так, учителя городов присутствия Росатома провели открытые уроки, представив аудитории свои лучшие педагогические практики. К примеру, это графические задачи по молекулярной физике, подготовка учащихся к исследовательской деятельности, урок с демонстрацией цифровой лаборатории по физике, урок-профпроба с раскрытием профориентационного потенциала, приемы мнемотехники в преподавании математики, формирование 4К-компетенций средствами физического эксперимента и др.

Работая в группах, участники обсудили собственные инициативы по трем направлениям — «Привлечение учителей в школы», «Повышение популярности ЕГЭ по физике» и обучающий модуль в рамках программы

Подробности

Сегодня программы поддержки учителей, реализуемые концерном «Росэнергоатом», включают:

- материальную поддержку при трудоустройстве в школу в городе присутствия АЭС:
 - **100 тыс. рублей** — подъемные;
 - **10 тыс. рублей** — доплата к зарплате в течение двух лет;
 - **90%** — компенсация аренды жилья в течение двух лет;
 - **1 млн рублей** — беспроцентная ссуда на покупку жилья после года работы;
- возможность заключения «отложенного» договора со школой в городе присутствия АЭС:
 - **20 тыс. рублей** — доплата к стипендии студентам педагогических вузов;
- премии для студентов и преподавателей педагогических вузов, активно вовлеченных в программы привлечения молодых учителей в атомные города:
 - **100 тыс. рублей** — для студентов;
 - **200 тыс. рублей** — для преподавателей.



«Учитель для Росатома» — и представили результаты своей работы руководителям и экспертам концерна «Росэнергоатом» и Корпоративной Академии Росатома. В их числе чат-бот для школьников, позволяющий систематизировать достижения в учебе и обменивать их на бонусы, проекты по внеклассным мероприятиям и ранней профориентации, аналитика проекта «Физика сейчас», технологические карты уроков по физике. Все проекты получили обратную связь и в дальнейшем будут рассмотрены для реализации.

Руководитель управления развития корпоративной культуры концерна «Росэнергоатом» Наталья Конон рассказала о мерах поддержки учителей, студентов и преподавателей вузов в этом году: «Еще три года назад наша стратегическая сессия начиналась с 50 участников, сегодня вас уже в три раза больше, что говорит о большом желании вместе популяризировать физику в атомных городах, повышать качество образования и выращивать новые поколения инженеров для предприятий Росатома и концерна. Наше сотрудничество продолжается и расширяется, а ваши проекты, практики и предложения, представленные на мероприятии, — яркое тому подтверждение. Приглашаю вас принять участие в конкурсе «Учитель для Росатома. Физики», который в этом году пройдет с сентября по декабрь. Также за лучшие инициативы, направленные на повышение интереса к физике и качества преподавания, мы планируем снова выплатить

стипендии студентам педагогических вузов в размере 100 тыс. рублей и премии преподавателям вузов в размере 200 тыс. рублей».

Дни карьеры

Те, кто уже перешагнул школьный порог и учится в одном из ключевых вузов «Росэнергоатома», могут принять участие в масштабных профориентационных мероприятиях для студентов — днях карьеры.

Программа дней карьеры включает разговоры «без галстуков» в формате открытого микрофона, работу в малых группах, решение кейсов, экспресс-беседы, квизы, стендовые сессии и презентации работодателей с привлечением выпускников профильных вузов, ныне работающих на атомных станциях и в дочерних организациях концерна. Еще одна важная особенность дней карьеры — активное участие работодателей, заинтересованных в привлечении и трудоустройстве выпускников профильных специальностей. На мероприятиях студенты могут узнать о конкретных требованиях к соискателям и перспективах начать карьеру в атомной отрасли уже сейчас, а также заполнить заявление на практику на предприятиях «Росэнергоатома».

С марта по май этого года дни карьеры «Росэнергоатома» прошли в ведущих вузах — партнерах

концерна, участие в них приняли тысячи учащихся. В течение весеннего цикла карьерных и профориентационных мероприятий для студентов вузов представители действующих атомных станций и организаций в контуре концерна «Росэнергоатом» приняли участие в днях карьеры Росатома, в ярмарках вакансий университетов, в молодежных карьерных форумах и прочих мероприятиях, посетив в общей сложности более 20 вузов, в том числе Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Ивановский государственный энергетический университет (ИГЭУ), Томский политехнический университет (ТПУ), Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ), Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Уральский федеральный университет (УрФУ) и другие.

«Север — край суровый, но привлекательный. Он удобен в транспортном плане (всего полтора часа на самолете), манит природой, климатом. И работники имеют определенные бонусы. Приятно, что политехники проявили большой интерес к нашей компании», — поделился инженер-электроник отдела радиационной безопасности Кольской АЭС Анатолий Носков, участник мартовского карьерного мероприятия в Санкт-Петербургском политехе Петра Великого.

На днях карьеры «Росэнергоатом» представлен практически всеми филиалами — молодые специалисты имеют возможность выбрать в качестве места работы любую из АЭС России. Широкий спектр предложений дает АО «Атомтехэнерго»: выпускников приглашают в филиалы компании в Москве, Удомле, Волгодонске, Смоленске. Выпускникам энергоуниверситета будут рады также в АО «Атомэнергоремонт». А специалистов по информационным технологиям ждут в ИТ-центре «Росэнергоатома» «Консист-ОС». Кроме того, молодых специалистов, стремящихся работать в сфере научных исследований и разработок в атомной отрасли, ждут во ВНИИАЭС. Предложения поступают также из Технической академии Росатома.

«Атомные станции и дочерние организации концерна помогают вузам-партнерам в привлечении абитуриентов на профильные для атомной отрасли направления подготовки, участвуя в днях открытых дверей для абитуриентов и их родителей, а также иницируя собственные профориентационные мероприятия для школьников: инженерные конкурсы, дни работодателя в школах, экскурсии на АЭС для старшеклассников и пр. В общей сложности организации концерна инициировали более 30 профориентационных мероприятий для школьников, в том числе в павильоне «Атом» на ВДНХ», — рассказывает руководитель проекта управления развития корпоративной культуры концерна «Росэнергоатом» Гульшат Суханова.

Представители атомных станций и дочерних организаций концерна также выступают в качестве научных руководителей дипломных и курсовых работ студентов профильных кафедр и активно работают в составе

Гульшат Суханова

Руководитель проекта управления развития корпоративной культуры концерна «Росэнергоатом»:

”

Атомные станции и дочерние организации концерна помогают вузам-партнерам в привлечении абитуриентов на профильные для атомной отрасли направления подготовки, участвуя в днях открытых дверей для абитуриентов и их родителей, а также иницируя собственные профориентационные мероприятия для школьников: инженерные конкурсы, дни работодателя в школах, экскурсии на АЭС для старшеклассников и пр.

“

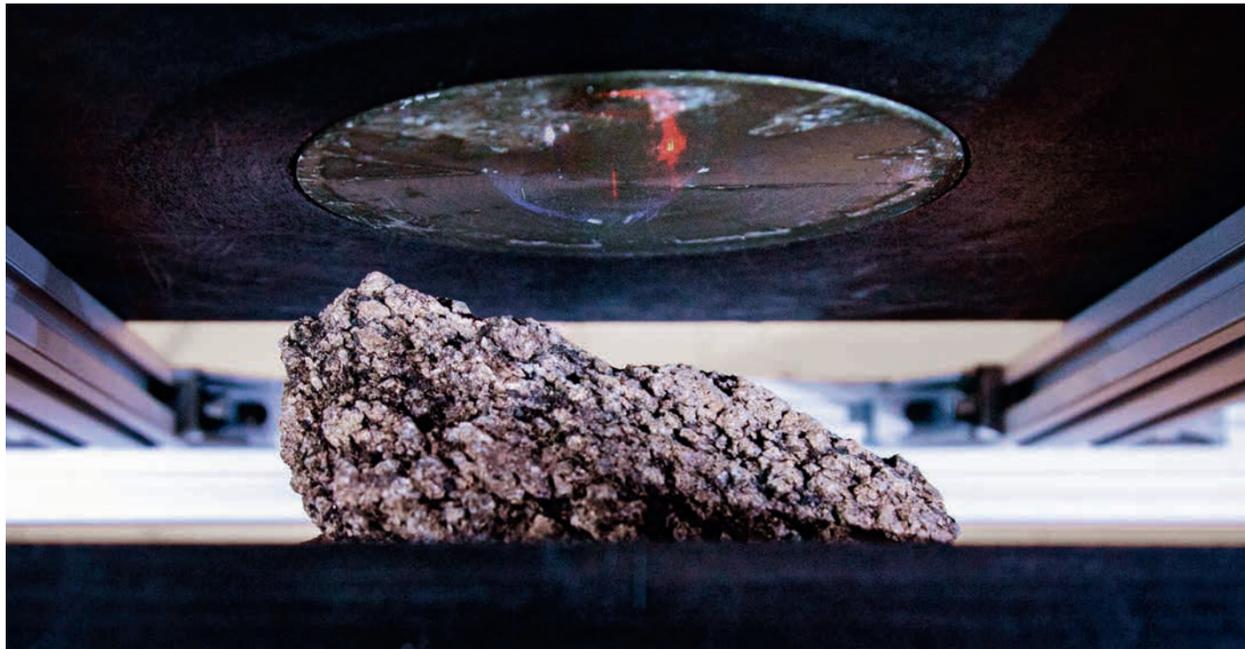
государственной экзаменационной комиссии, принимая экзамены и участвуя в защитах выпускных квалификационных работ. Например, в течение первых шести месяцев текущего года такое экспертное участие было организовано в Севастопольском государственном университете, ИГЭУ, ТПУ, Саратовском государственном техническом университете им. Гагарина Ю. А., в Мурманском арктическом университете и в филиалах МИФИ в Волгодонске, Нововоронеже, Обнинске и Балакове.

В целом в 2024 году на атомные станции и в дочерние организации концерна планируется принять около 770 выпускников, из них 317 выпускников направления подготовки, связанных с атомной отраслью.



У нас нейтроны

Ученые НИЯУ «МИФИ» и Росатома заставили «узника атомного ядра» определять химический состав сложных веществ



На фото

Анализатор способен определить процентные доли химических элементов, входящих в состав горной породы, облучая образец быстрыми нейтронами

«У вас нейтроны?!» Помните, как не на шутку (и, как оказалось, не зря) встревожилась за физика Гусева врач-радиолог из знаменитой киноленты «Девять дней одного года», услышав, что ученым вроде бы удалось получить искомый нейтронный пучок? Даром что нейтральная, эта частица, которую иногда поэтично называют узником атомного ядра, благодаря высокой проникающей способности может изрядно накурлесить, вырвавшись из своей «темницы». Особенно если начальная энергия у нее большая! Поэтому нейтронные источники уже давно служат человечеству в самых разных областях, например в неразрушающем объемном контроле.

Ученые Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в кооперации с Росатомом реализовали остроумную концепцию, объединившую несколько разработок, уже существующих на практике в разных областях науки и техники. Аппаратура на ее основе определяет химический состав исследуемого

образца при помощи тех самых «узников». Причем каждый из задействованных нейтронов участвует в опыте в буквальном смысле дважды, благодаря чему удается существенно повысить точность измерений.

В науке этот метод, поясняет инженер кафедры прикладной ядерной физики Олег Чакилев, называется нейтронно-радиационным. По сути, он анализирует сочетанный эффект различных физических процессов в теле мишени (в данном случае — в исследуемом образце), в результате которых высокоэнергетичный нейтрон вызывает два акта гамма-излучения. Первый раз — в момент неупругого рассеяния быстрых нейтронов (в разработке ученых НИЯУ «МИФИ» используются частицы с энергией 14 МэВ, их обычно получают при бомбардировке дейтонами тритийсодержащего вещества) на атомах мишени. Последние возбуждаются и испускают лучи, по спектру которых и можно определить элементный состав вещества.

«За несколько десятков микросекунд быстрые нейтроны замедляются до энергии тепловых. Они проживают порядка сотни микросекунд, и в течение этого промежутка времени их уже способны захватить ядра атомов мишени, этот процесс называется

радиационным захватом, — говорит Олег Чакилев. — Переходя в возбужденное состояние, те, в свою очередь, испускают гамма-кванты еще раз, это называется вторичным излучением».

Дальше, собственно, дело привычной любому инженеру-ядерщику техники, которая скрупулезно переводит индивидуальный гамма-портрет «мистера икс» в картинку на экране осциллографа. В лабораторной установке МИФИ оба потока гамма-квантов (и от неупругого рассеяния, и вторичного излучения от радиационного захвата) регистрируются сцинтилляционным детектором на основе кристаллов бромида лантана. Возникающие здесь вспышки света при помощи фотокатода преобразуются в электроны. После прохождения через фотоэлектронный умножитель все они дают вклад в электрический импульс, величину которого уже можно измерять в каждом диапазоне относительно просто и очень точно. Для каждого элемента резонансные энергии гамма-спектра свои. Поэтому, сопоставляя энергетические пики электронов на выходе, можно определять соотношение элементов в веществе исследуемого образца.

Как у хорошей хозяйки, у которой ничего даром не пропадает, в устройстве «три в одном» одновременно трудятся нейтроны, гамма-кванты и электроны. В результате практически мгновенно неразрушающим методом получается поэлементная спектральная картина мишени. «Для лабораторных экспериментов мы использовали образцы нефтешламов (жидкой породы, самотеком выходящей на поверхность в точке бурения скважины) из отечественных нефтеносных месторождений и полученную от «Норильского никеля» никелевую руду. На практике от предоставления 300-граммового образца до получения конечного результата проходит не больше получаса, — продолжает Олег Чакилев. — Результаты наших измерений хорошо согласуются с полученными поверхностными методами по типу флуоресцентного анализа. Однако для неравномерно распределенных элементов наш способ точнее, поскольку анализирует вещество по всему объему».

Конечно, назвать открытием этот алгоритм неверно. Он уже реализован в геологоразведке и в добывающей отрасли, но исключительно в скважинной аппаратуре, которую опускают глубоко под землю. «Мы же сейчас работаем над проектом серийной измерительной установки в виде конвейерного анализатора, особенно удобной для определения химического состава целой серии образцов», — объясняет Олег Чакилев. Кроме того, прежде также были широко известны нейтронные анализаторы, получающие информацию лишь от одной разновидности гамма-излучения — или от неупругого рассеяния, или от радиационного захвата. Так, в российской промышленности сейчас внедряется прибор, регистрирующий только излучение неупругого рассеяния от довольно дорогого генератора на меченых нейтронах.

Наконец, есть зарубежные нейтронно-радиационные аналоги, работающие от изотопного источника. Но

они облучают окружающее пространство постоянно. Мифисты же используют предоставленный московскими учеными из одного из научных институтов Росатома импульсный генератор 07 Т, и этот источник — еще одно из весомых преимуществ предложенной схемы. «Генератор выдает нейтронные импульсы в течение всего измерительного периода. Но в лабораторных условиях оператор управляет им из изолированного помещения пультовой, так что дополнительная дозовая нагрузка на персонал исключена, — утверждает Олег Чакилев. — В полевых условиях управлять измерительной установкой тоже можно удаленно. Выключили генератор — излучение пропало, собираете результаты и упаковываете образцы».

Разработка мифистов в кооперации с коллегами из Росатома инициативная, конкретных заказов под нее пока нет. Поскольку удовлетворительные результаты получены на горных породах, создатели видят применение анализатора в первую очередь в добывающей и нефтяной индустрии. Но вообще он определяет наличие любых примесей, в том числе легких элементов (водорода, бора, хлора) с большим сечением взаимодействия с тепловыми нейтронами. Поэтому пригодится и в металлургии, и в анализе биообразцов, да даже в определении состава археологических памятников и в проверке подлинности живописных полотен. Ведь нейтроны — они и у них, и у нас, и у вас. Важно только найти к ним верный подход и направить их энергию в нужное русло.

На фото

При эксплуатации установки соблюдаются все нормы радиационной безопасности, в выключенном ее состоянии излучение полностью отсутствует



Текст: Ирина Дорохова
Фото: Orano, CNNC

Уран в замедленном росте

Обзор процессов на мировом урановом рынке

Добывающие уран компании отчитались по итогам полугодия, и это повод, чтобы понаблюдать за тенденциями рынка. Ключевая из них — стремление большинства компаний увеличить объем производства, что по разным причинам получается не так быстро, как хочется.

Рыночные тенденции

Спотовая цена на природный уран, которая стремительно росла с сентября 2023 года по январь 2024 года, с февраля по июль 2024 года снижалась, колеблясь в диапазоне \$80–90/фунт U_3O_8 (закись-окись). По сравнению с первым полугодием 2023 года спотовая цена за тот же период 2024 года выросла на 73% (с \$52,6/фунт до \$91,1/фунт). Цены долгосрочных контрактов также поднялись. В среднем по миру они выросли с \$72/фунт до \$80,5/фунт. Средний долгосрочный ценовой индикатор TradeTech (специализируется на агрегировании информации в сегменте ядерного топлива) составил в июне \$79,50/фунт U_3O_8 , это на 16,9% больше, чем в начале 2024 года.

По информации консалтинговой компании UxC (также специализируется на агрегировании информации в сегменте ядерного топлива), в 2023 году в мире было добыто в общей сложности около 54 390 тонн урана,

что на 6,3% больше, чем в 2022 году. С 2023 года началась расконсервация урановых рудников, и в 2024 году эта тенденция продолжилась. Также идет строительство новых уранодобывающих предприятий.

«Казатомпром»

Объем производства на уранодобывающих предприятиях в Казахстане (СП и собственных предприятиях «Казатомпрома») вырос на 6%, до 10 857 тонн U_3O_8 (9206 тонн урана). Из них на долю компании пришлось 5797 тонн (4262,9 тонн урана), рост составил 7% год к году. Компания смогла обеспечить необходимый объем бурения скважин и объем серной кислоты, чтобы выпустить запланированное количество закиси-окиси (минус 20% от показателя, зафиксированного в контрактах на недропользование). «Смогла» — потому что в январе этого года компания опубликовала сообщение о корректировке годового плана «из-за сложностей, связанных с доступностью серной кислоты, являющейся ключевым компонентом в процессе добычи урана, а также задержек в завершении строительных работ на новых рудниках». Компания получила одобрение от совета директоров на подъем производства до 90% от уровня контрактных обязательств, но предупредила, что в 2024 году вряд ли его достигнет. В первом полугодии так и произошло.

«Казатомпром» несколько увеличил прогноз по объему производства. Вместо 21 000–22 500 тонн закиси-окиси (17 808–19 080 тонн урана) казахстанские предприятия планируют произвести 22 500–23 500 тонн закиси-окиси (19 080–19 928 тонн урана). Доля «Казатомпрома» в этом объеме вырастет с 10 900–11 900 тонн закиси-окиси (9243–10 091 тонна урана) до 11 600–12 600 тонн закиси-окиси (9837–10 685 тонн урана).

В финансовом отчете за первое полугодие 2024 года компания признала, что не сможет выйти в 2025 году на 100% от обязательств, указанных в контрактах на недропользование, как было запланировано ранее (30 500–31 500 тонн закиси-окиси, или 25 864–26 712 тонн урана в целом по Казахстану). Предполагаемый объем производства на казахстанских уранодобывающих предприятиях в 2025 году составит от 25 000 до 26 500 тонн закиси-окиси (21 200–22 472 тонны урана). Однако это примерно на 12% больше прогнозных показателей на 2024 год.

Пять добывающих предприятий, чтобы соответствовать требованиям контрактов на недропользование, снизили или планируют снизить параметры рабочих

программ. Это показатель того, что ранее запланированных показателей достичь точно не получится. В итоге в 2024 и 2025 годах объем производства закиси-окиси в Казахстане вырастет, но куда менее быстрыми темпами, чем изначально предполагалось.

Объем продаж в первом полугодии 2024 года резко снизился по сравнению с тем же периодом прошлого года: на 18% в целом по группе (в нее входят консолидируемые и зависимые предприятия, учитываются внутригрупповые сделки) — с 9527 до 7779 тонн закиси-окиси, или с 8079 до 6597 тонн урана. Объем внешних продаж «Казатомпрома» снизился на 22% (с 8565 до 6717 тонн закиси-окиси, или с 7263 до 5696 тонн урана). Снижение продаж «Казатомпром» объясняет колебаниями в потребностях клиентов. Контрактная цена выросла на 41% по группе (с \$47,04/фунт до \$66,22/фунт) и на 34% по внешним сделкам «Казатомпрома» (с \$46,63/фунт до \$62,5/фунт).

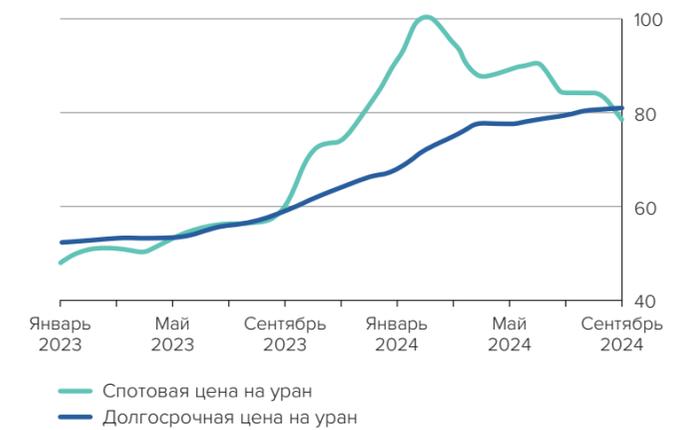
Прогноз по объему продаж до конца 2024 года остался неизменным: 15 500–16 500 тонн закиси-окиси (13 144–13 992 тонны урана) по группе и 11 500–12 500 тонн закиси-окиси (9752–10 600 тонн урана) — доля «Казатомпрома».

Кроме того, в Казахстане изменится налогообложение уранодобывающих предприятий. В этом году ставка налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) составляет 6%. В 2025 году — 9%. С 2026 года ставка будет зависеть от объема производства в рамках конкретных контрактов на недропользование (4–18%). Кроме того, ставка будет дифференцироваться в зависимости от средневзвешенной цены на уран. Контрактная или спотовая будет цена — не уточняется. В таблице, приведенной в отчете, при анализе чувствительности приведена спотовая цена, в комментарии к ней речь идет о контрактной. При цене в диапазоне \$70–80/фунт ставка налога будет составлять 0,5%, свыше \$80/фунт — 1% и далее по возрастающей. Ставка при цене ниже \$70/фунт не указана. «Несмотря на неизбежные налоговые изменения, «Казатомпром» убежденно остается глобальным лидером по маржинальности и масштабам производства», — заявил председатель правления «Казатомпрома» Меиржан Юсупов.

В первом полугодии 2024 года выручка «Казатомпрома» выросла на 13% (с 618,7 до 701,1 млрд тенге — с \$1,345 млрд до \$1,524 млрд при указанном в отчетности курсе 460 тенге за доллар). Чистая прибыль выросла на 27% (с 222,3 до 283,2 млрд тенге, или с \$483,2 млн до \$615,65 млн). Компания отметила, что затраты «замедленно растут». Это связано не только с НДПИ, но и ростом затрат на серную кислоту и покупку закиси-окиси у казахстанских уранодобывающих предприятий, тем или иным образом связанных с «Казатомпромом».

В июле в число акционеров «Казатомпрома» вошел Минфин РК: фонд национального благосостояния «Самрук-Казына» продал ему через Казахстанский

Цены на уран



национальный фонд 12,00663451% акций компании за 467,4 млрд тенге (около \$970 млн), доля «Самрук-Казыны» снизилась с 75 до 62,99336549%. Смысл сделки — пополнение госбюджета из государственной «кубышки».

Резюме. Компания продолжает стремиться к наращиванию объемов производства. Основным риском для компании при текущем положении дел остаются проблемы с увеличением производительности рудников, причем как действующих, так и новых. Еще один значимый риск — рост операционных и финансовых затрат.

Cameco

В первом полугодии 2024 года канадская компания произвела 12,9 млн фунтов закиси-окиси (4962 тонны урана), что на 47% больше, чем за аналогичный период прошлого года. Компания продала в первом полугодии этого года 13,5 млн фунтов (5193 тонны урана), это на 11% меньше, чем за шесть месяцев прошлого года. Интересно, что во втором квартале этого года впервые за несколько лет компания произвела больше урана (7,1 млн фунтов, или 2731 тонну урана), чем продала (6,2 млн фунтов, или 2385 тонн урана).

«Инкай», казахстанское СП Cameco с «Казатомпромом», как и другие предприятия в Казахстане, столкнулось с нехваткой серной кислоты. Поэтому объем производства оказался ниже запланированного. «Ожидаемый объем производства в 2024 году в размере 8,3 млн фунтов U_3O_8 (на 100-процентной основе) предварительный и зависит от получения достаточных объемов серной кислоты», — отметила Cameco. Кроме того, из-за повышения НДПИ, по предварительным оценкам канадской компании,

Цифра

~ 54 390 тонн

урана было добыто в мире в общей сложности в 2023 году, по информации консалтинговой компании UxC

на 73%

выросла спотовая цена на природный уран в первом полугодии 2024 года по сравнению с тем же периодом 2023-го (с \$52,6/фунт до \$91,1/фунт U_3O_8)

себестоимость добычи в Казахстане будет сопоставима с таковой в Саскачеване.

Уран «Инкая» учитывается как купленный, и для Самесо стоит очень дорого. Так, партия урана, произведенная в 2023 году, была доставлена на завод в Блайнд-Ривер в феврале по цене 129 канадских долларов (\$96,88) за фунт. Это, вероятно, самые дорогие поставки, так как в среднем купленная закись-окись обошлась компании в 96,25 канадских доллара (около \$71,8) за фунт. Для сравнения, операционные затраты на произведенный в первом полугодии 2024 года уран компания оценила в 27,52 канадских доллара (\$20,5) за фунт — на 21% ниже, чем годом ранее. Компания не зря использовала слово «доставлена» по отношению к казахстанскому урану: по-видимому, рост затрат во многом обусловлен именно расходами на перевозку по Транскаспийскому транспортному коридору, который Самесо использует в последнее время вместо маршрута через Россию.

После вхождения в капитал американской Westinghouse у Самесо стало меняться позиционирование. Теперь канадская компания владеет активами в сфере добычи урана, конверсии и фабрикации различных типов топлива — и это уже не уранодобывающая, а топливная компания. Westinghouse обеспечила в первом полугодии 2024 года выручку в размере \$1,325 млрд — это больше, чем урановый и топливный сегмент Самесо, вместе взятые (\$1,232 млрд). Переориентация интересов с урана на другие сегменты ядерного топливного цикла подтверждается приоритетами в инвестициях. Так, на геологоразведку в первом полугодии 2024 года было направлено \$10 млн, тогда как на исследования в сфере лазерного обогащения — \$17 млн. Самесо, напомним, совладелец и инвестор компании Global Laser Enrichment.

Самесо стремится получить новую технологию обогащения, так как это ключевой компонент ядерного топливного цикла, которого не хватает компании, чтобы выйти на рынок обогащенного ядерного топлива. Пока она производит топливо только для тяжелых водных реакторов, где требуется уран природного обогащения. Но их доля на мировом рынке составляет лишь около 10%.

Встраивание Westinghouse в бизнес Самесо дается канадской компании непросто. Westinghouse генерирует крупные убытки — \$170 млн в первом полугодии. Самесо, правда, отмечает, что скорость их накопления снижается: во втором квартале убыток составил лишь \$47 млн. Но для Самесо и это много. Для сравнения, чистая прибыль Самесо в первом квартале этого года составила \$36 млн, в первом полугодии — \$29 млн.

В финансовом прогнозе на 2024 год Самесо дает по Westinghouse только ориентир по EBITDA — \$445–510 млн, а в комментарии отмечает, что Westinghouse получит чистый убыток в \$170–230 млн «из-за учета покупок, требующего переоценки запасов и других активов Westinghouse на момент приобретения,

а также отнесения на расходы определенных не-операционных расходов, связанных с приобретением». В целом же прогноз до конца года у Самесо не изменился: она намерена произвести 22,4 млн фунтов (8616 тонн) закиси-окиси, приобрести на рынке до 2 млн фунтов (769 тонн) урана и купить в рамках обязательств (в том числе продукцию «Инкая») 9 млн фунтов (3462 тонны) урана. План по выручке на 2024 год — \$2,85–3 млрд. Портфель контрактов вырос до среднегодовых 29 млн фунтов закиси-окиси в год, в него входят контракты на 10 и более лет.

Самесо намерена увеличить производство на комплексе McArthur River/Key Lake с 18 млн до 25 млн фунтов закиси-окиси (с 6924 до 9616 тонн урана) и продлить срок эксплуатации своего флагманского рудника Cigar Lake до 2036 года (пока лицензия выдана до июня 2031 года).

Резюме. По-видимому, Самесо стала одним из выгодополучателей реструктурирования уранового рынка. Компания, как и «Казатомпром», нацелена на увеличение объемов производства. С производственными проблемами, мешавшими ей в прошлом году, она, вероятно, в целом справилась. Теперь головная боль для нее — интеграция Westinghouse, которая увеличила долговую нагрузку на Самесо и генерирует убытки, а также поставки из Казахстана, которые становятся все дороже и неудобнее.

Orano

На положение дел в компании сильнее всего повлияла ситуация в Нигере. Из-за госпереворота в июле прошлого года и последовавшего за ним закрытия границ с соседними странами (ключевой проблемой стала утрата доступа к бенинскому порту Котону) Orano во второй половине 2023 года столкнулась с разрывом цепочек поставок. В течение нескольких месяцев компания не могла импортировать реагенты (кальцинированную соду, нитраты и серу) и компоненты, необходимые для функционирования Somaïr — единственного действующего рудника компании в стране. В итоге в первом квартале 2024 года компания смогла возобновить добычу и переработку руды на Somaïr, но так и не начала отгрузку готового продукта, так как не согласовала с властями Нигера экспортную логистику. «В то время как безопасность поставок для клиентов Orano по-прежнему обеспечивается благодаря разнообразию источников поставок, эта блокада создает финансовые трудности для Somaïr и влияет на ее способность продолжать свою деятельность», — заявила компания.

Нигер, впрочем, не единственная страна, где Orano добывает уран. Она также участвует в СП «Катко» с «Казатомпромом» и владеет крупными долями в проектах в Канаде. «Катко» — одно из тех предприятий, где будут корректироваться рабочие программы. Планируемый объем производства в 2024 году

не превысит 2500 тонн (утвержденный уровень — 3400 тонн). Вернуться к уровню в 4000 тонн предприятие сможет не ранее 2026 года. Это значит, что в Казахстане компания не сможет рассчитывать на компенсацию недопоставок из Нигера.

В отчете за первое полугодие 2024 года Orano сообщила, что выручка горнодобывающего сегмента выросла на 7,9%, достигнув €795 млрд. Увеличение цен на уран стало ключевым фактором роста, но было нивелировано снижением объема продаж. Из-за ситуации в Нигере горнодобывающий сегмент компании получил операционный убыток в €36 млн. Для сравнения, в первом полугодии прошлого года операционная прибыль составила €146 млн, снижение, таким образом, составило почти 125%.

Кроме того, компания лишилась кандидата на проект развития. Власти Нигера, побывав на площадке проекта Imouagren, остались недовольны его прогрессом и в июне этого года отозвали лицензию. Изначально предполагалось, что Imouagren будут обрабатывать кучным выщелачиванием, но в 2022 году Orano задумалась о скважинном подземном выщелачивании. Исследования планировалось начать в 2024 году, и только в 2028-м — принять решение об инвестициях.

Imouagren — месторождение с низким содержанием урана, по-видимому, оно сложное для отработки, поэтому компания и медлила с его освоением. Но терять его она все же не хочет: «Компания Orano признала решение нигерийских властей. Приоритетом Orano является защита своих прав и налаживание диалога с государством Нигер для продолжения этого проекта», — говорится в отчете за полугодие.

Резюме. Основной источник рисков для компании — ситуация в Нигере, некоторые факторы которой находятся за пределами влияния компании и даже правительства страны.

CGN Mining Comany

Китайская компания CGN Mining Company (далее — CGN Mining) — участник двух СП с «Казатомпромом» — «Семизбай-У» и «Орталык». В первом квартале этого года объем производства в обеих компаниях составил 606,7 тонны урана, во втором — 727,4 тонны. Итог за полугодие — 1334,1 тонны урана (1573,24 тонны закиси-окиси). На долю CGN Mining пришлось 624 тонны урана.

В первом квартале CGN Mining получила от поставщиков 1212 тонн урана по средней цене \$71,77/фунт и поставила клиентам 1183 тонны урана по средней цене \$66,58/фунт. Во втором квартале компания купила 1885 тонн урана по цене \$78,45/фунт, а продала 1736 тонн урана по цене \$71/фунт. В сумме за полугодие объем закупок составил 2395 тонн урана, а объем поставок — 2919 тонн. При этом объем продаж за полугодие составил 564 тонны урана. Доход

На фото

Буровая деятельность компании Orano, участок Южный Торткудук, «Катко», Казахстан



от них составил около 893 млн гонконгских долларов (около \$115 млн) при средней цене продажи \$78,47/фунт закиси-окиси и средней себестоимости продаж \$86,41/фунт.

Из данных отчета видно, что в течение обоих кварталов компания покупала уран по более высокой цене, чем продавала. В контрактах, заключенных в первом квартале этого года, цена покупки была ниже цены продажи (\$84,83/фунт против \$86,52/фунт), тогда как во втором — снова выше (\$88,06/фунт против \$82,84/фунт).

Выручка компании в первом полугодии составила почти 4,1 млрд гонконгских долларов — на 39% выше, чем в том же периоде прошлого года. Чистая прибыль, напротив, снизилась на 37% — с 179,7 до 113,1 млн гонконгских долларов. Впрочем, даже операционные расходы выше доходов, компания операционно убыточна. Но компания в отчете за полугодие объявила, что основной источник падения прибыли — рост налогов. В плюс CGN Mining выходит благодаря дивидендам от дочерних компаний и ассоциированных предприятий. По сравнению с прошлым годом доходы по этим статьям выросли в несколько раз (с 70,6 млн до 208 млн гонконгских долларов и с 49,62 млн до 238,73 млн гонконгских долларов соответственно).

Резюме. Похоже, что главная проблема компании — ее операционная убыточность и цена урана ниже цены его приобретения.

CNOC

Компания, дочерняя структура китайской CNNC, в июне этого года подала заявку на IPO на основной площадке Шэньчжэньской фондовой биржи. Компания

Урановый рудник Rössing в Намибии



намерена выпустить от 202 222 223 до 321 176 470 новых акций номиналом 1 юань. Доля новых акций составит 10–15% от послеэмиссионного объема.

Все привлеченные средства компания намерена вложить в семь основных проектов. Важнейший — проект по добыче и СПВ на урановом месторождении Налингуо во Внутренней Монголии. Три проекта также будут нацелены на добычу природного урана, еще три — на извлечение попутных компонентов. В частности, CNUC готовится построить в городском округе Ганьчжоу (провинция Цзянси) крупнейшее в Китае предприятие по комплексной переработке монацита, а также предприятие по комплексной переработке тантал-ниобиевой руды в небольшом городе Лэйяне (провинция Хунань).

CNУC имеет исключительное право на разработку месторождений урана в Китае. «Компания продолжит расширять внутренние производственные мощности, улучшать свои возможности по контролю за зарубежными ресурсами и сохранять лидирующие позиции в отрасли, закрепив за собой статус крупнейшего в мире поставщика природного урана», — говорится в проспекте эмиссии CNУC. Компания продает уран преимущественно материнской компании, а также сингапурскому подразделению Rio Tinto. Уран, по данным проспекта, идет на нужды атомной энергетики, а также «потребности национального оборонного строительства».

Компания привела финансовые результаты по итогам работы в 2021–2023 году. Формально данные не соответствуют анализируемому периоду, но поскольку заявка на IPO была подана в июне, картина уранового рынка без рассказа об IPO, как кажется, была бы неполной.

CNNC International

Китайская компания в первом полугодии этого года показала снижение выручки на 91,6% (с 76 млн до 6,4 млн гонконгских долларов) по сравнению

с аналогичным периодом 2023 года, вместо чистой прибыли (8,33 млн гонконгских долларов) показала убыток в 7,73 млн.

Столь существенное снижение финансовых показателей компания объяснила отказом от продаж. «Поскольку спотовые цены на уран испытали быстрый и значительный всплеск и волатильность в течение периода (первого полугодия этого года. — Прим. ред.), директора посчитали, что сопутствующие транзакционные риски проведения спотовых торгов ураном на фоне такой повышенной волатильности цен и неопределенности в международной спотовой торговле ураном будут чрезмерно обременительными для группы в краткосрочной перспективе», — говорится в отчете CNNC International за первое полугодие этого года. Компания «содействовала торговле» природным ураном с рудника Rössing (его контролирует CNУC, владея долей примерно в 69%). Сделка, по оценкам компании, не подразумевала принятия ценовых рисков. Продав около 600 тыс. фунтов урана с Rössing, компания получила около 6,4 млн гонконгских долларов комиссионного дохода. В прошлом году такого дохода не было. Кроме того, на 71% выросли расходы на персонал, увеличились и финансовые расходы: компания использовала \$30 млн кредитных средств на закупку урановой продукции. Во второй половине 2024 года компания намерена возобновить торговлю ураном.

Кроме того, CNNC International «активно искала проекты с высококачественными урановыми ресурсами, которые могли бы способствовать развитию CNNC».

Резюме. Компания занимается преимущественно сделками купли-продажи урана, и ее защитное поведение в условиях высокой, по ее оценкам, волатильности — важный штрих в портрете урановой отрасли в первом полугодии 2024 года.

BHP Billiton

В первом полугодии 2024 года австралийская горнодобывающая компания произвела 1792 тонны урана (863 и 929 тонн урана в первом и втором квартале этого года соответственно). Объем производства держится примерно на одном уровне (около 800–900 тонн в квартал). Продано было 1289 тонн урана, причем в первом квартале этого года было продано почти в 2,3 раза больше, чем во втором, и в 3,2 раза больше, чем во втором квартале прошлого года. Компания не публикует иных производственных и финансовых данных по урану, так как это попутный продукт, добываемый на медном руднике Olympic Dam.

«Навоийуран»

Компания из Узбекистана отчиталась по итогам полугодия, однако большинство данных инфографики представлены в процентах от неизвестного, поэтому

реальной информационной ценности не имеют. Единственная цифра, имеющая отношение к объему производства, — «выпуск промышленной продукции» на 4,9 трлн сум — тоже не дает понимания ни об объеме производства, ни об объеме продаж, так как для вычислений единственное известное значение — это курс доллара к суму, а все остальное — приблизительные оценки. Отметим, что даже у МАГАТЭ и WNA нет точных значений об объемах производства и продаж из Узбекистана.

«Росатом Недра»

По данным компании, объем производства в первом полугодии 2024 года составил 1367,1 тонны урана, это примерно на 8% больше, чем годом ранее. Весь произведенный уран поступает на нужды Топливного дивизиона Росатома.

Расконсервация

В Австралии возобновил производство рудник Hopewood компании Boss Energy. Его предполагаемая годовая мощность — 942 тонны урана.

В Намибии снова открылся рудник Langer Heinrich (принадлежит Paladin Energy). Предположительно, его производственная мощность составит 1538–1730 тонн урана в 2025 году.

Из более поздних новостей: американская Energy Fuels попыталась возобновить работу рудника Pinyon Plain в Аризоне. Однако везти руду придется на завод White Mesa Mill в соседней Юте, а коренные жители Аризоны, индейцы навахо, выступили против и заблокировали дорогу. Губернатор Аризоны Кэти Хоббс убедила компанию прекратить транспортировку, поэтому перспективы дальнейшей работы предприятия оказались подвешенными.

Бразилия заявила, что намерена расширить производство урана в стране и сотрудничать по этим вопросам с зарубежными компаниями.

Американская UEC возобновила добычу на руднике Christensen Ranch в Вайоминге. Об объемах производства компания пока не говорит.

Некоторые выводы

Крупные компании намерены наращивать производство урана, но пока сталкиваются с производственными проблемами из-за длительного периода недоинвестирования. В прошлом году были проблемы на канадских рудниках Cameco, в этом году сложности в Казахстане. В других странах тоже непросто: в Нигере это проблемы с цепочками поставок, в США — с местными жителями, в Бразилии — с законодательством (возможностью участия зарубежных партнеров) и компетенциями.

Напряжение на рынке по поводу проблем с поставками, по-видимому, улеглось. Об этом свидетельствует

и постепенное снижение и даже стабилизация спотовых (и зависимых от них контрактных) цен на закись-окись, и снижение объемов продаж у крупнейших производителей.

Казахстанские власти начали использовать урановую отрасль как источник дополнительных доходов. Благодаря финансовой операции по переключиванию акций «Казатомпрома» из одного государственного кармана в другой, бюджет получил дополнительные деньги. Но главное — грядущее повышение налогов, которыми фактически будут облагаться и объемы производства, и доходы.

В Канаде, напротив, снизили налоговое бремя в урановом сегменте, так как уран был признан критически важным металлом. Заявление Cameco о том, что себестоимость производства урана в Казахстане может сравниться с таковым в Канаде, может быть первым публичным сигналом в пользу того, что компания постепенно может как минимум снизить заинтересованность в казахстанском уране. Себестоимость его растет, доставка долгая, а финансовые аппетиты Казахстана все выше.

Еще один признак роста аппетитов в Казахстане — высокие цены, по которым казахстанские СП продают уран их совладельцам, и высокие дивиденды. Известно, что дорогой уран покупает зарубежная сторона, а вот высокие дивиденды получают обе — и зарубежная, и казахстанская. Это может устраивать обе стороны, а может и нет. По-видимому, несоответствие доли покупаемого урана доле получаемых дивидендов и есть предмет дискуссий Cameco с казахстанской стороной.

Считается, что рост предложения снижает цены. Однако не исключено, что ни роста предложения, ни снижения цен на урановом рынке в ближайшем будущем не будет. Из-за мировой инфляции, геополитической напряженности и разрушения цепочек поставок себестоимость выросла, а скорость движения компонентов и материалов для деятельности рудников упала по сравнению с уровнем даже пятилетней давности. Кроме того, за десяток лет недофинансирования и постепенного закрытия урановых предприятий по всему миру из отрасли ушли специалисты. Наконец, урановая отрасль после аварии на АЭС «Фукусима» уже проходила этап роста производства и снижения цен, потом начался обратный процесс — консервации рудников и намеренного снижения объемов производства. Это было совсем недавно. Все эти факторы уже влияют на то, что расконсервация старых и строительство новых рудников идет небыстро. В том же русле находится и отказ от торговли в условиях волатильности.

Цены на уран находятся в общем тренде с промышленными металлами (медь, никель, алюминий, железная руда), а они в первом полугодии падали. Наконец, критическое влияние на всю атомную, и в том числе урановую, отрасль оказывают инциденты на АЭС. Поэтому если случится авария, то это негативно повлияет на всю атомную отрасль.

Это фантастика!

Как фантастические произведения влияют на научно-технический прогресс и образ будущего



70 лет назад в небольшом городке под Калугой заработала первая в мире атомная электростанция. Это событие, наряду с полетом первого человека в космос, стало своеобразным символом новой главы в истории человечества: реальностью стало то, что еще вчера казалось фантастикой. Сегодня атомная энергетика, как и полеты в космос, — вещь обыденная, а вот дискуссии вокруг фантастики и загадочной взаимосвязи этого жанра с научно-техническим прогрессом продолжают. Сеть Информационных центров по атомной энергии решила использовать прекрасный повод — празднование юбилея Обнинской АЭС, чтобы обсудить роль фантастики в нашей жизни.

Увидеть будущее

Насыщенная программа торжеств, посвященных 70-летию запуска первой в мире АЭС, которое отмечалось в июне 2024 года, включала большое количество официальных и не слишком мероприятий. Сеть Информационных центров по атомной энергии тоже решила преподнести горожанам подарок и открыть свой новый, 22-й по счету центр именно на родине мирного атома.

Открытие центра продолжалось два дня. Первыми гостями ИЦАЭ Обнинска 25 июня стали школьники города. Они приняли участие в нейрофорсайт-сессии «Обнинск — город будущего», в ходе которой искали ответ на вопрос, каким им видится будущее первого российского наукограда после создания в нем международного образовательного центра «Обнинск Тех».

В итоге ребята сформулировали подробное описание концепции по одному из четырех направлений — кадровое развитие, технологии, научно-популярный туризм и комфортная городская среда — и с помощью нейросети получили цифровое воплощение своего представления о городе будущего.

В роли экспертов, которым предстояло оценить работы участников нейрофорсайт-сессии, выступили почетные гости ИЦАЭ Обнинска: заместитель генерального директора по персоналу госкорпорации «Росатом» Татьяна Терентьева, первый заместитель генерального директора по корпоративным функциям АО «Концерн Росэнергоатом» Джумбери Ткебучава и глава администрации Обнинска Татьяна Леонова.

«Наука — это красиво»

На следующий день на площадке центра в Обнинске свою работу начал фестиваль науки «КСТАТИ» — флагманский проект сети ИЦАЭ, который представляет собой марафон лекций, научно-популярных шоу, интеллектуальных игр и мастер-классов, объединенных общей темой. На фестивале в Обнинске со всех возможных точек зрения было решено препарировать такой феномен, как фантастика.

Фестивальная программа началась с научно-фантастического квеста, который позволил участникам создать собственный комикс под руководством профессионального автора комиксов Александры Майоровой. Тематические локации квеста были очень разнообразны. Гости фестиваля сыграли в настольные и научно-творческие игры, ответили на вопросы интерактивных викторин, посетили мастер-класс по саберфайтингу (технике боя на световых мечах), мастер-класс по робототехнике от «Академии Технолаб», сыграли во фрисби вместе с командой «Физика НЛО», посетили VR-зону, позволяющую погрузиться в мир научной фантастики. Все, кто прошел квест и собрал тематический стикерпак с учеными, создали вместе с художником свой постер на мастер-классе «Красиво атомы сложились».

Но центральной частью программы фестиваля «КСТАТИ» по традиции стал лекторий. Старший научный сотрудник Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) кандидат физико-математических наук Марк Ширченко с помощью обсуждения научных ошибок в художественных кинокартинах рассказал о науке в научно-фантастическом кино. Вместе с гостями научный переводчик ситкома «Теория Большого взрыва» разобрал фильмы «Интерстеллар», «Марсианин» и «Назад в будущее».

«Не так важно, насколько достоверно наука отображается в фильмах. Куда важнее, на мой взгляд, донести до зрителей то, что наука — это красиво, что она умеет многое и что она обеспечивает прогресс человечества. И если после просмотра фильма людям становится интересно, они начинают что-то читать или узнавать по этой теме — значит, задача

выполнена. Я считаю, что для разной аудитории необходимо искать свои форматы донесения информации, чтобы формировать у людей интерес и критическое мышление», — отметил Марк Ширченко.

Затем состоялась творческая встреча с Алексеем Лебедевым, сценаристом, кинопродюсером, режиссером-мультипликатором, автором сериалов «Атомный лес», «Петя и волк», «Смешарики».

«В любом возрасте мы можем по-разному смотреть на одни и те же истории и находить в них строительный материал для собственного мироздания, — уверен Алексей Лебедев. — Что касается объективности, здесь важно, чтобы человек, независимо от возраста, выстраивал свою модель реальности. Конечно, различные жизненные обстоятельства и новые вводные будут опрокидывать это строение, но человек должен набираться сил и продолжать эти бреши застраивать. Так и с персонажами, у них не может быть заготовленного маршрута, они набирают вес и инерцию с развитием сюжета, их характер развивается постепенно».

Заключительным событием фестиваля науки «КСТАТИ» стала премьера научно-музыкального ток-шоу Science Sound. Перед зрителями выступила команда культовой российской радиопередачи «Модель для сборки» с аудиопостановкой шедевра великого мастера фантастики Артура Кларка — рассказа «Стена Мрака».

Такой подбор тем не случаен, утверждает директор открывшегося ИЦАЭ в Обнинске Сергей Колесников.



«Мы намеренно объединили кино, мультипликацию, комиксы, музыку и литературу — максимально разные направления массовой культуры. Нам хотелось показать все многообразие воображаемых миров и то, как они взаимодействуют друг с другом».

Объяснил он и то, почему первый на родине мирного атома фестиваль науки «КСТАТИ» решили посвятить именно фантастике. «Во-первых, у самого термина «фантастика» в русском языке в этом году тоже юбилей: впервые он был использован в 1914 году в газете «Природа и люди» в номере 24 применительно к рассказу «Небесная кухня». Во-вторых, отечественная фантастика — это весьма почтенный жанр с колоссальной традицией и целой плеядой имен мирового масштаба, таких как Иван Ефремов, Александр Казанцев, Аркадий и Борис Стругацкие, Кир Булычев и многие другие. Все они были не просто современниками научно-технологического прорыва прошлого века и вдохновлялись им, но и зачастую вдохновляли непосредственных его участников. На мой взгляд, эта тонкая взаимосвязь таких, казалось бы, разных областей интеллектуального поиска еще требует своего осмысления», — отметил Сергей Колесников.

Заинтересовать, увлечь и вдохновить

Кажется, что самый очевидный ответ на вопрос о том, как фантастика влияет на научный прогресс, лежит на поверхности. Обязательным атрибутом, а иногда и мотором сюжета в этом жанре всегда является некая невозможная на сегодняшнем уровне развития технология. Значит ли это, что фантасты буквально

определяют или, по крайней мере, подсказывают вектор технологического развития? Такие примеры действительно есть. Один из основателей направления «космической оперы» в научной фантастике Эдмонд Гамильтон еще в 20-е годы прошлого века описал голографию под термином «телестерео». А знаменитый автор «Космической одиссеи» Артур Кларк в 1950-е предсказал появление геостационарных спутников связи. Но, к сожалению, эти исключения лишь подтверждают правило: большинство технических прогнозов писателей-фантастов либо пока не сбылись, либо уже и не сбудутся: научно-технический прогресс ушел в другом направлении. Да и фантастика, как любой феномен культуры, — скорее про настоящее, чем про будущее.

И тем не менее взаимосвязь между инновациями и созданием воображаемых миров все же есть. Ее, изучая опыт Китая, нащупал популяризатор науки и технологий, автор книг «Изобретено в России» и «Изобретено в СССР» Тим Скоренко. Правда, в его представлении она скорее психологического свойства: «Сегодня мы наблюдаем бум фантастики в Китае. Еще в 1980-х фантастика там не просто считалась низким жанром, но была запрещена как таковая. В 1990-х началось постепенное развитие жанра, запреты были сняты, а социологические исследования показали, что люди, которые в детстве увлекались научной фантастикой (не только книгами, но также комиксами или фильмами), с большей степенью вероятности становились выдающимися инженерами, основателями инновационных компаний и т. д. В результате фантастика в Китае вышла на первый план и буквально попала

в струю государственной поддержки. Стало издаваться огромное количество научной фантастики, в том числе переводной. Появились и всемирно известные китайские фантасты во главе с «тремя генералами» — Лю Цысинем, Хань Суном и Ван Цзиньканем. Лю Цысинь стал первым из неанглоязычных авторов, получившим престижную премию «Хьюго» за роман «Задача трех тел», а фантастику сегодня изучают даже в школах. И все ради прогресса».

Антон Долгов, старший научный сотрудник реакторного исследовательского комплекса ГНЦ НИИАР, поделился своим субъективным опытом взаимодействия с воображаемыми мирами: «В юности я был большим поклонником «Основания», или, в другом переводе, «Академии», Айзека Азимова. Помню, меня тогда глубоко поразила гипотеза, что будущее возможно предсказать. Достаточно лишь иметь необходимый математический аппарат и подходящий массив специфических данных. Причем современной науке эта гипотеза не противоречит и лишь ограничивается бесконечной сложностью необходимых вычислений».

Любой фантастический сеттинг строится вокруг таких смелых гипотез, как полеты в космосе быстрее скорости света, телепортация, компактные источники термоядерной энергии. Сталкиваясь с ними, ты сначала буквально огулен воображением автора. Но чаще всего следующая реакция — попытка представить, как бы это могло работать на самом деле. Чем взрослее ты становишься, чем больше ты знаешь об окружающем мире, тем сложнее, но и интереснее эта задача. Для кого-то это станет просто занятным интеллектуальным приключением на один вечер. Ну а для кого-то превратится сначала в увлечение, а потом и в осознанный выбор связать свою жизнь с наукой. Я не могу сказать, что научная фантастика определила мой жизненный путь, но совершенно точно сыграла определенную роль в том, кем я стал сегодня».

Завтра начинается сегодня

Похоже, на это свойство фантастики — порождать интерес к науке и технологиям, показывая красоту исследовательской и конструкторской работы, романтизируя ее, — начинают обращать все больше внимания. Летом этого года в павильоне «Атом» на ВДНХ при поддержке госкорпорации «Росатом» и Российского общества «Знание» прошла конференция «Производители будущего». На ее площадке ученые, фантасты и футурологи, представители креативных индустрий и специалисты из высокотехнологичных отраслей экономики размышляли о том, как формируется позитивный образ будущего страны и какую роль в этом может играть фантастика.

Выступавшему на конференции ученому-астрофизику и писателю-фантасту Николаю Горькавому, кажется, удалось сформулировать общее мнение: «Если вы спросите любого школьника, есть ли будущее, он вам ответит: да, и оно светлое. Все, что нам нужно, — это подготовить создателей будущего».



В этом смысле фантастика — очень эффективный способ их воспитания. Причем в первую очередь это касается подростков. Если фантастикой увлекается взрослый человек, за 40, — это очень хорошо, но для истории, для прогресса не слишком существенно. А если фантастикой увлекается 15-летний человек, высока вероятность, что через нее он увлечется наукой. Поэтому для продуцирования образа будущего нужно просто поставить на поток выпуск фантастических фильмов, книг и анимации. И тогда наши дети построят будущее, которое им нужно и которое будет, безусловно, светлым».

Цитата

Антон Долгов

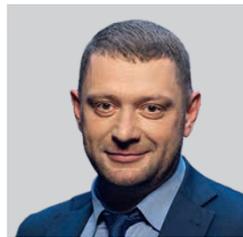
Старший научный сотрудник реакторного исследовательского комплекса ГНЦ НИИАР:

”

Любой фантастический сеттинг строится вокруг таких смелых гипотез, как полеты в космосе быстрее скорости света, телепортация, компактные источники термоядерной энергии. Сталкиваясь с ними, ты сначала буквально огулен воображением автора. Но чаще всего следующая реакция — попытка представить, как бы это могло работать на самом деле.

“





Федор Буйновский,
обозреватель «Вестника атомпрома»

Праздный класс как тормоз прогресса

Почему демонстративное потребление мешает экономическому развитию

«Теория праздного класса» Торстейна Веблена написана более ста лет назад. Но маркетологи всего мира думают в рамках той онтологии, которую задал этот великий ученый. Даже если об этом и не знают.

Эволюция общества и экономические процессы

Вместо того, чтобы рассматривать экономику как область математической статистики, Веблен предлагает взглянуть на нее с точки зрения антропологии, биологии и психологии. По мнению автора, еще во времена варварства, когда между людьми появилась первая трещина социального неравенства, зародился праздный класс. По мере продвижения от низших слоев к высшим растет тенденция демонстративного потребления. На самой вершине находятся люди, которые всячески тормозят развитие человечества, стараясь закрепить завоеванные привилегии.

В своем труде «Теория праздного класса» Торстейн Веблен положил в основу анализа экономических явлений естественный отбор институтов, эволюцию общества. На его взгляд, именно антропология, биология и психология способны наиболее прозрачно объяснить экономические процессы.

От зависти к богатству

Для понимания теории и, соответственно, смысла книги мы должны запомнить архаическую черту, унаследованную человеком (по мнению Веблена) от исторически предварающего периода варварства периода дикости. Сопутствующая этому периоду культура утверждается Вебленом как миролюбивая.

Именно из периода варварства, как считает Веблен, зарождается и произрастает собственно институт праздного класса. Хищническая культура произрастает напрямую из существования каст. Для варвара нужно захватить и показать.

Веблен настаивает на том, что общество развивается в соответствии с предлагаемыми обстоятельствами и вырабатывает привычки, соответствующие этим обстоятельствам. Период хищнической, или квазимиролюбивой (по Веблену — завистнической), культуры с ее архаическими чертами становится основой зарождения праздного класса и демонстративного потребления.

Соперничество, или денежное соперничество, которое проистекает, по мнению Веблена, из завистнической культуры, является основным движущим фактором в накоплении богатств.

По Веблену:

- частная собственность основана на завистническом сопоставлении;
- переход от общинной к частной собственности основывается на стремлении завоевать высокое положение в обществе — стать выше других.

Новая иерархия

Результатом становится появление привилегированных групп, возникает новая иерархия. Теперь верхушку общества возглавляют те, у кого накоплено больше собственности. И эта верхушка начинает получать блага и привилегии, а также продукты производственной деятельности именно в этой связи, а не вследствие какого-либо труда. Трудиться в этом слое теперь становится неприемлемым и неприличным: чем больше накопленных богатств, позволяющих вести праздный (а значит, обуславливающий высоту положения) образ жизни, тем большим уважением и почетом пользуется индивид. Так Веблен выводит термин «демонстративная праздность». Возникшему новому социальному слою Веблен дает яркое название — праздный класс.

По мнению Веблена, характерные черты праздного класса следующие:

- владение всей собственностью, в том числе производством, присваивание львиной доли произведенной продукции;

- праздность, ничегонеделание;
- расточительное потребление, то есть эта группа потребляет несоизмеримо больше продукции, материальных благ и богатств, чем это необходимо для жизни и обычных человеческих потребностей;
- демонстрация, стремление ко все большей праздности, большей демонстративности. Согласно истории развития слоя Веблен доказывает, что вся жизнь этого класса подчинена исключительно демонстрации.

Каноны приличий: кто правит бал

Денежный уровень (норма потребления, уровень благополучия) подвижен и, по Веблену, может все время расти, так как регулируется постоянным демонстративным расточительством. Почтенность и благополучие определяет тот слой, который находится выше по богатству и почету. Таким образом именно праздный класс является слоем, который определяет, каким должен быть благопристойный и почтенный образ жизни.

Личный пример, который являет собой праздный класс, надо принимать как руководство к формированию образа жизни для ниже расположенных слоев. Благодаря своему ничегонеделанию праздный класс имеет свободное время определить свод правил для образа жизни общества и каноны поведения и приличий, каноны почтенности, все, что демонстрирует денежную силу.

На достижение почтенности всеми остальными слоями общества влияют в первую очередь демонстративное расточительство (а равно и достижение определенного уровня богатства), сдерживаемое «инстинктом мастерства», а также общий, присущий человеческой природе хищнический умысел, который находится между двумя упомянутыми факторами.

Денежные каноны вкуса, по Веблену, — это выработка привычки видеть красоту, изящество и аристократичность только в тех произведениях культуры и быта, которые дорого стоят. Простота же, напротив, должна внушать отвращение. Таким образом красивый предмет, не являющийся дорогим, должен признаваться некрасивым.

По ложному пути

Многократно возвращаясь к главной идее своей теории и книги, Веблен настаивает, что возникновение частной собственности, а затем денежной цивилизации, демонстрации денежной силы увело человечество по ложному пути.

Праздный класс в силу своей привилегированности остается консервативным и инертным, потребность сохранить свое имущественное и материальное положение тормозит развитие производства. Веблен настаивает на пагубном влиянии праздного класса на экономические процессы: денежное стяжательство против развития производства, эксплуатация против полезности. Функция праздного класса в развитии

Одна из идей Торстейна Веблена (1857–1929) заключается в следующем: главную роль в экономическом развитии должна играть технократия. Поэтому он предлагал передать руководство хозяйственной деятельностью и государством производственно-технической интеллигенции. По его мнению, при правительстве должен существовать своеобразный «мозговой центр» из интеллектуалов — технических специалистов, способствующих более рациональной деятельности государства.

общества, по Веблену, — препятствовать развитию, мешать движению вперед, сохранять то, что устарело, являться критикой нововведений, новаторства. Еще один тезис гласит, что консерватизм низших слоев препятствует переменам. Привычка жить в нищете не оставляет этому слою, по мнению Веблена, времени и сил на изменение своего положения.

Современные пережитки доблести Веблен отслеживает во всем, что имеет отношение к соперничеству, состязаниям, войнам и победам. Как в период варварства особым почетом пользовались воины, добывшие победу двумя основными способами — силой и обманом, так и в современном обществе обман и хитрость, приводящие к победе и преимуществу, пользуются уважением и почетом. По мнению Веблена, особое почтение окружает финансистов, добывающих деньги спекуляциями, которые по сути — обман и мошенничество (добытые несметные богатства получаемы путем изворотливости ума, особого специального обучения хитрым трюкам и юридической казуистике). Вера в удачу и страсть к азартным играм, которые также являются достойным элементом праздности, напрямую связаны, несмотря на то что вера в удачу — сохранная архаичность, а страсть играть в азартные игры, несомненно, относится к хищнической, завистнической культуре, рождающей соперничество.

Идеальный праздный класс, по Веблену, — это боги. Священники и другие служители культа, приближенные к божеству, не должны участвовать ни в каких-либо занятиях, ни в каком-либо производственном труде. Суть священничества — служение, Веблен также маркирует его «подставной праздностью», как в случае с домашней прислугой и всеми, кто обслуживает господствующий класс.

Данная книга опередила свое время и сформировала, по сути, бизнес-идеологию XX века. И хотя сегодня все чаще упоминаются новые виды этики, маркетинг и системы ценностей глобальных компаний говорят о том, что проблематика, поднятая Торстейном Вебленом, актуальна как никогда. И как это ни парадоксально, это дает огромные возможности по глобальному позиционированию — с позиций «антипраздного» класса.

Фото: Машиностроительный дивизион Росатома

Выплавленный специалистами Машиностроительного дивизиона слиток весом 160 тонн предназначен для корпуса парогенератора второго энергоблока АЭС «Эль-Дабаа» в Египте



ДАВАЙ ПОДЕЛИМСЯ



От А до Я!

От «Атомэнергомаша» до ЯОКа, от освоения Арктики до строительства АСММ в Якутии, от атомной науки до ядерных прорывных технологий — телеграм-канал газеты «Страна Росатом» рассказывает о важных событиях от А до Я.

Будьте в курсе!

В нашем телеграм-канале — горячие новости оперативные комментарии, в том числе выходящие далеко за пределы отрасли.

Выигрывайте призы!

Мы регулярно проводим конкурсы среди подписчиков.

Спрашивайте!

У вас есть уникальная возможность задать вопросы топ-менеджерам и ведущим экспертам.



Присоединяйтесь, с нами интересно! Чтобы подписаться, отсканируйте QR-код или вбейте в поиске StranaRosatom.



Самое полное хранилище актуальных фотоматериалов атомной отрасли — в медиабанке газеты «Страна Росатом».

