

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

#2

март

2021

главная тема

Безуглеродная энергетика

Вызовы и возможности

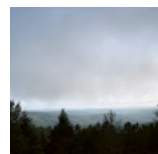
26 | Изотоп будущего

32 | Стратегия цифровизации

38 | Умное ПСР-предприятие



Содержание

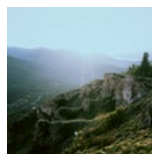


Главная тема

Без границ

Как углеродная повестка меняет мировую экономику

3–7 стр.



Главная тема

Энергия для преобразования мира

Безуглеродная энергетика и цели устойчивого развития

11–13 стр.



Главная тема

Энергопереход через климат

Суровая зима вызвала очередную волну споров о том, готов ли мир к отказу от ископаемого топлива и переходу к ВИЭ

8–9 стр.



Главная тема

Вот — модный водород

Мир приценивается к новому энергоносителю

14–19 стр.



Главная тема

«Мы работаем над тем, чтобы ядерное топливо стало возобновляемым»

Почему атомная генерация — важнейшая составляющая энергетики будущего, рассказывает Владимир Асмолов

10 стр.



Особое мнение

Декарбонизация в мировом масштабе

Как борьба за нулевые выбросы становится общемировой доминантой и чем системная инженерия поможет в этой борьбе

20–21 стр.

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№ 2, март 2021 года

Информационно-аналитическое издание

Фото на обложке
Unsplash.com

Редакционный совет
Г. М. Нагинский, М. В. Ковальчук,
К. Б. Зайцев, Л. А. Большов, Г. И. Скляр.

Главный редактор
Юлия Долгова.

Выпускающий редактор
Ольга Еременко.

Дизайн и верстка
Никита Барей, Кирилл Филонов.

Корректор
Алёна Капыльская.

**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 1910 экземпляров.
Цена свободная.
Подписано в печать: 16.03.21.

При перепечатке ссылка на «Вестник атомпрома» обязательна. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Суждения и выводы авторов материалов, публикуемых в «Вестнике», могут не совпадать с точкой зрения редакции.



22–25 стр.

Предприятия

Сплавы высоких технологий

АО «ЧМЗ» осваивает новые виды продукции: интервью генерального директора Сергея Чинейкина



44–45 стр.

Горизонты атома

Управляемая энергия

Технологии настоящего и будущего в Троицком институте инновационных и термоядерных исследований

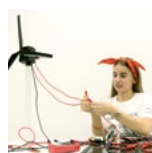


26–29 стр.

Технологии

Тритий не лишний

Фронт работ для изотопа будущего



46–49 стр.

ИЦАЭ

«Из любви к себе и миру»

Как в ИЦАЭ делятся эколайфхаками, сравнивают источники энергии и рассказывают о безуглеродном будущем



30–31 стр.

Это интересно

Топ изотопов

Какие изотопы помогают диагностировать и лечить опасные заболевания, стерилизовать медицинские изделия, проводить неразрушающий контроль и открывать тайны Вселенной



50–53 стр.

Особое мнение

Гарантии для мирного атома

Роль гарантий МАГАТЭ в обеспечении мирного использования ядерной энергии



32–34 стр.

Цифровизация

Run. Change. Disrupt!

Интервью директора по цифровизации Росатома Екатерины Солнцевой о новой версии единой цифровой стратегии госкорпорации



54–55 стр.

География Росатома

В стране футбола и карнавала

Как Росатом развивает сотрудничество с Бразилией



35–37 стр.

Неатомные бизнесы

«Умный город»

Всё о программном комплексе Росатома, который повышает качество жизни в атомных городах и в других муниципалитетах



56–57 стр.

Зарубежное обозрение

Миру нужен атом

Наступит ли новый ядерный ренессанс?



38–43 стр.

ПСР

Эволюция лидера

Новый уровень развития бережливого предприятия Lean Smart Plant объединит инструменты ПСР и технологии «Индустрии 4.0»

Уважаемые читатели!

Мы живем в стремительно меняющемся мире, который неуклонно движется к новым экономическим моделям. Четвертый энергетический переход — к безуглеродной энергетике и четвертая промышленная революция — цифровая — это уже реальность. И наблюдать за этими изменениями в высшей степени интересно.

Что делают государства и компании, чтобы ускорить наступление прекрасного безуглеродного будущего, какие вызовы и возможности для бизнеса несет глобальная повестка декарбонизации, какие страны уже разработали стратегии водородной энергетики и какая энергия нужна для устойчивого развития — в материалах главной темы номера.

Как переход к технологиям «Индустрии 4.0» меняет атомную промышленность и жизнь людей в нашей стране уже сегодня, чем отличается новая версия отраслевой цифровой стратегии и сколько в России умных городов, а на предприятиях Росатома образцов умных производств — об этом в материалах второй большой темы.

А еще мы рассказываем о том, для чего, кроме ядерной батарейки, нужен тритий и сколько раз можно обернуть земной шар сверхпроводящими стрендами, изготовленными для ИТЭР, как можно тушить пожары лазером и какую техническую поддержку гарантий МАГАТЭ по исключительно мирному использованию ядерной энергии оказывает Росатом.

И о многом другом, не менее интересном и важном!



Без границ

Как углеродная повестка меняет мировую экономику

Глобальное изменение климата долгое время оставалось предметом научных исследований, а роль человека в этом процессе — темой для споров. Сегодня меняющийся климат, эмиссия парниковых газов и необходимость перехода к безуглеродной энергетике — самая обсуждаемая тема глобальной повестки.

Планета в парнике

Климатическая проблема осталась в числе важнейших даже на фоне пандемии COVID-19. Ситуация с коронавирусной инфекцией вопреки прогнозам не отодвинула на задний план задачи по снижению выбросов парниковых газов, поставленные Парижским соглашением по климату. Снижение выбросов

График Килинга

Содержание CO₂ в атмосфере (обсерватория Мауна-Лоа)

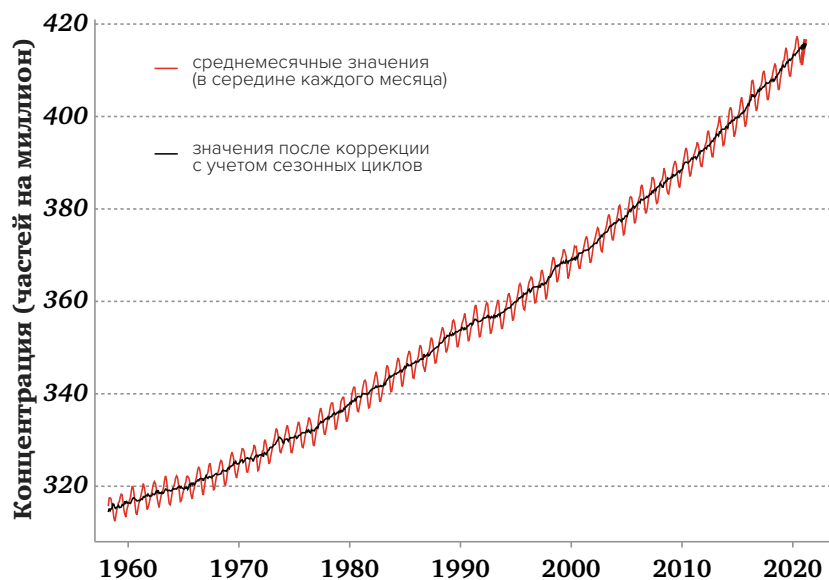


График показывает ежемесячные значения содержания углекислого газа в атмосфере, измеряемые в обсерватории Мауна-Лоа (Гавайи, США, высота — 3400 м над уровнем моря), и объединяет данные Института океанографии Scripps Калифорнийского университета (Сан-Диего) и Лаборатории глобального мониторинга Национального управления океанических и атмосферных явлений США.

Источник: ESRL NOAA

в результате локдаунов было признано экспертами незначительным в масштабе общей ситуации.

Основной причиной изменения климата на планете признан антропогенный фактор. Постоянные выбросы газов в атмосферу, которыми сопровождается деятельность человека, вызывают рост температуры у поверхности планеты — парниковый эффект. Наибольшую тревогу вызывает эмиссия углекислого газа, связанная со сжиганием углеводородного топлива, особенно учитывая тот факт, что потребности населения планеты в электроэнергии будут увеличиваться. По прогнозу Международного энергетического агентства, объем потребления возрастет к 2040 году на 50 % от текущего уровня.

Изменения концентрации CO₂ в атмосфере описывает так называемый график Килинга. Американский климатолог Чарльз Дэвид Килинг был первым ученым, доказавшим связь антропогенной эмиссии углекислого газа в атмосферу и изменений климата. График, названный его именем, составляет обсерватория на Мауна-Лоа (Гавайи, США), которая в мае 2020 года обнародовала данные об уровне атмосферного углекислого газа, тогда он достиг рекордных 417,1 ppmv. В 1958 году, когда начался мониторинг на Мауна-Лоа, средняя концентрация CO₂ составляла 315 ppmv.

С глобальным изменением климата научное сообщество связывает целый ряд угроз, с которыми человечество сталкивается уже сегодня: аномальная жара, теплые бесснежные или, наоборот, непривычно холодные зимы в Северном полушарии, лесные пожары и засуха, участвовавшие наводнения и разрушительные цунами, таяние ледников, повышение температуры мирового океана, приводящее к гибели населяющих его организмов, вынужденная миграция населения из районов, подвергшихся стихийным бедствиям, и многое другое.

Планы, провалы, надежды

Первым международным соглашением, поставившим перед странами-участниками задачу сдерживать эмиссию парниковых газов в атмосферу, была Рамочная конвенция ООН об изменении климата 1992 года. Дополнительный документ, названный Киотским протоколом и вступивший в силу 15 февраля 2005 года, возлагал на ряд стран количественные обязательства по ограничению выбросов парниковых газов. В 2015 году было принято Парижское соглашение, главным элементом которого стало «удержание глобальной температуры намного ниже 2 °C (3,6 °F) сверх доиндустриальных уровней при одновременном изыскании средств для ограничения роста до 1,5 °C». Оно предусматривает обязательства стран сокращать собственные выбросы CO₂. Например, Россия, ратифицировавшая соглашение в 2019 году, к 2030-му должна сократить свои выбросы на 30 % по сравнению с уровнем 1990 года.

С 1995 года ООН проводит для участников соглашения ежегодные сессии Конференции по климату, на которых обсуждаются детали и обязательства. Последняя встреча, состоявшаяся в декабре 2019 года в Мадриде, была признана провальной. Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш прямо заявил, что разочарован результатами — участники так и не пришли к договоренностям в том, что касается механизма торговли квотами на выбросы, и не продемонстрировали намерений взять на себя повышенные обязательства по сокращению эмиссии парниковых газов. На следующую климатическую конференцию, из-за пандемии коронавирусной инфекции перенесенную на осень 2021 года, возлагают особые надежды. Это связано с тем, что во время президентства Дональда Трампа, считающего возложенные на государство обязательства по снижению выбросов чрезмерными и невыгодными, и по его инициативе США вышли из Парижского соглашения, однако новый президент Джо Байден сразу после инаугурации подписал указ, с которого

началось возвращение США в соглашение. К концу февраля 2021 года процесс был официально завершен. Учитывая, что наряду с Китаем Штаты являются крупнейшими эмитентами CO₂, это стало одной из главных новостей в мировой климатической повестке.

Кто платить будет

Пока стороны Парижского соглашения спорят о деталях, Евросоюз продолжает следовать собственным зеленым курсом, анонсированным в 2018 году. Программа, целью которой является углеродная нейтральность экономики ЕС к 2050 году, предусматривает введение трансграничного углеродного налога для предприятий-импортеров. Углеродный налог многие эксперты считают наиболее эффективной мерой по сокращению выбросов парниковых газов без серьезного экономического ущерба. В том или ином виде он действует в десятках стран — к примеру, в Швеции налог на выбросы CO₂ существует с 90-х годов.

ЕС планирует ввести трансграничный углеродный налог до 2023 года. Последствия этого будут чувствительными для предприятий-экспортеров, работающих в самых разных отраслях экономики, но в первую очередь нефтегазовой, химической, металлургической и целлюлозно-бумажной как наиболее углеродоемких.

В России, которая является крупным эмитентом CO₂, на сегодняшний день не существует системы регулирования выбросов парниковых газов. Деятельность по их мониторингу и снижению до сих пор оставалась инициативой отдельных предприятий — на добровольной основе такие проекты реализовывались с начала нулевых годов. По словам Олега Перцовского, директора по операционной работе кластера энергоэффективных технологий фонда «Сколково», появление такой системы могло бы стать поводом для переговоров с ЕС об освобождении от трансграничного налога, так как он предусмотрен в первую очередь для импортеров из тех стран, где своего углеродного регулирования нет.

«В ЕС система регулирования выбросов построена на рыночных принципах, — говорит Перцовский. — Крупные предприятия, работающие в углеродоемких отраслях промышленности, получают некий объем бесплатных квот на выбросы. Этот объем зависит от того, что предприятие производит. Нормативы постепенно ужесточаются. Если предприятие превысило квоты, оно может докупить их на углеродном рынке либо заплатить штраф. Компании, которые не выбрали квоты, могут продавать их. Сейчас цены выросли до 34 евро за тонну CO₂, а были периоды, когда они падали до нескольких евро. Это пример углеродного регулирования не по каждому предприятию, а в целом по стране, которая уже берет на себя некие международные целевые обязательства по снижению выбросов. В отличие от Киотского протокола, Парижское соглашение предусматривает механизм торговли квотами, но не делает их международными. Допустим, если в России появится своя углеродная торговая система, мы можем договориться с другими странами о взаимном признании квот и возможности



Олег Перцовский, директор по операционной деятельности Кластера энергоэффективных технологий фонда «Сколково»

С 2008 по 2011 год работал в ОАО «СУЭК», где был заместителем директора по стратегии и возглавлял Управление стратегии и риск-менеджмента, затем занимал должность заместителя финансового директора по стратегии ООО «Сибирская генерирующая компания». С 2003 по 2008 год работал в РАО «ЕЭС России», занимал должности заместителя начальника департамента экономического планирования и анализа, советника заместителя председателя правления. Имеет степень магистра экономики, окончил с отличием экономические факультеты НИУ «ВШЭ» и Университета Париж-1 Пантеон-Сорбонна. Является членом экспертной группы Energynet Национальной технологической инициативы, членом подкомитета по энергетике Комитета РСПП по международному сотрудничеству, членом Экспертного совета Московского инновационного кластера.

их продажи. А можем не договариваться — уже имея такую систему, можно избежать трансграничного углеродного налога. В противном случае вся нагрузка, к сожалению, ляжет на экспортеров, которые приносят в страну валютную выручку, и это не очень хорошо».

Для появления национальной системы регулирования выбросов необходимо создание системы мониторинга выбросов по конкретным предприятиям. Пока же Россия располагает данными лишь по общему объему эмиссии парниковых газов, ежегодное предоставление которых предусмотрено Рамочной конвенцией ООН об изменении климата: например, в 2019 году он составил 1,5 млрд тонн в эквиваленте CO₂. «Если не будет данных по конкретным импортерам, в рамках трансграничного налога, вероятно, будут использоваться нормативы, ориентированные на худшие технологии, — высказывает опасения Олег Перцовский. — Правильнее было бы произвести корректные подсчеты для каждого предприятия. На рынке уже появляются компании, предлагающие услуги обсчета с учетом объема производства, использованных технологий и энергоресурсов, производственного процесса, транспортировки сырья и готовой продукции и пр.»

Снизить углеродный след

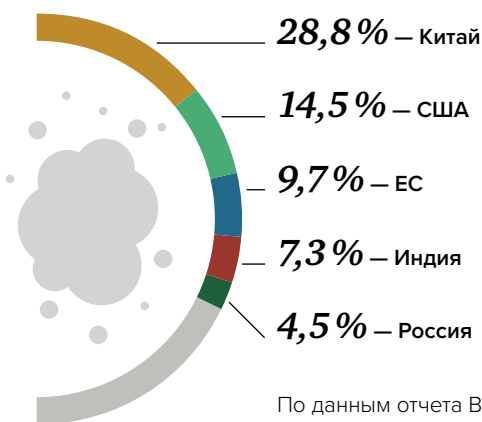
Трансграничный углеродный налог поставит многих отечественных производителей из числа экспортеров

CO₂ и ущерб здоровью

Результат сжигания органического топлива — это не только парниковые газы, влияющие на климат, но и загрязняющие воздух частицы, которые проникают в организм человека в процессе дыхания. Недавно опубликованное совместное исследование Гарвардского университета, университетов Бирмингема, Лестера и Университетского колледжа Лондона показало, что лишь в 2018 году такие загрязнения стали причиной 8,7 млн смертей во всем мире.

По данным исследователей, в Юго-Восточной Азии с загрязнениями от ископаемого топлива, в частности взвешенными частицами (PM 2,5), связано свыше 30 % смертей среди людей старше 14 лет, в Европе — 16,8, в Северной Америке — свыше 13. Авторы работы призывают усилить меры по отказу от ископаемого топлива, учитывая, что речь идет не только о его влиянии на климат, но и об ущербе, который оно наносит здоровью населения планеты уже сегодня.

Доля в общемировом объеме выбросов CO₂



По данным отчета BP Statistical Review of World Energy за 2019 год

в сложную ситуацию. Олег Перцовский считает, что у бизнеса есть и время для маневров, и разные способы снижения своего углеродного следа:

«Во-первых, этого можно добиться за счет изменения источников энергоресурсов. Можно использовать для доставки сырья и перевозки продукции транспорт на альтернативном топливе. Или поставить рядом с предприятием возобновляемые источники и часть электроэнергии получать от них, а не покупать на оптовом рынке. Например, во время работы в СУЭК я занимался проектом по утилизации шахтного метана. Этот газ также относится к парниковым, но его коэффициент парникового эффекта в 20 с лишним раз выше, чем у CO₂. Мы установили газомоторные установки, начали этот метан улавливать, производить электроэнергию и тепло для собственных нужд шахты. Второй вариант снижения углеродного следа — повышение энергоэффективности за счет внедрения новых технологий. Практически в каждой отрасли есть набор

технологических решений, которые требуют определенных затрат на первоначальном этапе, но потом позволяют экономить энергоресурсы и снижать тем самым выбросы. Можно привести известный пример с электростанциями: перешли с паросиловых на парогазовые установки — вместо КПД около 35 процентов получили 50+».

Еще один механизм, позволяющий сокращать углеродный след, никак не связан с основной деятельностью компаний. Для этого можно использовать способность лесов поглощать CO₂. Некоторые европейские организации занимаются специализированной высадкой лесов с дальнейшей фиксацией и продажей поглощенных лесом объемов углекислого газа. «Можно растить свой собственный лес и учитывать его поглощающую способность при определении объема выбросов», — говорит Олег Перцовский. — Знаю, что и в России отдельные предприятия уже проявляют интерес к этой теме. Кроме того, некоторые нефтяные



компании начинают интересоваться производством биодизеля, а целлюлозно-бумажные производства — изготовлением пеллет из древесных отходов, которые можно использовать как для себя, так и поставлять их на рынок. Смена структуры продуктовой линейки с ее «озеленением» (добавление биодизеля в дизель, водорода в метан и т. д.) — еще один вариант того, как можно снизить углеродный след своего предприятия».

Сахалинский эксперимент

В январе 2021 года правительство РФ анонсировало эксперимент по внедрению системы торговли углеродными единицами на Сахалине. В августе в регионе планируется инвентаризация выбросов и поглощения парниковых газов, к апрелю следующего года система углеродного регулирования должна заработать в тестовом режиме, а на июль запланировано начало работы регионального углеродного рынка. Дорожной картой предусмотрено достижение углеродной нейтральности на Сахалине уже к 2025 году. Сахалинский опыт планируется масштабировать на уровне всей страны.

Решающую роль государства во всем, что касается темы углеродного регулирования, подчеркивают многие эксперты. «В прошлом мы в РАО ЕЭС рассматривали вопрос создания добровольной системы углеродного регулирования, однако на практике успели прийти только до вопросов инвентаризации выбросов парниковых газов и подготовить аналитику по возможной модели добровольной отраслевой системы торговли. Все-таки такие вещи сложно воспринимались предприятиями, пока нет решений на государственном уровне, — приводит пример Олег Перцовский. — Очевидно, что работа государства в данном направлении уже началась (недавно Минэкономразвития подготовило законопроект, предусматривающий углеродную отчетность для предприятий, являющихся крупными эмитентами парниковых газов, и ряд других мер, — в конце февраля он был поддержан Правительством РФ, — Прим. ред.). Однако шаги должны быть последовательными и скоординированными как с внутренними задачами, так и с международной повесткой — речь идет о международной кооперации, так что система, которая будет создана на национальном уровне, должна быть принята другими странами. Вторая часть задачи — технологическая. Многие решения, позволяющие предприятиям снизить углеродный след, достаточно капиталоемки и затратны по времени, а его на их внедрение, учитывая планы ЕС по срокам введения трансграничного налога, осталось не так много. В России есть крупные компании в энергоемких секторах, которые достаточно активно ведут работу в сфере экологии, и у них есть все возможности быстро сориентироваться в ситуации, потому что они умеют внедрять новые технологии. Жаль, что еще достаточно много компаний, которые не вполне представляют возможные последствия для себя от введения трансграничного налога и в принципе не осознают, что мир меняется и необходимо меняться вместе с ним».



Канадский ученый Вацлав Смил, профессор Университета Манитобы и автор книги «Энергия и цивилизация», ввел в обиход понятие энергетического перехода.

Речь идет об изменении структуры энергопотребления, которое в истории человечества происходило уже трижды: первый переход — от биотоплива к углю — наблюдался во второй половине XIX века. Следующий — от угля к нефти — относится к первому десятилетию XX века. В ходе третьего, начавшегося в 30-е годы прошлого века, уголь и нефть были вытеснены природным газом.

В настоящий момент человечество находится в процессе четвертого энергетического перехода — от ископаемого топлива к безуглеродной энергетике.

Аргументы в пользу углеродных налогов

Идея углеродного налога возникла задолго до начала широкого обсуждения темы изменения климата на международном уровне и принятия Киотского протокола: в 1973 году один из его вариантов — налог на выбросы CO₂ — предложил инженер Дэвид Гордон Уилсон, профессор Массачусетского технологического университета.

Экономисты считают другие меры борьбы с эмиссией CO₂ менее эффективными. Углеродные налоги можно взимать с поставщиков топлива — угля, нефтепродуктов, природного газа пропорционально содержанию в них углерода. Поставщики в свою очередь переложат этот налог в форме повышения цен на электроэнергию, бензин и т. д., а также на зависящие от них услуги и товары. Это создаст стимулы к сокращению энергопотребления как производителями, так и потребителями и переходу на низкоуглеродное топливо и ВИЭ благодаря соответствующим инвестициям или поведению.

Энергопереход через климат

Суровая зима — испытание для любой энергосистемы. События зимы нынешней, самым драматичным из которых стал блэкаут на фоне аномальных холодов в Техасе, вызвали очередную волну споров о том, готов ли мир к отказу от ископаемого топлива и переходу к безуглеродной энергетике

Один против погоды не воин

Февральские новости из замерзающего Техаса сопровождались снимками обледеневших ветряков, и именно их, а среднегодовая доля ветрогенерации в энергосистеме штата составляет 23%, поспешили обвинить в том, что миллионы людей остались в холода без света и тепла. Более подходящего случая для разговоров о разумности наращивания доли возобновляемой энергетики и последствиях отказа от угля и газа представить было бы сложно.

С ВИЭ действительно не все просто — как преимущества, так и недостатки есть у любого типа генерации. И фотоэлектрические, и ветровые установки зависимы от погодных условий: есть солнце и ветер — есть и электроэнергия, а кроме того, они занимают большие территории. Однако эксперты объясняют ситуацию в нефтегазовом Техасе вовсе не серьезной

долей ветроэнергетики, а целым рядом обстоятельств и в первую очередь особенностями самой энергосистемы. В этом смысле Техас обособлен и не входит, как другие штаты, ни в Западную, ни в Восточную энергосети. Его энергосистема изолирована, вне контроля федеральных властей, рынок энергетики там свободно регулируется, что для конечного потребителя означает низкие цены на электроэнергию. И тут вспоминается поговорка о том, что один в поле не воин: в чрезвычайной февральской ситуации штат остался один на один с энергетическими проблемами.

«Перекалывание вины за техасский блэкаут на ВИЭ — это непонимание происходящего, — считает Олег Перцовский, директор по операционной работе кластера энергоэффективных технологий фонда «Сколково». — Часть ветряных мощностей там действительно вышла из строя, но газовых, с которыми это случилось, оказалось в несколько раз больше. Обогревать приходится не только ветряки, но и газопроводы, и помещения ТЭС. Оказалось, что ни один из видов генерации не готов к экстремальным погодным условиям. Пожалуй, несколько лучше показали себя атомные станции, хотя и там один энергоблок оказался отключенным. В значительной степени ситуация связана с экстремальными для Техаса погодными условиями, где такие температуры наблюдались всего несколько раз за последние 40 лет и та же ветроэнергетика не имела давно известного пакета доработок для холодного климата. Проблема с возобновляемой энергетикой может возникнуть, когда ее доля в энергобалансе оказывается действительно высокой — превышает 40–50 процентов, как в некоторых странах Европы. Когда доля той же ветроэнергетики велика, возникает вопрос, чем балансировать между спросом и предложением, когда ветра нет или его, например, слишком много. Эту задачу можно решить как минимум четырьмя инструментами: наличием маневренных резервных мощностей, развитием систем накопления энергии, системами управления спросом на электроэнергию либо укрупнением энергосистемы. В ЕС единую энергосистему стали формировать лишь в последние годы, у нас она изначально такой создавалась. Техас же в этом смысле живет изолированно от других, более интегрированных энергосистем, что и сказалось на масштабе возникшей проблемы».



Климат как буйный подросток

По словам кандидата географических наук, доцента МГУ Павла Константинова, в случившемся в Техасе нет ничего экстраординарного — по крайней мере если говорить о серьезном похолодании: «Северная Америка очень уязвима к затокам холода с севера. Все ее хребты расположены субмеридионально, из-за чего центральные части США, в том числе штат Техас, — это Аллея торнадо: холодный воздух с Гренландии может беспрепятственно встретиться на этой территории с теплым влажным воздухом с Мексиканского залива. Там могут происходить как резкие потепления, так и резкие похолодания, это нормально для Американского континента».

Вполне объяснимо и то, что случилось в других частях планеты — и не только нынешней зимой с ее сильнейшими снегопадами, но и в прошлые годы, например, когда Москва, по сути, осталась без зимы. Это тоже результат разбалансировки, но уже климатической, связанной с глобальным изменением климата. Павел Константинов сравнивает сегодняшнюю планету с комнатой, в которой одновременно бесятся маленький ребенок и подросток: «Понятно, что во втором случае будет больше последствий, потому что у подростка больше сил и энергии. Так же и с потеплением климата: мы напятили атмосферу теплом, энергией, и атмосферные явления стали более масштабными и рискованными. Причем надо понимать, что это касается не только зим, но и летних периодов: волны жары — это тоже следствие нестабильности климата, и они могут вызывать такие же скачки потребления электроэнергии из-за работающих кондиционеров. В отличие от жителей США, например, россияне ментально совсем к такому не готовы — в России достаточно спокойный климат, мы привыкли к холодным зимам и нежарким летним месяцам. Но теперь это объективная реальность, с которой придется считаться».

Энергетический микс

Как в таких условиях строить энергетику будущего, о которой так много говорят? Из каких кирпичиков ее составлять, на что делать ставку, если климат и дальше будет подкидывать нам сюрпризы, причем без предупреждения — точность долгосрочных прогнозов невелика, а аномальные погодные явления, как известно, вообще не поддаются прогнозированию? Эксперты сходятся во мнении, что оптимальным решением будет микс энерготехнологий — использование биомассы, ветро-, гидро-, солнечной, атомной энергетики, а в будущем, возможно, и термоядерной.

«Технологии развиваются — уже существуют солнечные батареи, которые можно использовать в условиях Крайнего Севера, ветряки в арктическом исполнении, — говорит климатолог Павел Константинов. — Нужно ориентироваться на гибкие решения, чтобы максимально экологично удовлетворять энергетические запросы растущего населения планеты. Нестабильность погоды — то, с чем нам теперь придется жить и что нам надо постоянно учитывать. Это



Павел Константинов, кандидат географических наук, доцент МГУ имени М.В. Ломоносова, двукратный лауреат (2016, 2019 годы) премии Европейского метеорологического союза за исследования в области влияния климата на здоровье городских жителей, руководитель просветительского канала «Москва.Погода.2.0».

Один из авторов обучающей настольной игры-викторины «Климатическая шкатулка», созданной в рамках образовательной программы ООН.

можно сравнить с работой приборов на движущемся железнодорожном составе — понятно, что они вынуждены работать с учетом вибрации, и это неудобно. Но если состав вообще остановить, никто никуда не доберется».

Сценарии-2050

Возможность полного перехода на возобновляемые источники энергии в перспективе ближайших трех десятилетий неоднократно становилась темой для исследований. Одной из самых обсуждаемых научных статей в 2019 году стала работа Института устойчивого развития при Утрехтском университете (Нидерланды). Задавшись целью выяснить, возможен ли для Европы полный переход на ВИЭ к 2050 году, его сотрудники создали восемь сценариев развития событий, учитывающих различные комбинации видов генерации и разные прогнозы относительно спроса на электроэнергию. Один из сценариев строился с учетом атомной энергетики.

В результате исследования авторы пришли к выводу, что технологически переход Европы на чистую энергию в заданные сроки действительно возможен. Однако есть ряд задач, которые необходимо решить, чтобы такая энергосистема была надежной и экономически целесообразной. Речь идет, в частности, о необходимости наращивать в энергобалансе долю твердой биомассы, а также об активном и стабильном развертывании новых мощностей — не только генерирующих (в том числе биогазовых), но и передающих.

Что же до сценария, включающего атомную энергетику, то он оказался самым экономичным: в этом случае стоимость энергосистемы будет ниже не менее чем на 30% по сравнению с системой, полностью состоящей из ВИЭ.



Владимир Асмолов,
доктор технических наук, профессор, советник гендиректора Росатома, научный руководитель приоритетного направления научно-технологического развития (ПННТР) «Развитие современной ядерной энергетики на базе реакторов ВВЭР»

«Мы работаем над тем, чтобы ядерное топливо стало возобновляемым»

Почему атомная генерация — важнейшая составляющая энергетики будущего, рассказывает Владимир Асмолов

АЭС любой мощности не выбрасывают в атмосферу парниковые газы, их эксплуатация серьезно уменьшает общую эмиссию CO₂. Так что атомную энергетику вполне можно называть зеленой. Эффективная гидроэнергетика возможна там, где для этого есть условия — узкое ущелье и река. Солнечная и ветроэнергетика зависят от погодной ситуации, кроме того, эти виды генерации на сегодняшний день дороже атомной. Нужно учиться аккумулировать полученную от солнца и ветра энергию, но никто пока не умеет делать это дешево.

Главное же преимущество атомной генерации в ее мощности. Энергия, которую дает 1 грамм урана-235, превышает энергию от такого же количества угля более чем в 2 млн раз. Мы загружаем на АЭС приблизительно 100 тонн ядерного топлива, которое работает 3–5 лет. Представьте, сколько вагонов того же угля потребовалось бы для получения такого количества энергии!

Есть несколько проблем, которые сдерживают развитие атомной энергетики и которые предстоит решить. В меньшей степени это радиофобия — я почти не вижу ее у сегодняшних школьников, у студентов, которым читаю лекции. Бороться с этим явлением помогает только время и жизненный опыт. Чем ближе к атомным станциям живут люди, хоть в России, хоть, например, во Франции, тем меньше они подвержены радиофобии.

Высокие капитальные затраты при строительстве современных АЭС во многом объясняются как раз тем, что очень дорого стоит безопасность. И это не зависит от мощности станции. Если мощность маленькая, затраты на безопасность могут составить до 80 процентов от стоимости ее строительства. Однако, как

и эффективность, безопасность — одно из главных требований к строительству и эксплуатации объектов атомной энергетики, экономить на этом нельзя, и мы не собираемся этого делать. Снижать капитальные затраты можно за счет новых технологий, и мы активно ведем эту работу.

Важнейшая задача, которую нужно решить, — это замкнутый ядерный топливный цикл. Мы переходим на него, чтобы сделать ядерное топливо возобновляемым — ЗЯТЦ позволяет включить в цикл плутоний, который нарабатывается в процессе работы атомной станции. Отработавшее ядерное топливо — это не отходы, как многие считают, оно может быть новым топливом для быстрых ядерных реакторов, а возможно, и для тепловых. Таким образом топливо становится возобновляемым, мы решаем проблемы накопления ОЯТ и радиоактивных отходов.

Атомная энергетика должна быть масштабной. Сегодня ее доля в энергобалансе России составляет 20 процентов. Несмотря на то, что у нас не очень молодые станции и предстоит масштабная работа по выводу энергоблоков из эксплуатации и серьезная программа по повышению эффективности действующих, перед нами стоит задача к 2040–2050 годам выйти на уровень 25 процентов в энергобалансе страны. Мы также стремимся к широкому экспорту ядерных энергетических технологий. В ближайшие 20–30 лет он будет основан на технологии ВВЭР, но к этому также нужно готовить быстрые реакторы, которые пока слишком дороги. Все это — решаемые задачи.

Надо понимать, что у человечества нет другого пути, кроме перехода к безуглеродной энергетике. Сегодня у ядерной энергетики альтернативы нет.



В последние годы к глобальному диалогу о проблеме изменения климата присоединилось Международное агентство по атомной энергии — 16 октября 2019 года состоялась первая климатическая конференция МАГАТЭ. Многие эксперты сегодня сходятся во мнении, что достичь поставленных Парижским соглашением целей по сокращению эмиссии парниковых газов и при этом удовлетворить растущие потребности населения планеты в энергии невозможно без участия атомной энергетики — причем ее объемы нужно многократно увеличить.



Энергия для преобразования мира

Безуглеродная энергетика и цели устойчивого развития

Устойчивым, по определению ООН, называется развитие, отвечающее потребностям нынешнего поколения без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять их собственные потребности. 17 целей устойчивого развития (ЦУР) были изложены в программе «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». Лидеры 193 государств — членов ООН официально одобрили ее в сентябре 2015 года на саммите в Нью-Йорке.

Достижение целей, сформулированных в программе («Ликвидация нищеты», «Достойная работа и экономический рост», «Индустриализация, инновации и инфраструктура», «Хорошее здоровье и благополучие», «Качественное образование», «Борьба

с изменением климата» и др.), призвано дать ответ на основные глобальные вызовы, стоящие перед человечеством. Пять прошедших лет показали, что ЦУР начали рассматриваться как четкие ориентиры для властей, бизнеса и общества в решении основных экономических, социальных и экологических проблем, а достижение целей стало важным фактором для большинства мировых экономик, так как возможности роста, связанные с этими целями, очевидны. Ответственность за достижение целей несут правительства, но без участия бизнеса, причем не только крупного, их достижение невозможно. По данным отчета PwC, среди 1141 компании из 31 страны, которые были рассмотрены в исследовании в 2019 году, 72 % компаний в мире и 55 % компаний в России упоминали ЦУР в публичных отчетах,



Полина Лион, директор департамента устойчивого развития госкорпорации «Росатом»:

В самом широком смысле повестка устойчивого развития — это ответственные подходы к ведению бизнеса. Речь идет о том, что бизнес будущего должен быть ориентирован не только на получение прибыли, но и на создание ценностей для жизни человека. Ответственный подход бизнеса включает создание устойчивой среды, что означает внимание и к социальным, и к экологическим аспектам. Безусловно, Росатом как крупная глобальная высокотехнологичная компания работает в этой парадигме.

Борьба с изменением климата (цель № 13) — это отдельная и очень важная цель устойчивого развития, тесно связанная с целью № 7 («Недорогостоящая и чистая энергия»). Каждая из стран, присоединившихся к Парижскому соглашению 2015 года, которое определяет задачи по сокращению выбросов парниковых газов, по снижению воздействия на окружающую среду, самостоятельно определяет свою стратегию для выполнения этих задач, например, принимая обязательства по достижению углеродной нейтральности к определенному году. В этой связи каждая страна определяет соответствующие требования и для бизнеса. В Европе, которая наиболее активно занимается климатической повесткой и достаточно далеко продвинулась по этому пути, закреплены весьма жесткие требования для компаний — по квотам на выбросы CO₂, по раскрытию информации, по расчету углеродного следа. В России такие требования пока разрабатываются, климатическая политика находится в процессе настройки. Но Росатом как глобальная компания не может оставлять без внимания требования других стран по уменьшению углеродного следа.

Атомная энергетика является безуглеродной и стоит в одном ряду с ветрогенерацией и солнечной генерацией, то есть энергией из возобновляемых источников с нулевыми выбросами. Стандартный подход для сравнения всех видов генерации — это подсчет выбросов на всем жизненном цикле. В случае атомной энергии удельные выбросы на жизненном цикле — от добычи урана до утилизации отработавшего топлива — тоже очень невелики и сравнимы с ветрогенерацией — 12 грамм CO₂-экв./кВт·ч для атома и 11 грамм CO₂-экв./кВт·ч для ветра. Можно с уверенностью говорить, что мы специализируемся на производстве чистой электроэнергии — в нашем портфеле есть два из четырех чистых видов генерации. Атом — это гарантия чистого будущего планеты, и Росатом определенно вносит значительный вклад в реализацию глобальной повестки устойчивого развития. Для всех наших продуктов мы должны научиться считать углеродный след и следующим шагом — работать над тем, чтобы этот углеродный след был минимальным.

~ **2 млрд тонн**

выбросов CO₂-экв. предотвращают все АЭС в мире за год, что сопоставимо с поглощающей способностью всех лесов планеты

~ **20 %**

добавилось бы к общей эмиссии CO₂ в мире от выработки электроэнергии за последние 50 лет без участия АЭС

20 %

доля атомной энергетики в энергобалансе РФ

25 %

доля выбросов парниковых газов в мире от сектора электроэнергетики

63 %

доля ископаемого топлива в мировой структуре генерации электроэнергии

~ **5 млн человек**

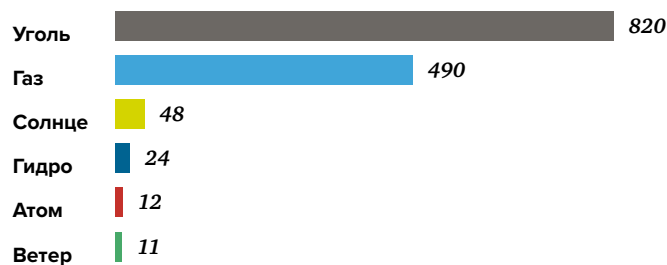
обеспечивает базовым количеством безуглеродной энергии один блок АЭС мощностью 1000–1200 МВт

а 25 % всех проанализированных компаний отразили ЦУР в публикуемой бизнес-стратегии.

Рассматривая возможность достижения целей устойчивого развития сложно обойти энергетическую тематику. Энергетический сектор — один из ключевых драйверов как социального, так и экономического развития, а ограниченный доступ к энергии — одно из основных препятствий на пути всестороннего развития. Причем от эффективной работы энергосистемы зависит не только состояние экономики, но и повседневная жизнь людей на всех уровнях: безопасность на улицах, телекоммуникационные системы, бизнес-процессы, современные технологии для образования и здравоохранения во многом зависят от стабильности энергоснабжения.

Для обеспечения устойчивого роста важно, чтобы энергосистема базировалась на доступных и надежных энергетических ресурсах. Ископаемые виды топлива отвечают этим требованиям, но их использование противоречит задаче декарбонизации глобальной энергосистемы. Низкоуглеродные возобновляемые источники энергии, такие как солнце и ветер, пока не могут гарантировать стабильное и непрерывное энергоснабжение. Мировое сообщество пытается найти баланс, который обеспечит, с одной стороны, устойчивость и доступность энергии для дальнейшего экономического развития, а с другой — эффективную борьбу с глобальным изменением климата.

Выбросы парниковых газов*



* на жизненном цикле (г CO₂-экв./кВт·ч)

Источник: IPCC

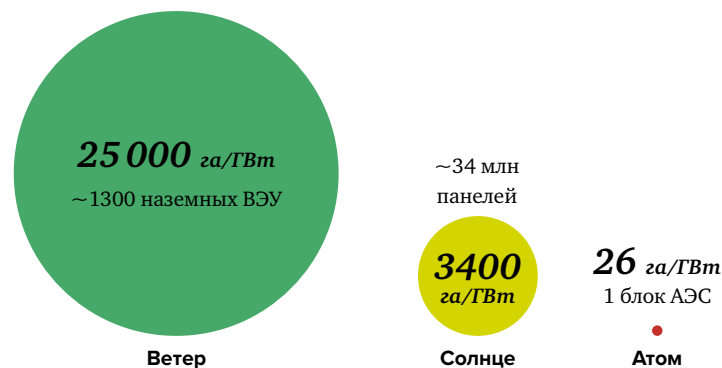
Сложно отрицать, что атомная энергия — это именно тот вид генерации, который удовлетворяет всем критериям устойчивой энергосистемы: предсказуемая цена, непрерывность энергоснабжения, минимум выбросов углекислого газа. С другой стороны, атомная генерация соответствует цели устойчивого развития № 7 («Недорогостоящая и чистая энергия»).

Несмотря на то что строительство АЭС требует солидных капитальных вложений, эксплуатационные расходы в структуре цены электроэнергии относительно невелики. При этом затраты на топливо для АЭС составляют менее 20 % цены производства электроэнергии, в то время как традиционные энергоресурсы (уголь, нефть, газ) в значительной степени зависят от этой составляющей. Низкая зависимость от цены топлива ведет к предсказуемости цен, что приобретает особое значение с учетом того, что срок службы современных энергоблоков составляет 60 лет с возможностью продления.

Уран имеет наивысшую энергетическую ценность по сравнению с другими ископаемыми ресурсами. Для выработки 1 кВт электроэнергии требуется в среднем 125 г угля (в зависимости от его качества), соответственно, крупная угольная станция ежедневно потребляет тонны угля, особенно в сезон пиковой нагрузки, поэтому финальная цена для потребителя зависит не только от цены угля, но и от транспортных затрат. Топливная кампания в ядерных реакторах намного более длительная по сравнению с электростанциями, использующими традиционные источники, что также опосредованно влияет на цену электроэнергии.

Использование атомной энергетики в национальной энергосистеме ведет к развитию энергоемких производств и, соответственно, росту ВВП, уменьшению климатических изменений, положительным изменениям в социальной сфере благодаря внедрению инноваций и совершенствованию образования, так как для высокотехнологичных производств требуются квалифицированные кадры. Реализация международных проектов в области ядерной энергетики развивает кооперацию между странами и ведет к построению надежных долговременных отношений. Таким образом использование атомной энергии обеспечивает устойчивое развитие по всем основным направлениям.

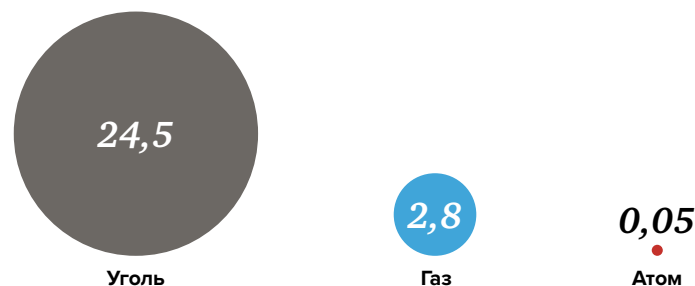
Использование территории



Источник: анализ Росатома с учетом различий в КИУМ и сроках эксплуатации

Риск для здоровья человека

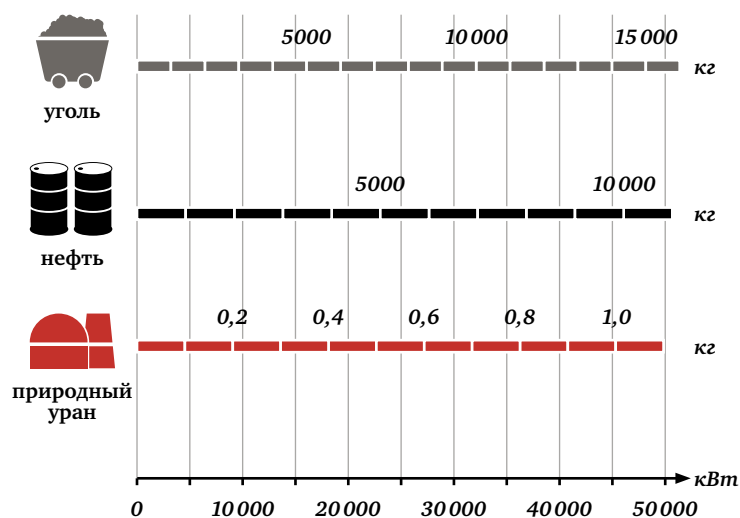
Количество смертей на ТВт·ч



Источник: NEA-OECD (2018), The Full Costs of Electricity Provision

Сравнение различных видов топлива

Сравнение количества первичных энергоносителей, необходимых для выработки определенного количества электроэнергии



Источник: European Nuclear Society

Текст: Ирина Дорохова
Фото: Linde.com, alstom.com

Центр водорода компании Linde AG,
г. Унтершлайсхайм, Германия



Вот — модный водород

Мир приценивается к новому энергоносителю

Водородная энергетика — новый сегмент, вызывающий большое воодушевление у политиков, экологов, бизнесменов. Идея удовлетворяет запрос общества на чистоту энергопотребления и формирует новые рыночные ниши для промышленных предприятий. Из областей применения водорода наибольшее внимание уделяется транспорту, отоплению и промышленности, а из технологий производства водорода — электролизу.

Немного истории

Водород в качестве топлива впервые попробовал еще в начале XIX века изобретатель двигателя внутреннего сгорания Франсуа Исаак де Риваз. Дальше экспериментов дело не пошло. В XX веке применение стало более массовым. В блокадном Ленинграде заправляли водородом автомобили и аэростаты заграждения. В 1950–1960-х годах в США водородные топливные элементы устанавливали на сельхозтехнике и транспортных средствах. А в 1980-е годы

Снижение себестоимости водорода

Факторы снижения себестоимости производства водорода методом электролиза



«В настоящее время» включает наилучшие и средние параметры. «Средние параметры» понимаются как инвестиции в 770 \$/кВт, эффективность в 65% (низшая теплотворная способность, НТС), цена за электроэнергию в 53 \$/МВт·ч, количество часов работы на полной мощности — 3200 (для наземных ВЭС) и средневзвешенная стоимость капитала в 10% (относительно высокий риск). «Наилучшие параметры» понимаются как инвестиции в 130 \$/кВт, эффективность в 76% (НТС), цена за электроэнергию в 20 \$/МВт·ч, количество часов работы на полной мощности — 4200 (для наземных ВЭС) и средневзвешенная стоимость капитала в 6% (как для генерации на ВЭС в настоящее время).

На основе аналитики IRENA

в СССР попробовали разработать самолет, летающий на водороде. Но техника на водородных двигателях оказалась слишком дорогой и небезопасной, поэтому большого распространения в прошлом веке водород не получил.

Ситуация изменилась в самом конце XX — начале XXI века, когда крупные промышленные компании в развитых странах, таких как США, Германия и Япония, начали создавать и продвигать малые энергетические установки (от десятых долей кВт до 10 кВт) и автомобили на топливных элементах. В течение первых пятнадцати–шестнадцати лет XXI века складывался инвестиционный интерес, водород включался в бизнес-стратегии, технологии нарабатывались, спрос и предложение подрастали.

Один из факторов, повлиявших на рост интереса к водороду, — осознание, что экстенсивный рост установленной мощности источников генерации на ВИЭ сам по себе существенно не снижает объем эмиссии парниковых газов. Зато он вызывает рост нестабильности в энергосистеме и цен на электроэнергию.

Решить проблему нестабильности поставок из ВИЭ и увеличить КИУМ может как раз водород, произведенный методом электролиза. Избыточное электричество ветроустановок и СЭС превратит воду в водород, а когда возникнет дефицит, водород можно будет, наоборот, соединить с кислородом, производя при этом электроэнергию. Правда, с потерями. Но другого варианта пока все равно нет.

Аккумуляторов, способных накапливать электроэнергию в промышленных масштабах, пока не создали, сетей, которые решают проблему переброски электроэнергии, не хватает. Из-за неустойчивости энергосистем проблемы с энергообеспечением возникали в 2020 году в Техасе, Швеции и Германии, а в феврале 2021 года в Техасе случилась энергетическая катастрофа.

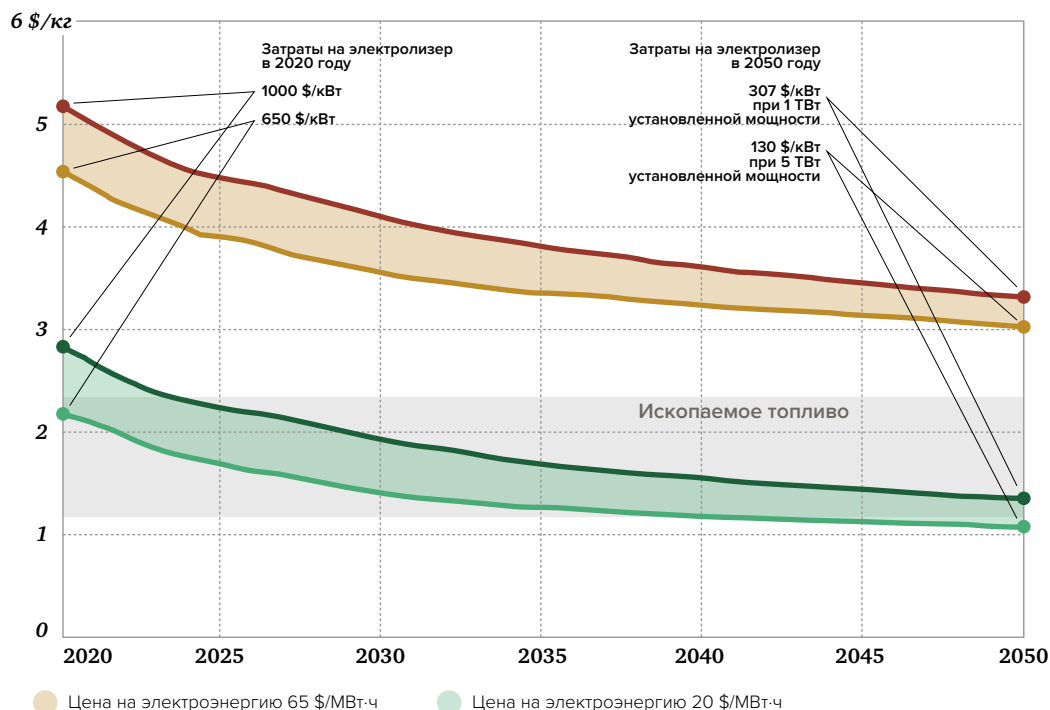
Стратегии с кнутом и пряником

К концу второго десятилетия XXI века водород стал частью государственной энергетической политики многих стран, которые разработали и представили свои водородные стратегии. К концу 2020 года свои стратегии были у Франции, Японии, Австралии, Норвегии, Германии, Португалии, Испании, Чили, Финляндии, Канады, Евросоюза. В феврале 2021 года список дополнила Великобритания. Россия в настоящее время также разрабатывает водородную стратегию, которая, предположительно, должна быть готова в первом полугодии 2021 года. Правда, содержание стратегий сильно отличается друг от друга.

Так, в Германии планируют поощрять, предоставляя деньги. Уже обозначены ведомства, ответственные за тот или иной аспект водородной энергетики, сроки и суммы. С 2020 по 2023 год из Фонда энергетики и климата будет выделено €310 млн на практические фундаментальные исследования в области зеленого водорода. Дополнительные €200 млн планируют направить на практические исследования в области технологий водородной энергетики. Кроме

Себестоимость зеленого водорода

Себестоимость зеленого водорода рассчитывается в зависимости от средних (65 \$/МВт·ч) и низких (20 \$/МВт·ч) затрат на электроэнергию и электролизеры, принятых как постоянные в течение периода 2020–2050 гг.



Эффективность на номинальной мощности — 65 % с НТС 51,2 кВт·ч/кг H_2 в 2020 году и 76 % с НТС 43,8 кВт·ч/кг H_2 в 2050 году при ставке дисконтирования 8 % и сроке службы всего стека электролизеров в 80 000 часов. Объем капитальных затрат на электролизеры в 2020 году \$650–1000 на кВт. Затраты на электролизер достигают \$130–307 за кВт как результат развертывания 1–5 ТВт электролизных мощностей к 2050 году.

На основе аналитики IRENA

того, €600 млн пойдут на обкатку норм в формате «регуляторной песочницы» — правового режима, при котором юрлица могут в ограниченной среде экспериментировать с новыми нормами без нарушения действующего законодательства. На инвестиции в технологии и крупные промышленные предприятия, использующие водород для декарбонизации производственных процессов, будет выделено более €1 млрд. Кроме того, согласованы «инвестиции в будущее»: €7 млрд на более быстрый вывод технологий на рынок Германии и еще €2 млрд для международного партнерства.

В водородной стратегии Канады, принятой в декабре 2020 года, правительство, напротив, денег не обещает. В краткосрочной перспективе стимулами должны стать преимущественно регуляторные меры. Первая — требование по отсутствию углеродных выбросов для легковых автомобилей, как в действующем законодательстве Британской Колумбии и Квебека. Вторая — установление сборов за выбросы углерода и принятие регламентов, таких как «Стандарт чистого топлива», которые стимулируют производство низкоуглеродного водорода для промышленности. Третья — нормы и разрешения регуляторов на смешивание водорода и природного газа для декарбонизации распределительных сетей энергокомпаний — поставщиков тепла и электроэнергии. Четвертая — целевые показатели по использованию восстановленного газа в системе газовых коммуникаций.

«Если Канада полностью воспользуется возможностями, предоставляемыми водородом, к 2050 году

это может привести к созданию более чем 350 тыс. рабочих мест в отрасли и прямым доходам более \$50 млрд в год», — заявляют авторы водородной стратегии Канады. Правда, как Канада получит эти цифры не вполне понятно: стратегия носит декларативный характер, связь между действиями по развитию водородной энергетики и увеличением доходов неочевидна.

В России ситуацию пока изучают, обсуждают регулирующие нормы и пилотные проекты. Так, Минпромторг уже опросил более тысячи организаций и предприятий. На основе полученной информации ведомство готовит каталог технологических и производственных возможностей водородной энергетики в России, обсуждает создание водородных производств в России с зарубежными производителями.

Интерес к сотрудничеству с Россией проявляет Германия. На конференции Global Impact исполнительный директор Восточного комитета германской экономики Михаэль Хармс заверил: «Мы большое внимание уделяем водородной энергетике. Вместе с российскими партнерами мы готовы вести серьезную работу в этом направлении». Гендиректор Федерального министерства окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности Германии (BMU) Карстен Зах на Российско-европейской конференции по климату заявил: «Россия является крупнейшим поставщиком энергоносителей, и поскольку спрос будет смещаться в сторону водорода, в интересах России и Германии, а также Евросоюза создавать соответствующую инфраструктуру и схемы поддержки этого сектора энергетики».

В Японии водородную стратегию уже начали реализовывать на практике. Страна приняла ее еще в 2017 году. Япония последовательно изучала и внедряла водородные технологии более двадцати лет. Кроме того, после аварии на Фукусиме в Японии выросла угольная генерация. Использование водорода позволит постепенно снизить использование угля на ТЭС.

В сентябре 2020 года из Саудовской Аравии в Японию отправилась первая партия голубого аммиака для использования на водородной электростанции. Поставка — часть пилотного проекта, который ведут Институт экономики энергетики Японии, нефтяная компания Saudi Aramco и Saudi Basic Industries Corp. Аммиак — соединение водорода, которое также можно использовать для нужд энергетики.

О производстве аммиака договариваются японский производитель электроэнергии Jera с малайзийской Petronas.

Япония договаривается и с Россией. В сентябре 2019 года «Русатом Оверсиз» подписал соглашение о разработке ТЭО по поставкам водорода с министерством экономики, промышленности и инвестиций Японии.

Япония планирует активно использовать водород на Олимпиаде в Токио. Например, для олимпийских факелов. Автомобили и автобусы на водороде будут курсировать по Токио, электричество из водорода будут подавать в Олимпийские деревни. «Чистый водород Фукусимы станет источником энергии для производственных цехов на заводах и топливом для различных транспортных средств, включая автобусы и грузовики. Ожидается, что испытательный полигон роботов, построенный в районе Хамадори, станет местом, над которым летают водородные дроны», — заявил премьер-министр Японии Синдзо Абэ на церемонии открытия Фукусимского исследовательского центра водородной энергетики.

Технологические вызовы

Главная проблема водорода заключается в том, что самым «политически правильным» водородом считается зеленый (см. справку «Семь цветов водорода»), но он же и самый дорогой. Собственно, поэтому объем его производства минимален. Так, объем потребления в мире в настоящее время, по оценкам МЭА, составляет около 70 млн тонн. Из них низкоуглеродного в 2019 году было произведено меньше 1 % — 0,36 млн тонн, предварительные данные на 2020 год — 0,46 млн тонн. Впрочем, и 7,92 млн тонн низкоуглеродного водорода в 2030 году (прогноз МЭА) вряд ли обеспечат существенную долю в общем объеме производства, учитывая инициативы по использованию более дешевого голубого водорода. По оценкам Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), мировой спрос на водород к 2050 году составит порядка 470 млн тонн.

-  Серый водород производится путем паровой конверсии природного газа. Сопровождается значительными выбросами CO₂
-  Голубой — производится с использованием системы улавливания и хранения углерода (CCS). Считается углеродно-нейтральным.
-  Зеленый — образуется при электролизе воды. Электричество, используемое для электролиза, должно поступать из возобновляемых источников. Преимущество — отсутствие углеродсодержащего сырья.
-  Бирюзовый — производится с помощью пиролиза метана. Для углеродной нейтральности важно, чтобы тепло для высокотемпературного реактора производилось из возобновляемых или углеродно-нейтральных источников энергии, а углерод постоянно связывался.
-  Белый — водород естественного происхождения, встречается крайне редко из-за высокой летучести и способности вступать в химические реакции.
-  Черный/коричневый — произведен из угля разных сортов.
-  Розовый /пурпурный — произведен с использованием атомной энергии.

Дороговизна зеленого водорода складывается из двух компонентов: высокой цены на электроэнергию из источников генерации на ВИЭ и высокой цены на электролизеры. В отчете «Сокращение себестоимости зеленого водорода» (Green Hydrogen Cost Reduction) IRENA отмечает, что в перспективе до 2050 года себестоимость килограмма зеленого водорода может снизиться с нынешних почти \$5 до \$1 (см. график). Но для этого надо снизить цену на электролизеры на 80 %, а цену на электроэнергию — более чем вдвое. «Низкая цена на электроэнергию — существенный фактор для производства конкурентоспособного зеленого водорода, и снижение цены на электролизеры не может компенсировать высокую цену на электроэнергию», — признает в своем отчете IRENA. График показывает, что при цене в \$65 за МВт·ч снизить себестоимость ниже \$3 за килограмм водорода не получится. И надо помнить, что себестоимость производства — это не цена.

Для снижения цены на электролизеры надо увеличить их производство, повысить эффективность и, возможно, изменить используемые материалы, так как платина и иридий, которые используются для мембран, дороги.

Эффективность — серьезная проблема для водородной энергетики. По оценкам отчета Roadmap to climate-friendly land freight and buses in Europe, из-за



потерь энергии при производстве, передаче и сжигании водорода теряется до 88 % энергии, а конечный КПД водородного двигателя, соответственно, составляет лишь 22 %. «Недостатки водорода в качестве топлива для грузовиков — очень высокие затраты на транспортное средство и технологии, высокая стоимость заправки, которая почти вдвое менее эффективна, чем у грузовика на аккумуляторах, и потому требует больше электроэнергии. Важно помнить, что полная декарбонизация существующей сети уже стала серьезной проблемой. Столь значительное увеличение электрической мощности маловероятно», — делают вывод авторы доклада.

По-видимому, в сегмент тяжелых грузовиков водородное топливо если и придет, то нескоро. Так, один из крупнейших производителей, шведская Scania, изучила возможность использования водородного топлива. Но признала, что для грузовика на водородном топливе потребуется в три раза больше электроэнергии из ВИЭ по сравнению с аккумуляторным электромобилем. Большая часть энергии теряется при производстве, распределении и преобразовании. Дороже обходятся и техобслуживание, и ремонт.

Для других видов транспорта водородное топливо уже пытаются задействовать. Так, Norwegian Electrical Systems планирует установить водородный топливный элемент мощностью 3,2 МВт на судне, которое в настоящее время проектирует Navyard Design для судовладельца Navita.

Важная проблема, о которой мало говорят разработчики стратегий, — безопасность. Водород — летучий

газ, его молекулы имеют наименьший размер, поэтому малейшая разгерметизация будет приводить к улетучиванию топлива, что может быть опасным, если речь идет о транспорте или теплоснабжении в холодное время года. Кроме того, при определенных условиях водород, соединяясь с кислородом, может взрываться. Взрыв водорода считается главной версией гибели дирижабля «Гинденбург» в 1937 году. Катастрофа стала причиной отказа от использования водорода в дирижаблях и одной из причин отказа от дирижаблей вообще.

Еще одна возможная проблема — это перемещение и расход воды. В корпоративном блоке японской Toshiba на habr.com сообщается, что для производства 1 м³ водорода требуется до 2,5 м³ воды. Если взять целевой показатель МЭА на 2030 год по производству низкоуглеродного водорода — 7,92 млн тонн в год, то объем его составит около 88,1 млрд м³. Для его производства надо 220,3 млрд м³ (или 220,3 км³ воды). Для сравнения, объем Онежского озера — 285 км³. Конечно, весь этот объем будет извлечен не в одном месте, а по всему миру, но конкретные проекты, особенно крупные, потребуют расчетов водопотребления. Особенно если водород будет транспортироваться, а не храниться на месте в функции аккумулятора.

Возможности атомной энергетики

«Производство водорода с использованием ядерных технологий обладает огромным потенциалом и преимуществами перед другими источниками, которые можно рассматривать с точки зрения увеличения доли водорода в мировой энергетической экономике

Coradia iLint — первый в мире пассажирский поезд, работающий на водородных топливных элементах. С 2018 года курсирует между городами Нижней Саксонии (Германия). Максимальная скорость 140 км/ч, дальность поездки на одной заправке — от 800 до 1000 км, заправка длится 15 минут.

будущего», — говорится в разделе «Производство атомного водорода» на сайте МАГАТЭ.

В отрасли по всему миру уже запущены как отдельные проекты, так и программы поддержки. Так, в августе 2019 года американская Exelon и норвежская Nel Hydrogen договорились о создании проекта по производству, хранению и утилизации водорода на площадке одной из АЭС. Выбрать ее планируют до конца марта 2021 года. Минэнерго США одобрило проект стоимостью \$7,2 млн. В нем также участвуют три национальные лаборатории.

Министерство энергетики США в июле 2020 года объявило о выделении в 2020 году примерно \$64 млн в рамках инициативы H2@Scale. Деньги получат 18 проектов по доступному производству, хранению, распределению и использованию водорода. «Эти проекты послужат питательной средой для следующего раунда исследований, разработок и демонстрационных мероприятий в рамках многолетней инициативы H2@Scale по полной реализации преимуществ водорода для всей экономики», — говорится в сообщении ведомства. Среди прочих в инициативу вошел проект Exelon.

EDF также планирует использовать свои АЭС для производства водорода, это подтвердил глава представительства EDF в России Лоран Паганон на конференции в Сколково. Планы уже начинают реализовываться. Так, в декабре 2020 года EDF заявила, что городская община Осерруа выбрала «дочку» EDF — компанию Hynamics, специализирующуюся на производстве водорода, которая установит электролизер для пяти городских автобусов, оснащенных топливными батареями. Проект получил поддержку Agence de la Transition Écologique (ADEME) и европейской программы JIVE2 (инициатива по водородным транспортным средствам в Европе). Станция электролиза заработает осенью 2021 года, подзаряжаться на ней смогут и частные водородные автомобили.

В Великобритании, согласно дорожной карте по водороду, ядерная энергетика может обеспечить к 2050 году до трети всего объема чистого водорода. Согласно документу, 12–13 ГВт ядерных реакторов как больших, так и малых модульных реакторов могут использовать электролиз, паровой электролиз с использованием отходящего тепла и термохимическое расщепление воды для производства 75 ТВт·ч зеленого водорода к 2050 году. Сколько это в тоннах или кубометрах — не уточняется. Дорожная карта по водороду важна не только с точки зрения выстраивания стратегии, но и риторики: водород, произведенный на АЭС, везде в тексте назван зеленым (а не розовым или пурпурным, как можно было бы предположить из цветовой градации

Существующее положение дел показывает, что водородная энергетика, особенно низкоуглеродная, уже начинает формироваться. Скорость развития, как и всегда в энергетике, будет зависеть от объема инвестиций, политической воли, бизнес-инициатив, технологий, социальной поддержки и наличия (лучше, конечно, отсутствия) крупных аварий.

Оценки будущей емкости рынка расходятся в разы. Так, в водородной стратегии Канады она оценивается в \$2,5 трлн к 2050 году. A Goldman Sachs считает, что к тому времени она вырастет до \$10 трлн. Для сравнения, Toshiba в своей публикации 2018 года отмечала, что Markets&Markets прогнозирует рост рынка водорода до \$154 млрд.

водорода). Ядерная энергия, как отмечалось выше, может производить зеленый водород посредством электролиза. Это хороший знак для общеевропейского признания водорода, произведенного на АЭС, зеленым.

Росатом развивает водородную энергетику в трех направлениях. Первое — создание линейки собственных электролизеров, баллонов для хранения и транспортировки водорода и топливных элементов. Второе направление — проработка пилотных проектов. Один из них — использование водорода в качестве топлива для железнодорожного транспорта на Сахалине. В проекте участвуют правительство Сахалинской области, Росатом, РЖД и Трансмашхолдинг. Третье направление — формирование локальных проектов и запуск экспорта водорода как на востоке, так и в европейской части России, где сконцентрированы существующие российские АЭС.





Федор Буйновский,
обозреватель «Вестника атомпрома»
Фото: Unsplash.com

Декарбонизация в мировом масштабе

Как борьба за нулевые выбросы становится общемировой доминантой и чем системная инженерия поможет в этой борьбе

Иммануил Валлерстайн, американский социолог, один из основателей так называемой мир-системной теории, в середине 1980-х годов опубликовал известное эссе «Существует ли Индия?», первоначально написанное как приветственное слово конгрессу индийских социологов. В эссе он наглядно показал, что Индия как суверенное государство сформировалась в рамках современной капиталистической мир-системы как ее часть, развитие Индии просто не может быть понято вне исследования ее места, роли и судьбы в составе Британской империи, что современное территориальное единство Индии обусловлено вовсе не внутренними процессами, а поражениями Франции в ходе Семилетней войны, а также что современная единая «история Индии» была сконструирована политическими деятелями, учеными и широкими массами в настоящем и недавнем прошлом как способ легитимизации существующего положения вещей.

То есть уже в конце двадцатого века ведущими мыслителями мира разрабатывалась концепция понимания социально-экономического развития исключительно в системном виде. Ключевая идея мир-системной теории заключается в том, что искусственная «изоляция историй» национальных государств, их изучение скорее с точки зрения сравнительного анализа как примеров параллельного, но практически самостоятельного развития, а не исследование взаимосвязей и взаимообусловленности, практически исключает правильное понимание хода, а следовательно, и результатов, и перспектив такого развития.

В современном мире такой системной общемировой доминантой становится идея декарбонизации энергетики. Конечно, за безусловно красивой идеей нулевого выброса углекислого газа в атмосферу,

например, за счет электрификации автомобильного транспорта, периодически возникают системные сбои. И сквозь футуристический дизайн условной «Теслы» проступает экономическая реальность чилийского крестьянина, оставшегося без воды около солончаков, на которых добывается литий для аккумуляторов безуглеродных автомобилей. Однако переход на зеленые технологии уже неизбежен.

Профессор Университета Сан-Франциско Джим Уильямс, один из авторов Парижского института устойчивого развития (Institute for Sustainable Development and International Relations) и член Сети путей глубокой декарбонизации так описывает стратегические инициативы США по декарбонизации энергетики: «Ориентиры на 2030 год включают увеличение мощности солнечной и ветровой энергии в три-четыре раза; отказ от угольной генерации; остановку разработки новых месторождений нефти и газа; достижение 50 % доли продаж автомобилей с нулевым уровнем выбросов и электрических тепловых насосов; строгие стандарты энергоэффективности для приборов и зданий. Текущий парк газовых тепловых электростанций следует поддерживать в целях обеспечения надежности в системе электроэнергии с высоким содержанием возобновляемых источников энергии, но со временем эти станции будут эксплуатироваться все реже и могут заменять ископаемый природный газ возобновляемыми видами топлива. Технологические пути к нулевому значению различаются в 2030-х и 2040-х годах, но вопросы о долгосрочной роли биомассы, ядерной энергии, депонирования углерода не требуют немедленного решения, есть время для НИОКР, экспериментов и развития рынка, если США предпримут в 2020-х годах другие действия, в которых есть высокая степень уверенности».

Таким образом долгосрочная стратегия развития Росатома до 2030 года совпадает с общемировыми трендами по трансформации энергетики. У нас есть возможность вписаться в общемировую мир-систему с рядом энергетических проектов, таких как атомная генерация, водородная энергетика на приемлемых условиях, а не в виде экспорта сырья.

Цель декарбонизации безусловно декларируется всеми ведущими мировыми институтами развития, что очевидно системно отразится на экономиках стран, которые занимаются добычей и продажей полезных ископаемых и прежде всего нефти и газа. Для тех стран, которые в долгосрочной перспективе осознали неизбежность процессов по декарбонизации энергетики и, как следствие, декарбонизации экономики, появятся определенные перспективы. В частности, очень показательна инициатива по созданию Всемирной организации по зеленой экономике со штаб-квартирой в Дубае, когда одна из стран-лидеров по добыче углеводородного сырья делает ставку на зеленую экономику.

Опыт относительно быстрого достижения результатов в условиях ограниченных ресурсов уже есть. В частности, существует мнение, что именно понимание системной инженерии позволило США реализовать сверхсложный лунный проект. В период с 1969 по 1972 год американцы отправили на лунную орбиту 24 космонавта, а по самой Луне пешком ходили 12 человек. Да что там пешком, рекорд скорости передвижения по Луне на луноmobile составил 18,6 км/час, при этом люди уезжали от ракеты на Луне на расстояние больше 7 километров! Достижения современной космонавтики, думаю, тоже не нужно рекламировать, даже с учетом того, что инженерное развитие в этой области было существенно искажено военными проектами, а инженеры развращены государственным финансированием. Но сложность космических проектов не позволяла добиваться успехов «обычной инженерией».

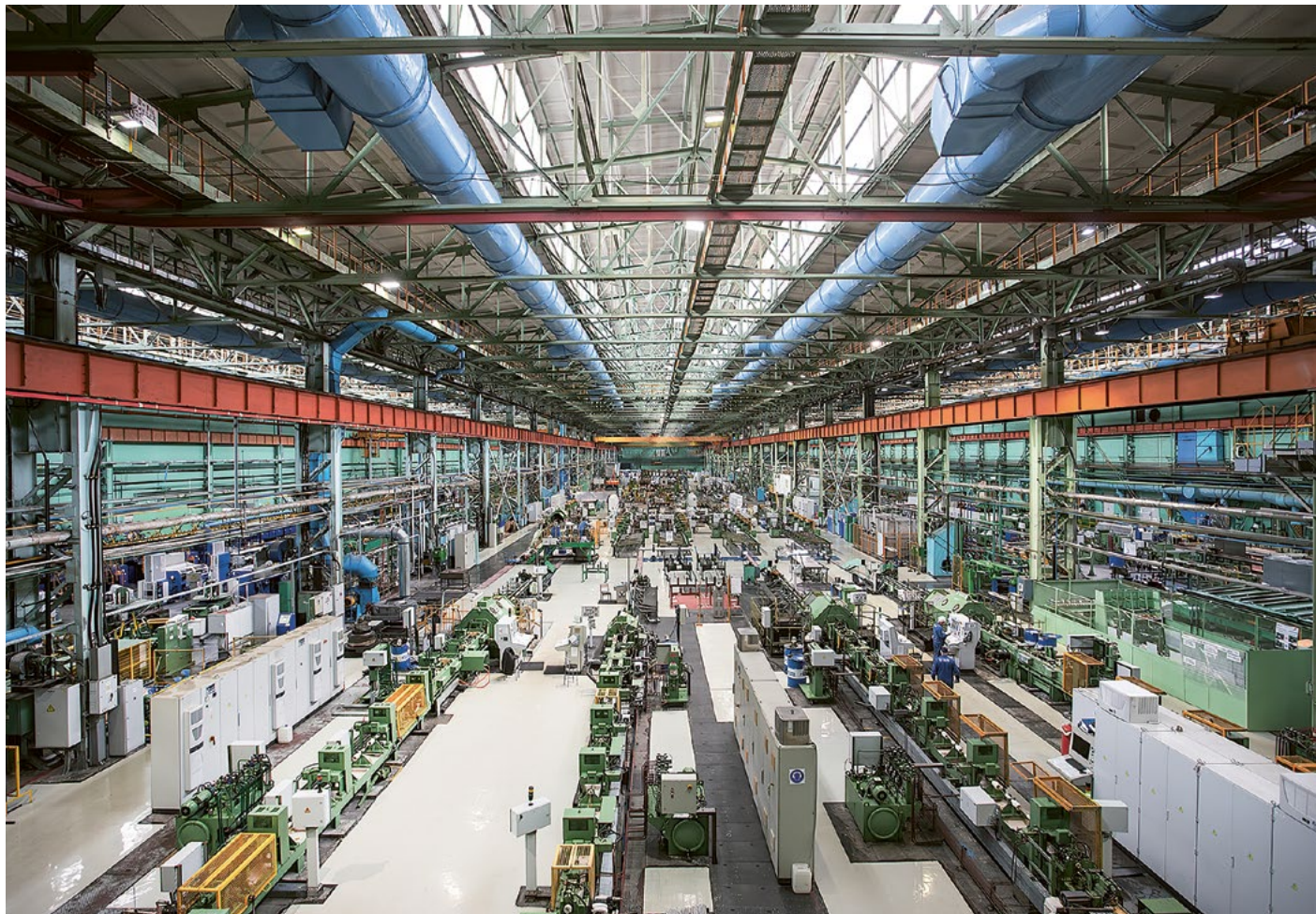
Системная инженерия поначалу применялась главным образом для борьбы со сложностью аэрокосмических проектов, и она была там крайне эффективна. Для того, чтобы маленький проект уложился в срок и бюджет, нужно было на системную инженерию потратить 5 % проекта, что предотвращало возможный рост затрат проекта на 18 %. Для средних проектов на системную инженерию оптимально тратить было уже 20 % усилий всего проекта, в противном случае возможный рост затрат проекта составил бы уже 38 %. Для крупных и очень крупных проектов оптимальные затраты на системную инженерию оказались 33 % и 37 % соответственно, это для того, чтобы предотвратить возможный рост затрат проекта на всяческие переделки плохо продуманного на 63 и 92 процента (The ROI of Systems Engineering: Some Quantitative Results for Software-Intensive Systems. Barry Boehm (Center for Systems & Software Engineering, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089), Ricardo Valerdi



(Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139) and Eric Honour (University of South Australia & Honourcode, Inc., Cantonment, FL 32533)).

Похожие задачи по расширению планов по строительству АЭС, еще одного сложнейшего инженерного объекта, появились в СССР в середине 1960-х годов. Партийные и правительственные документы, включая постановление от 1980 года предполагали до 1991 года сооружение АЭС совокупной мощностью 100 ГВт. По мере увеличения масштабов строительства новых энергоблоков все более и более остро обозначались многочисленные проблемы серийного строительства АЭС. И начиная с 1981 года Минэнерго СССР привлекало отечественную школу системного подхода под руководством Г. П. Щедровицкого для создания методологии серийного сооружения АЭС за 60 месяцев. Сегодня Россия является крупнейшей в мире компанией по одновременному сооружению АЭС. А в самом крупном инжиниринговом дивизионе Росатома — АСЭ есть подразделения по системной инженерии.

Временные периоды, в рамках которых предстоит совершить технологический шаг к зеленой энергетике, позволяют это сделать. Умение управлять сверхсложными системами Росатом демонстрирует сегодня каждый день. Ждем следующий шаг.



Сплавы высоких технологий

АО «ЧМЗ» осваивает новые виды продукции

Генеральный директор Чепецкого механического завода Сергей Чинейкин в интервью журналу «Вестник атомпрома» рассказал о поставленных перед собой и предприятием задачах, ответил на вопросы о перспективных проектах, а также поделился планами на 2021 год.

— Сергей Владимирович, немногим более года назад вы были назначены генеральным директором АО «ЧМЗ». До этого занимали пост технического директора. Расскажите о своем опыте работы на заводе.

— После окончания Уральского политехнического института я пришел работать молодым специалистом на предприятие и вот уже 25 лет являюсь членом коллектива АО «ЧМЗ». Для меня завод — место, где вырос как профессионал.

На моих глазах создавался крупнейший отраслевой центр металлургии с уникальными компетенциями, которых больше нет нигде в мире. Сегодня продукция АО «ЧМЗ» востребована не только в России, но и за рубежом, в крупных международных проектах уровня «мегасайенс».

— Как вы оцениваете 2020 год? Какие, на ваш взгляд, ключевые изменения произошли в отрасли?

— Не могу сказать, что год был легким. Были случаи, когда наши заказчики снимали заказы, и нам приходилось оперативно решать: как и чем компенсировать выпадающие доходы.

Мы ставили себе задачу сделать упор на ту продукцию и те отрасли, на которые ситуация прошлого года повлияла в меньшей степени. Хочу отметить, что нам

все же удалось это сделать, так как наши продукты разноплановы и ориентированы на разные сегменты рынка — и именно такая диверсификация позволяет АО «ЧМЗ» гибко выстраивать свой бизнес в текущих условиях. Нам удалось привлечь новых заказчиков, которых мы ранее даже не рассматривали.

— Какова стратегия развития предприятия на ближайшие годы?

— Приоритеты развития АО «ЧМЗ» обусловлены стратегией развития госкорпорации, которая декомпозируется в стратегию Топливной компании Росатома «ТВЭЛ». В этом году Топливная компания ее актуализовала и поставила задачу разработать концепцию развития предприятия до 2030 года с промежуточными вехами.

Мы проделали масштабную работу, провели открытые слушания в коллективе, обсудили вектор развития с управляющей компанией. Концепция получилась достаточно амбициозной. В 2025-м году планируем увеличить выручку в полтора раза. А к 2030 году — достичь двукратного роста по сравнению с текущим. В ближайшем будущем мы рассматриваем ЧМЗ как крупного поставщика металлов, сплавов и продукции из них для российского и зарубежного рынков.

Основные направления развития у нас не меняются: ядерное и неядерное. В ядерном бизнесе планируем расти, прежде всего, по нашей традиционной продукции — это оболочечные трубы для топлива и комплектующие для нужд атомных станций.

Также совместно с ТВЭЛ нацелены развивать свое присутствие на международном рынке коммерческого циркония, обеспечивая потребности АЭС зарубежного дизайна. Мы участвуем в программе создания толерантного топлива, которое уже сегодня можно смело назвать топливом нового поколения безопасности.

— Как сейчас выстраивается сотрудничество с вашим конечным потребителем? Расскажите о нем. Какие задачи по совместной работе вы себе ставите?

— К примеру, авиационная отрасль, которая использует продукцию из титана, серьезно ощутила на себе влияние пандемии. Есть вероятность, что и в 2021 году кардинальных улучшений также не будет. Но в горизонте 2022–2023 годов промышленные аналитики прогнозируют хорошие перспективы для восстановления этого сектора.

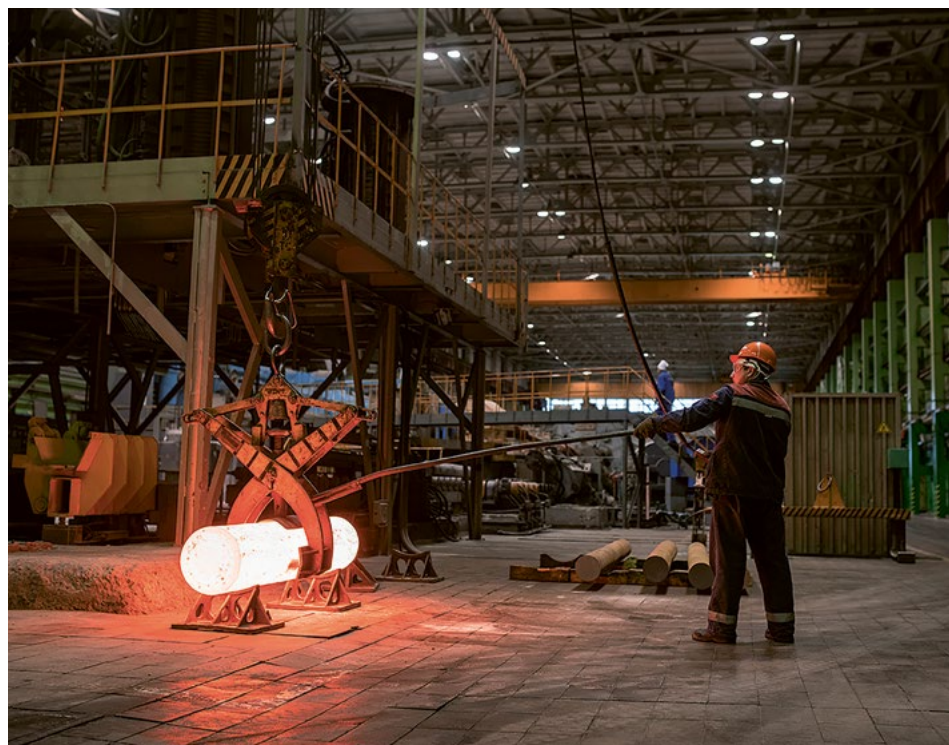
Помимо авиации, мы поставляем титановую продукцию судостроительным предприятиям, обеспечиваем внутренние потребности атомной отрасли — производим части теплообменников и реакторов, трубы и другие комплектующие. Мы нацелены развивать и медицинское направление: освоили производство заготовок для тазобедренных суставов, титановых прутков для имплантов и медицинских инструментов.



Сергей Чинейкин окончил физико-технический факультет Уральского государственного технического университета (УГТУ-УПИ) по специальности «Физико-химические технологии материалов современной энергетики», аспирантуру УГТУ-УПИ по специальности «технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

На ЧМЗ прошел путь от мастера до генерального директора. Под его руководством и при непосредственном участии был реализован комплекс НИОКР и инвестиционных проектов в рамках создания в России инновационной технологии производства циркония: от научных исследований и конструкторских разработок до строительства и ввода новых производственных объектов. В должности технического директора Сергей Чинейкин занимался вопросами химической технологии получения соединений циркония, урана, редкоземельных элементов, титана и ниобия для нужд атомной энергетики и промышленности.

Кандидат технических наук, автор 10 патентов на изобретения и одного ноу-хау. В настоящее время на рассмотрении находятся еще две заявки на изобретения.





Если говорить о кальции, еще одном нашем традиционном продукте, то его потребитель — металлурги. Мы постоянно работаем над повышением его качественных характеристик, создавая новые дизайны кальциевой инъекционной проволоки для внепечной обработки стали.

Гафний также используют металлурги, производители высокотемпературных сплавов и лигатур для них, а конечный потребитель — это атомная и космическая отрасли, производители специальной продукции.

При этом мы ни в коем случае не ограничиваемся традиционными для нас направлениями. Очень активно осваиваем новые виды продукции и направления — тантал, вольфрам, производство труб из коррозионно-стойких сталей и сплавов для топливно-энергетического комплекса. Работаем над материалами для аддитивных технологий (титановая проволока и порошки). В перспективе планируем развить данную область и создать собственный цех для 3D-печати изделий из материалов, которые сами и будем изготавливать.

— Прогнозируете ли вы рост этих направлений?

— Сейчас эта ниша достаточно свободна, потребность в металле высока. Даже если спрос несколько просядет, мы будем чувствовать себя вполне устойчиво и нацелены заполнять растущую потребность рынка на металл и сплавы продукцией Чепецкого механического завода. В настоящее время активно

разрабатываем новые продукты из гафния и циркония, что в перспективе поможет нарастить выручку предприятия, а главное — создать дополнительные рабочие места.

— В январе 2021 года предприятие наладило выпуск порошка оксинитрата циркония. Это абсолютно новый продукт для АО «ЧМЗ». Каковы прогнозы по этому направлению?

— Данное соединение является важным компонентом в синтезе катализаторов нефтехимии, сырьем в производстве диоксида циркония и востребованным химреактивом. В рамках импортозамещения планируем обеспечить российскую катализаторную промышленность особо чистыми компонентами на основе циркония, которые являются востребованными на современном рынке. Научно-технологические решения, предложенные командой предприятия, позволят выпускать на опытно-промышленном участке завода до 10 тонн порошка оксинитрата циркония в год. В перспективе планируется выйти на промышленные мощности до нескольких десятков тонн в год порошка ОНЦ высокой чистоты с содержанием циркония не менее 30 %.

— Отдельного внимания заслуживает сверхпроводниковое производство на АО «ЧМЗ». Как оно сейчас развивается?

— Мы производим низкотемпературные сверхпроводники, они признаны лучшими среди материалов всех мировых производителей. Сфера применения

2019 **Р 16 363 381 тыс.**

2020 **Р 16 476 387 тыс.**

«Мы позиционируем АО «ЧМЗ» как крупного поставщика металлов и специальных сплавов для российского и зарубежного рынков»

в основном в циклотронах, ускорителях, медицинских томографах, коллайдерах и токамаках. Всем этим научным устройствам необходимы сильные магниты, которые удерживают плазму или элементарные частицы, двигающиеся с крайне высокой скоростью в магнитном поле. Как раз для создания таких магнитов и нужны наши сверхпроводящие материалы. Например, для ИТЭР Чепецкий механический завод в общей сложности произвел 56 тысяч км стрендов. Такой длиной можно 1,5 раза обернуть земной шар!

Сейчас при научном сопровождении АО «ВНИИНМ» мы изготовили и отгрузили в CERN очередную опытную партию образцов сверхпроводящего ниобий-оловянного стренда для проекта FCC (Future Circular Collider — Кольцевой коллайдер будущего), который придет на смену LHC (Large Hadron Collider — Большой адронный коллайдер). Всего в 2020 году произвели для FCC более 100 км стрендов разных конструкций для испытаний.

Кроме того, мы производим образцы сверхпроводников для европейского центра по исследованию ионов и антипротонов FAIR.

— Можно ли назвать производство стрендов регулярным с учетом того, что крупных научных проектов пока совсем немного?

— Проекты масштабные и технически сложные, поэтому двигаются небыстро. При этом ни один из них не остановлен. Например, технические требования, предъявляемые к стрендам для FCC, — на грани физических возможностей материалов, только токонесущая способность должна в три раза превышать характеристики провода для ИТЭР. Такого продукта еще никто не производил. Разработка технологии производства уже несколько лет ведется в Европе, США, Японии, Китае и Южной Корее.

У нас большой объем НИОКР — важно достичь тех характеристик продукции, которые мировое научное сообщество разработало для сверхпроводников, и сделать это в числе первых. Это наш входной билет в «клуб поставщиков научных международных проектов физики высоких энергий», для которых в перспективе потребуется значительное количество низкотемпературных сверхпроводников. Для FCC — не менее 6 тыс. тонн ниобий-оловянных стрендов. И если мы получим хотя бы часть заказа, то загрузка нашего производства на несколько лет вперед будет обеспечена.

— На вас как на руководителе сейчас огромная ответственность, задач поставлено много. Как на новом посту выстраиваете отношения с коллегами, получается ли мотивировать сотрудников на успешную работу?

— За годы работы на заводе я убедился, что команда АО «ЧМЗ» одна из самых сильных в отрасли. На каждой ступени руководства, а их было много, мне посчастливилось работать с грамотными, увлеченными коллегами, которые заряжали своим отношением к делу.

Безусловно, возглавить предприятие такого уровня — большая честь и ответственность. Поэтому я для себя ставлю задачу — продолжить дело наших учителей и ветеранов, создавая новые производства и совершенствуя имеющиеся; обеспечить устойчивость, стабильность и поступательное развитие завода.



Текст: Наталья Прядкина
Фото: ВНИИНМ им. А. А. Бочвара

Подложка для источника бета-излучения.
Взвешивание



Тритий не лишний

Фронт работ для изотопа будущего

Тритий — это сверхтяжелый изотоп самого легкого элемента периодической таблицы Менделеева — водорода. АО «ВНИИНМ» им. А. А. Бочвара занимается научными исследованиями трития практически со дня основания института. Одна из самых ярких разработок последних лет — ядерные батарейки. Но кроме этого, есть и другие, не менее перспективные направления.

Разработка ВНИИНМ в прошлом году стала известна всей стране — сюжеты и статьи о чудо-батарейках вышли на нескольких федеральных каналах и в крупных СМИ. Журналисты фантазировали, как будет выглядеть готовая батарейка и какие возможности она дает.

Ядерная батарейка — это бета-вольтаический источник питания на основе трития, в котором энергия бета-излучения с помощью полупроводникового преобразователя превращается в электричество. Такой источник был разработан во ВНИИНМ в кооперации с несколькими отечественными организациями. Эти батарейки не очень мощные, зато могут долго работать в экстремальных условиях: при очень низких или очень высоких температурах, в глубоком вакууме, при механических нагрузках. Поэтому основные сферы применения тритиевых батарей — это области, где нужен стабильный источник питания, работающий длительное время в труднодоступных для замены местах. В первую очередь это,

200 нВт

мощность батареи

1 мкВт/см²

мощность источника бета-излучения

Р 200–300 тыс.

примерная стоимость одной батареи

конечно, космос — такая батарея сможет обеспечить энергией все самые важные системы космического аппарата. Она может работать вместе с химическими источниками тока, постоянно подзаряжая их. Кроме этого, такие батареи будут полезны в авиа- и ракетостроении. «Главное конкурентное преимущество тритиевых батарей, по сравнению с химическими, заключается в их большой удельной электрической емкости, а также в устойчивости к большим перепадам температур. Выходу трития из источника будут способствовать только очень высокие температуры до нескольких сотен градусов. А особенность полупроводниковых преобразователей заключается в том, что в области низких температур у них КПД преобразования даже увеличивается, в отличие от химических источников тока. Поэтому в области отрицательных температур эти батарейки будут себя достаточно уверенно чувствовать», — рассказывает начальник научно-исследовательского отдела разработки технологии и оборудования для получения изотопов и изотопной продукции АО «ВНИИНМ» Александр Аникин.

Во ВНИИНМ действует цикл изготовления тритиевых источников бета-излучения и сборки батарейки. Технологический процесс состоит из множества стадий, включая промежуточный контроль качества. Определение содержания трития в продукции и мощности потока бета-частиц осуществляется радиометрическим и радиолюминографическим методами. Для получения корректных результатов были разработаны и аттестованы соответствующие методики измерения. После изготовления источников бета-излучения происходит финальная сборка батарейки: бета-источник монтируют с полупроводниковым преобразователем в едином корпусе, причем в состав готового изделия может входить несколько пар «бета-излучатель — полупроводник». Уже выпущена и прошла все испытания опытная партия батареек.

Сейчас срок службы тритиевой батареи оценивается в 10–15 лет. «Однако мы не исключаем, что она может проработать в 2 раза дольше, потому что одно дело, когда эти полупроводники используются на свету для преобразования солнечного света в электрический ток, а другое дело, когда на них воздействует только бета-излучение трития, и никаких других факторов нет», — объясняет Александр Аникин.

Тритий — один из трех изотопов водорода (два других — протий и дейтерий). Это радиоактивный изотоп с атомной массой 3,02 а.е.м., источник «мягкого» бета-излучения с периодом полураспада 12,3 года. Он был открыт Эрнестом Резерфордом, Маркусом Олифантом и Паулем Хартеком в 1934 году. По своим физическим и химическим свойствам тритий похож на обычный водород: в нормальных условиях это легкий бесцветный газ.

В природе тритий образуется в верхних слоях атмосферы, это происходит, когда частицы космического излучения сталкиваются с ядрами атомов азота, кислорода и аргона, а также при расщеплении ядер различных элементов космическими лучами большой энергии. Однако количество природного трития небольшое. Промышленный тритий нарабатывают в ядерных реакторах, облучая литий-6 нейтронами.

В России такой тритиевый источник питания аналогов не имеет, а вот за рубежом подобные батарейки выпускают многие компании. Одна из самых известных — американская CityLabs. При этом мощность потока бета-частиц в российских батареях в среднем в 2–2,5 раза выше, чем в американских. Правда, пока отечественное устройство уступает американскому по КПД преобразования — в нем принципиально используются только российские комплектующие, а полупроводники российского производства по качеству проигрывают зарубежным. Но разработчики видят в этом потенциал для развития.

«Полупроводниковая промышленность сегодня развивается семимильными шагами, и КПД преобразования бета-излучения постоянно увеличивается. Так что после появления полупроводников с коэффициентом полезного действия 15 % и выше, возможно, у игроков рынка литийионных элементов появится повод для беспокойства», — считает Александр Аникин.

На помощь термояду

Управляемая термоядерная реакция — давняя мечта человечества: это откроет доступ к практически неисчерпаемому источнику энергии. Почему неисчерпаемому? Потому что в основе термоядерного синтеза лежит процесс слияния при очень высоких температурах легких ядер изотопов водорода — дейтерия и трития, а водорода на Земле очень много. В результате их слияния образуется более тяжелое ядро и выделяется энергия.

Именно СССР стал пионером работ по изучению управляемого синтеза. Эти работы в 2021 году получили новый импульс: в состав комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в РФ на период до 2024 года» (РТГН), утвержденной в начале года, вошел федеральный проект «Термоядерные и плазменные технологии». Он содержит пять крупных подразделов, один из которых — разработка концептуального проекта гибридного реактора.

ВНИИНМ ведет несколько направлений в работе с тритием, так или иначе связанных с термоядерными технологиями. Одно из последних — работы для экспериментального термоядерного реактора «Игнитор», который создается сейчас в Троицке под руководством

1. Насыщение тритием источников бета-излучения

2. Измерение активности трития в источниках бета-излучения методом радиolumинографии. Экспозиция образцов на IP-пластине



АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» и на его площадке. В этом проекте ВНИИНМ занимается разработкой технологического тритиевого цикла, т. е. топливного контура реактора. Для осуществления термоядерной реакции в плазменную камеру «Игнителя» будет подаваться смесь дейтерия и трития. После завершения реакции тритий (а это довольно дорогой изотоп) нужно снова вернуть в топливный цикл. Но прежде его нужно выделить из смеси — своеобразного «бульона», в котором есть еще гелий, а также углеводороды, аммиак, пары тритий-содержащей воды. Для эффективности топливного цикла требуется выделить как можно большее количество трития, при этом обеспечив безопасность процесса, ведь тритий — высокотоксичный изотоп. «Таким образом, задача АО «ВНИИНМ» в этом проекте состоит в обеспечении многократного использования трития при эксплуатации «Игнителя», его химической и изотопной очистке от всех сопутствующих примесей и надежной утилизации образующихся радиоактивных отходов», — поясняет Александр Аникин.

Как известно, многие конструкционные материалы после взаимодействия с водородом меняют свои механические свойства. При этом все химические соединения трития по своим свойствам близки аналогичным соединениям обычного водорода, протия, и в материалах эти изотопы легко замещаются один на другой. Поэтому тритий широко используется в качестве радиоактивной метки. Специалисты изотопного отделения ВНИИНМ, используя высокочувствительные приборы, исследуют и сравнивают показатели распределения и накопления трития в конструкционных материалах, которые планируется применять в активной зоне реакторов — в том числе управляемого термоядерного синтеза. Цель этих исследований — дать обоснование целесообразности использования тех или иных материалов новых реакторов, а также помочь в модернизации существующих атомных реакторов.

Найти и обезвредить

Сейчас в России в активной стадии находятся два проекта абсолютно новых типов реакторов — реактор на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 и жидкосолевого реактор. Обе этих установки будут играть ключевую роль в замыкании ядерного топливного цикла. Конструкции обоих реакторов имеют принципиальные различия с уже существующими реакторами, поэтому вопросы обращения с тритием тут требуют специфического подхода.

Старт проекту ЖСР был дан в конце 2019 года, и ВНИИНМ в нем отвечает за создание топливного цикла: изготовление, переработку топлива и обращение с радиоактивными отходами. Жидкосолевого реактор — первый подобный реактор в России (его запуск запланирован на 2031 год), и ученым изотопного отдела предстоит ответить на целый ряд нетривиальных вопросов. Как тритий будет образовываться в жидкосолевом реакторе? В каких химических формах существовать? По каким каналам и куда идти? Как его лучше отводить и очищать?

По своему принципу действия реактор ЖСР уникален — это гомогенный реактор, то есть топливо и теплоноситель в таком реакторе находятся в одном агрегатном состоянии, которое представляет собой многокомпонентный солевой расплав. В качестве теплоносителя в нем выступает расплав так называемой несущей соли, не содержащей делящихся материалов, а в качестве ядерного топлива — растворенные в несущей соли фториды урана и других делящихся элементов. Главные кандидаты на роль носителей для топлива — две соли: LiF-BeF_2 и LiF-NaF-KF , и в состав обеих входит литий. А литий — прекрасное сырье для наработки трития. «В реакторах ВВЭР тритий тоже нарабатывается, это происходит в результате реакции тройного деления атомов урана, но в жидкосолевых

Четыре метода:

— **Радиолуминография** — метод анализа скрытого изображения, которое образуется на пластине, покрытой люминофором, под воздействием бета-излучения трития. Сам тритий находится на поверхности образца и «отпечатывается» при контакте образца с пластиной. Скрытое изображение выявляется с помощью специального лазерного сканера, а затем с помощью программы анализируется на контрастную неоднородность.

— **Метод жидкостной сцинтилляции** основан на свойстве некоторых веществ светиться под действием радиоактивного излучения. Растворяя эти вещества в специальном растворителе и добавляя сцинтиллятор, получают пробу для анализа. С помощью сцинтилляционных радиометров можно определять с хорошей точностью даже незначительные количества трития, приближающиеся к природному фону.

— Третий метод основан на **регистрации тормозного рентгеновского излучения**. При движении бета-частиц трития в любой среде в результате их торможения и рассеяния образуется так называемое тормозное рентгеновское излучение, обладающее значительно большей проникающей способностью, чем бета-частицы. Используя специальные сверхнизкоэнергетические гамма-детекторы, чувствительные к тормозному рентгеновскому излучению, можно обнаруживать тритий в глубине материала.

— **Радиометрические методы** основаны на измерении ионизационного тока, возникающего при взаимодействии бета-частиц трития с молекулами воздуха или других газовых смесей. Во ВНИИ-ИНМ есть ионизационные камеры для измерений трития в газовой среде и в твердом агрегатном состоянии.

реакторах наработка трития будет в разы больше: в этом процессе будут участвовать все основные элементы несущей соли и теплоносителя, так как они содержат литий. А если в качестве несущей соли будет выбрана соль на основе фторидов лития и бериллия (ФЛАЙБ), то тритий будет нарабатываться еще и из бериллия», — объясняет Александр Аникин.

Тритий образуется в газообразной форме и, переходя в форму фторида, способен вызывать коррозию конструкционных материалов. Сейчас изучаются несколько методов предотвращения разрушающего воздействия на них трития и его соединений. Предполагается, что активная зона реактора будет продуваться инертным газом, скорее всего гелием с добавками водорода, в результате чего газовая среда активной зоны станет восстановительной, что будет препятствовать коррозии.

«В 2020 году во ВНИИИНМ была разработана принципиальная схема и обоснованы все основные стадии системы газоочистки от газообразных продуктов деления и трития. Основные элементы — радиоактивные изотопы криптона, ксенона и тритий. После переработки этой смеси и выделения основных компонентов гелий, которым и продувается активная зона, можно будет вернуть обратно в контур», — рассказывает Александр Аникин.

Для предварительных экспериментов и обоснования теории ученые ВНИИИНМ будут использовать имитаторы — стабильные изотопы ксенона и криптона, а вместо радиоактивного трития в ряде случаев можно будет применять аналогичный по свойствам дейтерий. Также во ВНИИИНМ проводятся исследования взаимодействия трития с конструкционными материалами и расплавами солей.

Второй уникальный проект в мировом реакторостроении — БРЕСТ-ОД-300. Это первый в мире быстрый реактор со свинцовым теплоносителем. В феврале 2021 года Ростехнадзор выдал лицензию на строительство реактора. Для активной зоны БРЕСТА ВНИИИНМ тоже проведет моделирование поведения трития. Казалось бы, задача, схожая с проектом ЖСР. Однако в БРЕСТе будут совсем другие конструкционные материалы, и активная зона будет организована тоже по-другому. В БРЕСТе, в отличие от ЖСР, лития не будет. Источниками образования трития там послужат реакции тройного деления (они есть во всех реакторах), а также азот-14, входящий в состав СНУП-топлива.

Для того чтобы свинец, который используется в БРЕСТе в качестве теплоносителя, не разъедал оболочку твэлов, в него вводится небольшое количество кислорода, в результате чего образуется тонкий оксидный слой. Тритий, попадая в свинец, может окисляться до воды и локализоваться в свинцовом контуре. «Мы исследуем химическое взаимодействие трития с оксидным слоем, а именно изучаем, может ли тритий восстанавливать оксиды железа и тем самым способствовать коррозии

оболочки твэлов. Кроме того, мы исследуем взаимодействие трития с конструкционными материалами активной зоны и парогенератора: рассчитываем коэффициент диффузии трития и другие параметры. В результате мы подготовим заключение, в котором подробно опишем эти процессы, их возможные риски и последствия, и выдадим соответствующие рекомендации по эксплуатации реакторной установки», — объясняет Александр Аникин. Кроме того, для всех стадий изучаются формы существования трития, его поведение после образования и способы утилизации. Конечная цель — обоснование безопасности эксплуатации реактора.

Технологии обращения с тритием давно известны, работы с этим материалом ведутся уже более полувека. Однако исследования в контексте поведения этого изотопа ни в жидкосолевых реакторах, ни в быстрых реакторах со свинцовым теплоносителем в России еще не проводились — здесь ВНИИИНМ выступает пионером.

«Все эти процессы достаточно сложные, в том числе с точки зрения безопасности, и требуют основательного подхода. Большинство этих процессов исследовалось и раньше, однако собрать их все воедино и сделать так, чтобы схема работала максимально эффективно, — в этом наша задача», — заключает Александр Аникин.

Источник: В/О «Изотоп», АО «Всерегionalное объединение «Изотоп» (предприятие Росатома) — крупнейший поставщик российской изотопной продукции с 1958 года, осуществляющий связь между производителями изотопной продукции и потребителями на российском и международном рынках.

Топ изотопов

Пока тритий трудится на производстве ядерной батарейки, другие изотопы помогают диагностировать и лечить опасные заболевания, стерилизовать медицинские изделия, проводить неразрушающий контроль и открывать тайны Вселенной

Изотопы — это нуклиды (то есть разновидности атомов какого-либо химического элемента), которые имеют одинаковое число протонов, но разное число нейтронов. Таблица нуклидов почти в 20 раз больше таблицы Менделеева: на сегодняшний день известно около 3 000 природных и искусственно полученных нуклидов, стабильны примерно 300 из них, остальные

радиоактивны. Они могут быть опасны, но при умелом обращении приносят огромную пользу. Более 100 изотопов имеют практическое применение, спектр которого очень широк, — в ядерных и космических технологиях, фундаментальных и прикладных научных исследованиях, энергетическом комплексе, приборостроении, медицине, сельском хозяйстве.



^{48}Ca

Кальций-48 — редкий изотоп. Он производится только электромагнитным методом разделения в крайне малом количестве — всего 12 грамм в год, а также имеет очень высокую стоимость. В мире существует лишь один производитель этого изотопа — ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор». Кальций-48 используется учеными для синтеза сверхтяжелых химических элементов и помогает открывать новые элементы таблицы Менделеева!

Комбинат «Электрохимприбор»



^{177}Lu

В начале 2000-х годов в арсенале ядерной медицины появился инновационный метод таргетной терапии препаратом на основе лютеция-177. За 20 лет проведено множество клинических испытаний, подтверждающих эффективность радиофармпрепаратов с ^{177}Lu в лечении онкологических заболеваний. ^{177}Lu признан одним из наиболее перспективных радионуклидов в радиофармацевтике. Росатом — единственный в мире поставщик полного ассортимента по стартовым материалам и разновидностям лютеция-177!

ГНЦ НИИАР, ИРМ



^{99}Mo

Молибден-99 — это самый востребованный медицинский радионуклид в мире. Продукт распада ^{99}Mo — технеций-99m — считается «рабочей лошадкой» ядерной медицины. Более 80 % диагностических процедур методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии выполняется с помощью $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Это более 30 млн пациентов в год! Впервые изотоп был получен в 1938 году американскими учеными Э. Сегре и Г. Сиборгом, а его активное применение началось в 1960-х годах.

НИФХИ им Л. Я. Карпова, ГНЦ НИИАР



^{136}Xe , ^{76}Ge , ^{100}Mo

ПО «ЭХЗ» — мировой лидер в области производства изотопов газодиффузионным методом. В его продуктовом портфеле — 110 изотопов 21 химического элемента! Стабильные изотопы с высоким процентом обогащения и химической чистотой нашли широкое применение в фундаментальной науке. Xe-136, Ge-76 и Mo-100, используемые в международных научных экспериментах по поиску безнейтринного двойного бета-распада, помогут приоткрыть тайны строения и эволюции Вселенной.

ПО «Электрохимический завод



^{241}Am

Новым направлением применения америция-241 может стать космос. Тепло, излучаемое гранулами америция, можно использовать для питания космического корабля во время сверхдлительных автономных космических миссий или же в сложных условиях при изучении планет, где другие источники энергии функционировать не смогут. Таким образом, космические корабли смогут передавать данные и изображения на Землю в течение более длительного времени, чем это возможно сегодня.

ГНЦ РФ — ФЭИ, ПО «Маяк»



^{131}I

Одним из важнейших событий XX века в области ядерной медицины, безусловно, является открытие йода-131. В 1941 году врач С. Хертц первым в мире назначил радиоактивный йод в терапевтических целях пациентке с болезнью Грейвса. А уже в 1946 году состоялся дебют «атомного коктейля», созданного на основе йода-131 для лечения рака щитовидной железы. Так с середины 40-х годов началось широкое применение радиойодтерапии. На сегодняшний день ^{131}I — наиболее распространенный изотоп для терапевтических радиофармпрепаратов.

НИФХИ им Л. Я. Карпова, ГНЦ НИИАР



^{225}Ac

Один из самых редких медицинских радиоизотопов в мире — актиний-225. Таргетная терапия с ^{225}Ac демонстрирует высокий потенциал в лечении онкологических заболеваний. На сегодняшний день мировое производство ^{225}Ac весьма ограничено, имеющиеся объемы позволяют лечить лишь несколько сотен пациентов в год. В мире всего три компании, обеспечивающие поставки ^{225}Ac , и Росатом в их числе! Сейчас ученые разных стран разрабатывают новые технологии получения Ac-225.

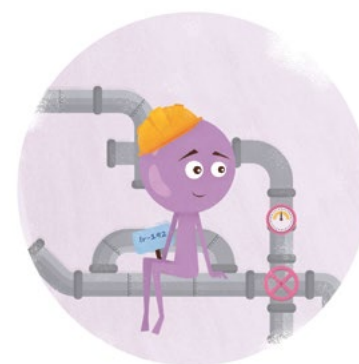
ГНЦ РФ — ФЭИ



^{137}Cs

Цезий-137 используется в измерительной технике, оборудовании для стерилизации крови и биоматериалов и другой продукции, а также в промышленной гамма-дефектоскопии и медицине. Росатом — единственный в мире поставщик сырьевого цезия-137. Кстати, в 90-х годах XX века в Америке появилась музыкальная группа «Цезий-137», названная в честь одноименного изотопа.

ПО «Маяк»



^{192}Ir

Радиоактивный иридий-192 — ключевой изотоп, применяемый для контроля качества сварных швов и целостности конструкций. С его помощью можно обнаружить даже микроскопические дефекты инженерных систем городской и промышленной инфраструктуры! Он также используется в высокодозной брахитерапии. Росатом — крупнейший поставщик иридия-192, применяемого в производстве источников для систем неразрушающего контроля.

ГНЦ НИИАР, ИРМ, ПО «Маяк»

Run. Change. Disrupt!

Единая цифровая стратегия Росатома 4.0



О том, как цифровые технологии помогают Росатому уверенно двигаться по намеченному пути, меняться с учетом актуальных вызовов и формировать основу для рывка на новых перспективных рынках, «Вестнику атомпрома» рассказала директор по цифровизации госкорпорации «Росатом» Екатерина Солнцева.

— Екатерина Борисовна, реализуемая сегодня Единая цифровая стратегия Росатома (ЕЦС) имеет индекс 4.0, тогда как еще год назад в интервью «Вестнику атомпрома» вы рассказывали о третьей

редакции. Что нового в текущей версии стратегии и чем были вызваны изменения?

— Сразу скажу, что ключевые среднесрочные и долгосрочные приоритеты ЕЦС остаются неизменными. Как и ее базовая архитектура. Росатом продолжает выступать одним из самых активных участников цифровизации нашей страны. Мы решаем масштабные задачи, связанные с внутренней цифровизацией отрасли. Выводим на рынок конкурентоспособные цифровые продукты и развиваем перспективные цифровые технологии.

При этом мы видим, что «цифра» стала одним из ключевых драйверов происходящих в мире изменений, темпы которых продолжают нарастать. Возникают и новые амбициозные задачи. Росатом стремится перейти от глобального лидерства в атомной индустрии к роли глобального технологического лидера, в том числе в цифровой сфере. А значит, тактические подходы должны соответствовать текущим реалиям.

Кроме того, мы многому учимся. Понимаем, что те или иные задачи можно решать быстрее, более эффективно. Мы просто обязаны быть подвижными в подвижной среде. Как следствие, модернизируется и Единая цифровая стратегия. Ведь это не догма, а гибкий и открытый к развитию инструмент!

— На какие вызовы призвана ответить текущая редакция ЕЦС?

— Прежде всего, перед нами стоят задачи ускорения цифрового развития отрасли, повышения темпов внедрения сквозных отраслевых процессов и цифровизации производства. Одновременно должна возрасти результативность стратегии в целом. И для этого у нас есть все необходимые инструменты. Так, в прошлом году была введена в действие единая отраслевая методология оценки проектов, которые мы реализуем в цифровой сфере. Каждый из них в обязательном порядке нацелен на достижение измеримых эффектов — как прямых, так и опосредованных.

И безусловно, один из ключевых вызовов — обеспечение нарастающей экономической отдачи от усилий в цифровой сфере. Цифровой бизнес должен стать органичным и экономически эффективным элементом всей рыночной деятельности Росатома. К 2030 году поставлена цель по увеличению совокупной выручки госкорпорации до 4 трлн рублей. И мы стремимся сделать все, чтобы вклад «цифры» в решение этой задачи не только увеличивался год от года, но и становился все более значимым в абсолютном выражении.

— Гибкость, адаптивность и ставка на цифровые технологии становятся сегодня основой стратегий не только корпоративного, но и государственного уровня...

— Абсолютно верно! Как вы знаете, сейчас правительство нашей страны готовит новую, фронтальную стратегию социально-экономического развития, причем стратегию очень амбициозную. И Росатом активно участвует в ее разработке.

Проект фронтальной стратегии в максимальной степени нацелен не на процесс, а на прорывные результаты конкретных инициатив, важной составляющей которых выступает «цифра».

Новый стратегический план государства строится с опорой на модель Run. Change. Disrupt. Коротко поясню. Run — это сохранение стабильности, устойчивости и конкурентных позиций с опорой на уже доступные инструменты и технологии. Change — возможность осуществлять управляемые позитивные изменения. Disrupt — это работа по созданию прорывных инновационных решений и технологий, которые позволят обеспечить конкурентоспособность на следующем витке.

Анализ Единой цифровой стратегии Росатома показал, что принятые нами подходы полностью укладываются в разрабатываемую стратегию государства как с точки зрения целей и приоритетов, так и по горизонту планирования до 2030 года.

— Можно ли привести примеры того, как информационные технологии и цифровые проекты помогают Росатому решать задачи, относящиеся к категории Run?

— Разумеется! В условиях пандемии многолетние усилия по развитию и совершенствованию ИТ-инфраструктуры отрасли стали одним из важнейших факторов сохранения стабильности и непрерывности бизнеса Росатома. Десятки тысяч сотрудников отрасли получили возможность продуктивно работать в удаленном формате благодаря современным платформам и сервисам, таким как система «КУРС». И здесь я бы хотела выразить искреннюю благодарность замечательной ИТ-команде Росатома, продемонстрировавшей высокий профессионализм, самоотдачу и надежность в быстром решении очень непростых проблем.

Еще один пример — результаты нашей программы по созданию и выводу на рынок цифровых продуктов Росатома, которые активно используются как в отрасли, так и в других сегментах экономики. И здесь мы движемся в нарастающем темпе. В 2018 году Росатом представил первую тиражируемую разработку, по итогам 2019 года наш портфель вырос до 5 коммерческих решений, а к настоящему моменту мы предлагаем заказчикам уже 11 цифровых продуктов.

По результатам 2020 года мы полностью выполнили план по выводу на открытый рынок целой серии

«Цифровой бизнес должен стать органичным и экономически эффективным элементом всей рыночной деятельности Росатома. К 2030 году поставлена цель по увеличению совокупной выручки госкорпорации до 4 трлн рублей. И мы стремимся сделать все, чтобы вклад «цифры» в решение этой задачи не только увеличивался год от года, но и становился все более значимым в абсолютном выражении»

цифровых продуктов, созданных предприятиями и организациями отрасли. Это инфраструктурная площадка для размещения контейнерных центров обработки данных (на территории ЦОД «Калининский»), сервис интеллектуальной автоматизации закупочной деятельности «Атомбот. Закупки», система контроля и управления доступом на массовые объекты «ПИЛОТ», решение для управления сооружением сложных инженерных объектов «Мульти-Д Объединенный график», «Мобильный ЦОД» и пакет программ для суперкомпьютерного моделирования и инженерного анализа «Логос Прочность».

Сегодня семейство продуктов «Логос» (в состав которого входят уже три модуля: «Логос Аэро-Гидро», «Логос Тепло» и «Логос Прочность») в состоянии закрыть максимум потребностей самых разных отраслей промышленности в математическом моделировании физических процессов: от гидрогазодинамики и теплопередачи до статической, динамической и вибрационной прочности. Например, благодаря применению пакета «Логос Прочность» появляется возможность моделировать режимы эксплуатации сложнейших технологических изделий без необходимости проведения дорогостоящих и ресурсоемких натурных испытаний.

В рамках рассматриваемой модели цифровые продукты Росатома не только соответствуют подходу Run, но и становятся основой для изменений — Change. Мы намерены и дальше идти по этому пути. Сегодня около полутора десятков разработок находятся в высокой степени готовности и претендуют на то, чтобы стать рыночными цифровыми продуктами Росатома в ближайшие годы.

Очень важно напомнить и о том, что цифровые решения Росатома уже помогают менять к лучшему жизнь по всей стране. Так, технологии «Бережливого умного города», которые были с успехом отработаны в наших атомградах, сегодня активно внедряются в других

«По итогам 2020 года мы полностью выполнили план по выводу на открытый рынок целой серии цифровых продуктов. Сегодня около полутора десятков разработок находятся в высокой степени готовности и претендуют на то, чтобы стать рыночными цифровыми продуктами Росатома в ближайшие годы»

регионах и территориальных образованиях, делая городскую среду максимально безопасной и экономической, комфортной и дружелюбной.

— Если продолжить тему Change, то одна из задач цифровой трансформации — повышение эффективности не только отдельных процессов, а бизнеса в целом. Такие результаты, как правило, достигаются не столько путем внедрения тиражируемых программных продуктов, сколько в рамках сфокусированных проектов.

— Именно в такой логике мы и действуем. Один из флагманских цифровых проектов, реализуемых в интересах цифровой трансформации, — это цифровая система управления атомной отраслью «Навигатор». Разработка уже успешно прошла этап демоверсии, а сейчас мы готовимся перейти к следующей фазе — опытной эксплуатации пилотной системы.

«Навигатор» сможет в любой момент времени предоставить руководству Росатома точный, достоверный и актуальный портрет отрасли в разрезе производства, финансов и сооружений отраслевых объектов. Причем эта система проектируется так, чтобы обеспечить поддержку процесса принятия решений на качественно более высоком уровне, в том числе благодаря активному применению искусственного интеллекта и предсказательной аналитики.

Ни в одной другой сфере российской промышленности подобного комплексного инструмента пока не создано. Так что «Навигатор» после внедрения может стать референсным примером цифровизации для других отраслей.

— Один из самых интригующих элементов стратегической модели, о которой мы говорим, — Disrupt. Здесь речь идет об инновациях, которые принято именовать прорывными?

Да, безусловно. Причем главный критерий — прорывные результаты, которых можно добиться благодаря развитию в Росатоме, да и в стране в целом, собственных компетенций по наиболее «сильным» цифровым технологиям.

Самое наукоемкое направление нашей работы, связанное с проведением большого объема исследований и разработок, касается создания отечественного квантового компьютера. Очень важным итогом 2020 года стало утверждение правительством дорожной карты развития квантовых вычислений, которую разработал Росатом. На решение этой задачи выделен значительный объем средств из федерального бюджета. И сейчас мы находимся на этапе практической реализации этого проекта, главная цель которого — создание 100-кубитного отечественного квантового компьютера, что позволит существенно снизить отставание от стран — лидеров квантовой гонки.

Квантовый компьютер — не просто эволюция в сфере вычислений. Это главный ожидаемый мировой прорыв ближайшего десятилетия в области цифровизации, который позволит создавать новые материалы и лекарства, добиться недостижимых сегодня возможностей искусственного интеллекта и решить множество других задач. Это классический пример работы в сфере Disrupt. Но далеко не единственный.

В рамках еще одного соглашения с Правительством России мы ведем большую работу по развитию так называемых новых (цифровых) производственных технологий. Промышленность ведущих стран мира сегодня переходит к концепции «Индустрии 4.0», в основе которой лежит цифровизация всех производственных и управленческих процессов. И здесь мы просто не имеем права отставать, поскольку на кону — глобальная конкурентоспособность российской экономики.

Проекты, которые мы реализуем в этой сфере, тесно связаны с применением искусственного интеллекта, машинного обучения, предсказательной аналитики, обработкой больших данных, виртуальной и дополненной реальности. Причем уже в среднесрочной перспективе разрабатываемые платформы и решения должны будут перейти в разряд тиражируемых (Run), а также поддерживать необходимые изменения как в атомной отрасли, так и за ее пределами.

Цифровые двойники атомных станций и ледоколов, цифровизация Арктики и Северного морского пути, дистанционная приемка инженерных изделий при помощи виртуальной и дополненной реальности, применение искусственного интеллекта для управления безопасностью самых ответственных объектов, интерактивные системы управления территориями, совершенствование Производственной системы Росатома с опорой на «цифру»... Все эти и множество других инициатив, которые осуществляются сегодня при активном участии дивизионов и предприятий отрасли, — это не мечты, не теория. Это совершенно реальные проекты, которые реализуются на практике и уже приносят ощутимую отдачу.

Надеюсь, что «Вестник атомпрома» будет уделять достойное внимание отраслевым кейсам цифровизации. А главное — рассказывать о талантливых, креативных и целеустремленных людях, которые стоят за каждым из таких проектов!

АО «Русатом Инфраструктурные решения»

«Русатом Инфраструктурные решения» (РИР) — дивизион госкорпорации «Росатом», разработчик цифровых решений и отраслевой интегратор по направлениям «Умный город», «Централизация систем ресурсоснабжения», «Чистая вода». Компания управляет неатомной генерацией Росатома, реализует проекты по цифровизации муниципального и регионального управления, модернизации ресурсоснабжения, развития городской среды.

Даты

2017

правительством РФ принята программа «Цифровая экономика РФ»

2018

в Сарове (Нижегородская область) началась опытная эксплуатация системы «Умный город»

2019

Росатом разрабатывает методологию LEAN SMART CITY — «Бережливый умный город», пилотной площадкой для ее внедрения становится Саров

2020

проект «Умный город» Росатома представлен президенту РФ Владимиру Путину. Президент рекомендовал регионам использовать опыт и наработки Росатома. Начало активного тиражирования системы как в городах присутствия госкорпорации, так и в других муниципалитетах

«Умный город»

«Умный город» — единый программно-аппаратный комплекс, дающий возможность оптимизировать городские процессы, наладить взаимодействие между властью, бизнесом и населением, вовлечь горожан в процесс управления, повысить безопасность и качество жизни. Конечная цель «Умного города» — создать комфортные условия для всех, кто живет или работает в таком городе.

Система «Умный город» помогает отстроить инфраструктурные и управленческие процессы так, чтобы сделать их максимально эффективными для всех участников. Это позволяет решать насущные проблемы конкрет-

ного города, повышая качество жизни в нем. Горожане получают возможность активно участвовать во всем, что происходит, это положительно сказывается на качестве городской среды и способствует формированию активного гражданского общества.

В развитии атомных городов, где проживает около 2 миллионов человек, Росатом исторически принимает активное участие. Платформа «Умный город» изначально была разработана для улучшения качества жизни в атомградах. Однако на сегодняшний день система применяется не только в них, но и тиражируется в других городах, а также на региональном уровне.

Цитата



Ксения Сухотина, генеральный директор ООО «Русатом Инфраструктурные решения»

«„Умный город“ или „Умный регион“ — это не просто набор продвинутых технологий. Цель изменений, которые мы предлагаем, — сделать жизнь людей более комфортной и дать возможность участвовать в развитии территории.»

Мы учитываем местную специфику, стараемся максимально использовать точки роста. С учетом потребностей заказчика наши разработчики все время обновляют и дорабатывают продукт.

Еще один плюс в том, что проект можно начать с любого уровня: он легко тиражируется, может интегрироваться как с современными „смарт-кварталами“, так и с менее современной инфраструктурой.

Сейчас мы работаем над развитием нашей продуктовой линейки, расширением сервисов, тиражируем наши решения в других российских городах — в первую очередь в городах присутствия Росатома.

Планы

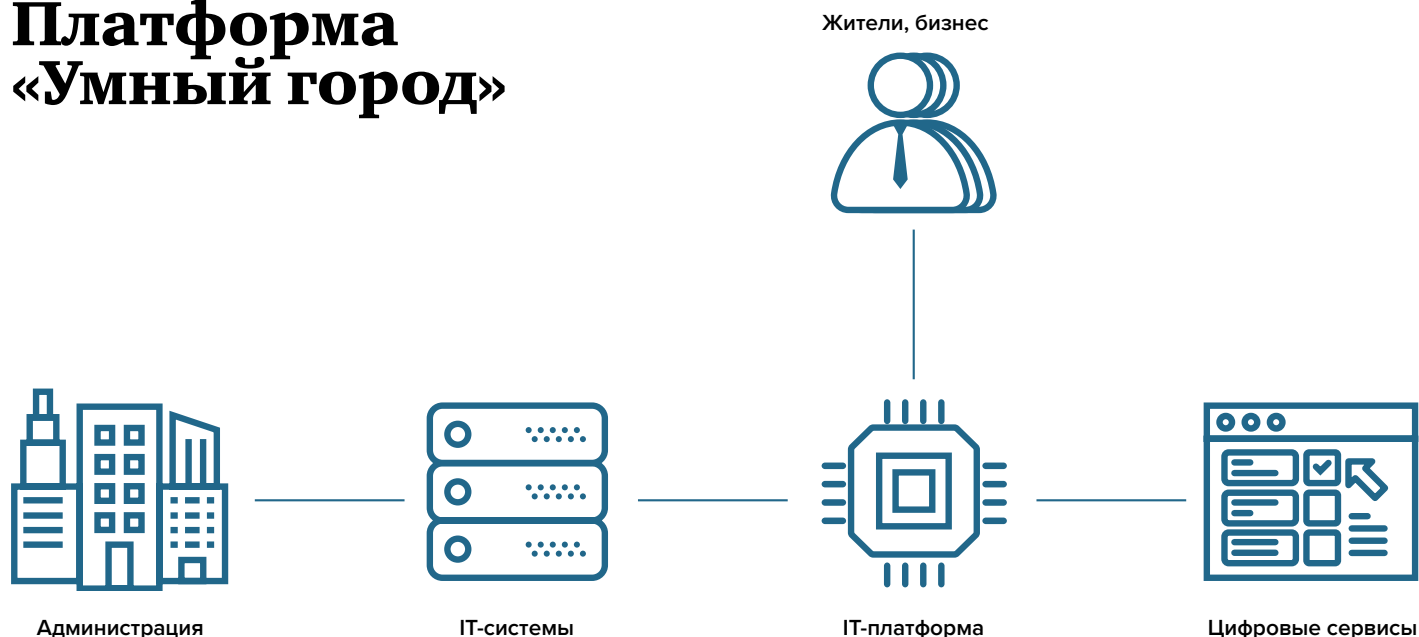
в 29 городах

Российской Федерации планируется развернуть платформу «Умный город» Росатома по итогам 2021 года

Достижения

В 2020 году проекты РИР «Умный Саров» и «Умный Железноводск» стали победителями конкурса «Лучшая муниципальная практика», который ежегодно проводит правительство РФ

Платформа «Умный город»



Городское управление

- Сервисы взаимодействия с гражданами
- Выборы
- Избирательные округа
- Служебный транспорт
- Модуль КУМИ

Городская инфраструктура и ЖКХ

- Территории обслуживания ЖКХ
- Информация из ГИС ЖКХ
- Базовые станции сотовой связи
- Телефонограммы
- Механизированные уборочные работы
- Управление городским освещением
- Точки сбора мусора
- Учет коммунальных ресурсов

Городские территории и общественный транспорт

- Общественный транспорт
- Разрешения на земляные работы
- Контроль земляных работ

Социально-культурная сфера

- Муниципальные учреждения
- Городские объекты истории, культуры и религии

Бизнес

- Аренда
- Оплата питания для учащихся школ
- Оплата услуг спортивных учреждений и центров досуга
- Туризм

Общественная безопасность

- Полицейские участки
- Видеонаблюдение
- Поиск автомобилей
- Пожарные гидранты
- Погодные условия
- Радиационная обстановка ГО и ЧС
- Получение архивной видеозаписи с камер города
- Видеоаналитика с распознаванием лиц
- Уровень воды в реке/озере/водохранилище
- Пешеходные переходы

Эффективность программы «Бережливый умный город»:

в **3,75** раза

с 30 до 8 дней сокращается средняя длительность принятия решения по обращениям граждан

до **6%**

электроэнергии позволяет экономить система онлайн-контроля и управления уличным освещением

в **10** раз

с 30 до 3 минут сокращается время оперативного реагирования ресурсоснабжающих организаций на нештатные ситуации



1 Возможность внедрения комплекса решений «Умный город» на базе использования текущей инфраструктуры без дополнительных капитальных вложений



2 Понимание потребностей городов и их жителей на основе опыта развития атомных городов



3 100% российская разработка, учитывающая требования к информационной безопасности и импортозамещению



4 Возможность адаптации решений под программные и аппаратные потребности заказчика



5 Интеграция различных информационных систем муниципалитета на базе интеграционной платформы



6 Использование и дальнейшее развитие точек роста территории (туризм, образование и пр.)

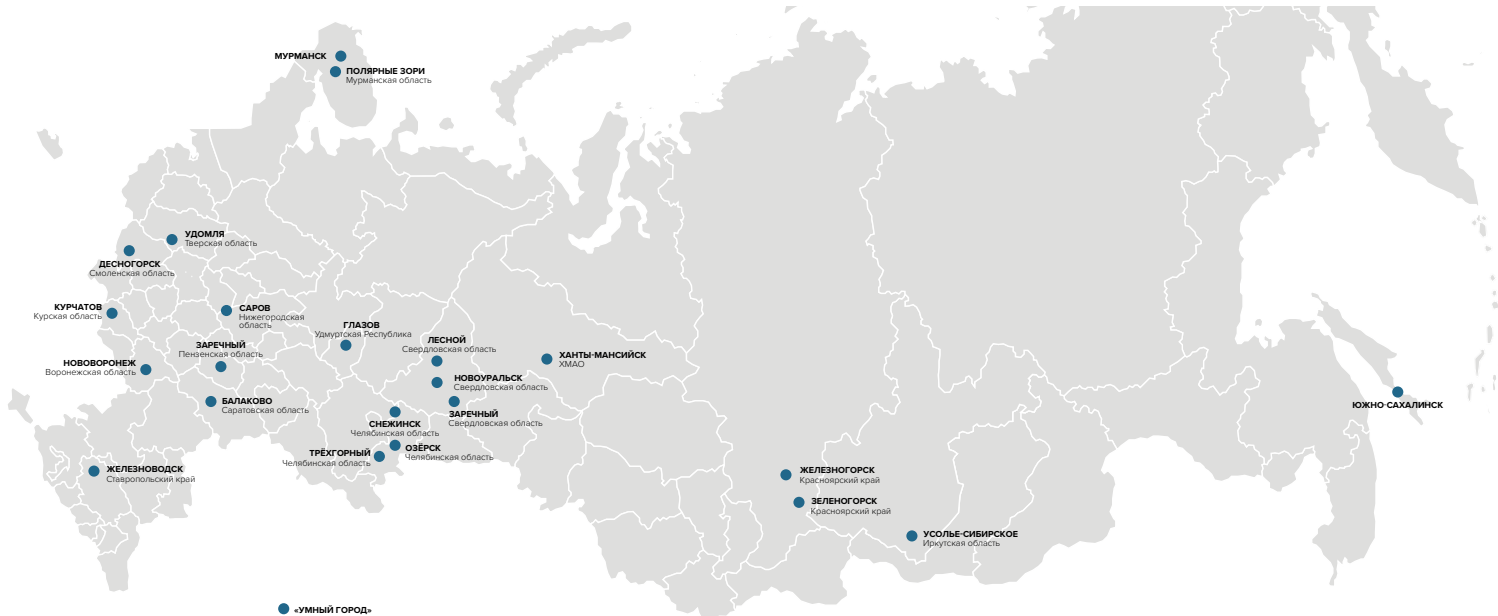
География деятельности

18 городов

используют умные цифровые сервисы

1 050 000

жителей вовлечены в улучшение городской среды



до **70%**

затрат на дорогах позволяет ликвидировать модуль онлайн-управления светофорными объектами

не менее **7%**

экономия городского бюджета в год (на примере проекта в Сарове)

до **40**

цифровых сервисов для жителей, муниципалитета и бизнеса включают «Умный Саров» и «Умный Железнодорожск»

Эволюция лидера

В апреле 2021 года на Управляющем совете ПСР будут утверждены требования к новому уровню развития бережливого предприятия Lean Smart Plant (Цифровое ПСР-предприятие), который объединит инструменты ПСР и технологии «Индустрии 4.0»

Ступени бережливости

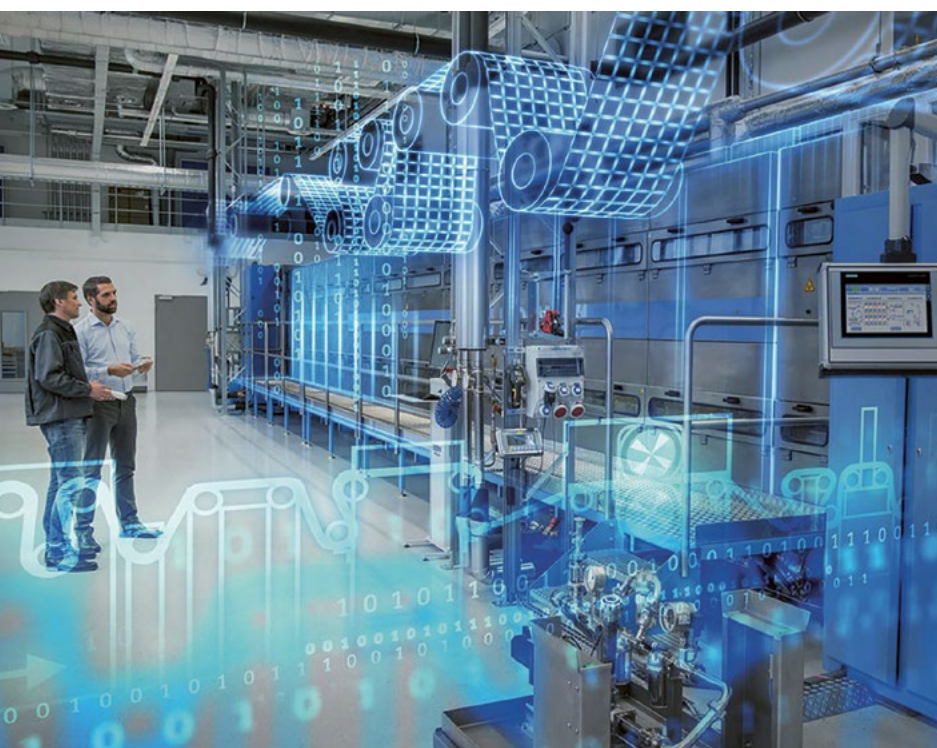
Базовая модель развития бережливых предприятий в Росатоме была сформирована еще в 2015 году, когда началось системное развертывание Производственной системы Росатома (ПСР). Тогда эта модель состояла из четырех ступеней. На первой находились предприятия с неразвитой производственной системой, на второй — достигшие ПСР-минимума и зачисленные в резерв. Системно выполняя требования базового уровня, можно перейти на третью ступень и стать ПСР-кандидатом. На четвертой ступени — лидеры ПСР. Основные критерии статуса: выполнение бизнес-показателей по снижению затрат, запасам и производительности труда, создание ПСР-образцов на уровне лучших мировых практик в области организации производства, реализация проекта по внедрению ПСР как минимум у одного поставщика и т. д.

Сотрудники предприятий-лидеров пользуются привилегиями, например ездят на российские и зарубежные заводы для обмена опытом, получают сертификаты на обучение в Академии Росатома.

Статус лидера ПСР присваивается предприятию на год, затем его нужно подтвердить. Сейчас в контур системного развития ПСР включены 36 предприятий, из них 33 — лидеры ПСР, они формируют более 80 % выручки в Росатоме.

В 2017 году ПСР-лидеры стали создавать ПСР-образцы в производстве на уровне лучших мировых практик — эталонные потоки и участки, где могут обучаться сотрудники других предприятий. Далее в течение 4 лет было создано более 100 ПСР-образцов в 19 типах производственных процессов. «Мы задумались: а куда наши лидеры должны двигаться дальше? Лучший способ сделать оптимизированные процессы еще эффективнее — цифровизация. Так появился новый уровень — Lean Smart Plant», — рассказывает директор проекта проектного офиса по программе развития производственных систем в отрасли Антон Широких.

Свои бережливые системы развивают и другие российские корпорации, однако до глубокой цифровизации процессов пока не дошел никто. А вот за рубежом примеры для подражания есть. «Мы на них и равняемся — в первую очередь на Boeing и Toyota. На Toyota оцифровано все производство. Везде применяют датчики, считыватели штрих-кодов и QR-кодов, электронные табло, на которые выводится информация о ходе производства, качестве продукции и состоянии оборудования: где наладка, где аварийный простой и т. д. Применяется система сценарного планирования производственной программы, моделирования технологических процессов, вся конструкторская работа идет в 3D в специализированных системах CAD и CAE. У Boeing цифровая система производственного планирования и контроля позволяет отследить статусы заказов и работу заводов в цепочках поставок по всему миру», — рассказывает Антон Широких.





Алексей Лихачев,
генеральный директор
госкорпорации «Росатом»:

«Одно из направлений, по которому я жду прорыва, — это цифровизация в ПСР. Росатом уже является лидером в области Lean, а теперь мы должны стать лидерами в теме «Lean Smart на 360 градусов» среди госкорпораций»



Сергей Обозов,
заместитель гендиректора
по развитию Производственной
системы госкорпорации
«Росатом»:

«„Lean Smart на 360 градусов“ — тема злободневная. Пришло время ускоренной цифровой трансформации. Нам надо оцифровать образцы в процессах обеспечения производства, сделать цифровые образцы в производстве, идти в цифровизацию потоков»

Lean Smart Plant — часть отраслевой стратегии «Lean Smart на 360 градусов», в рамках которой бережливые подходы и цифровизация внедряются не только на производствах и при сооружении АЭС, но также в государственном и муниципальном управлении, сфере социального обслуживания.

В цифровой волне

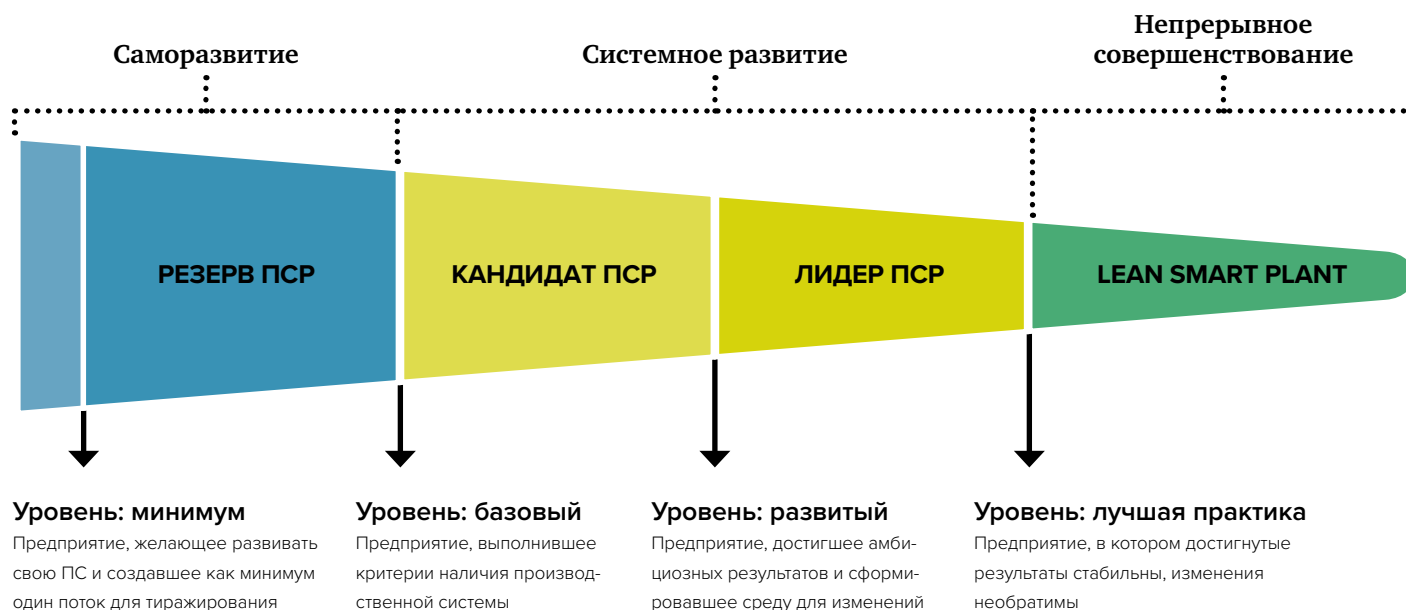
В 2019 году офис ПСР с департаментом информационных технологий и департаментом цифровой трансформации сформулировали общее направление развития Lean Smart Plant. Все процессы, которые планируется оптимизировать при помощи «цифры», разделили на четыре волны. В первую вошли самые важные для производства: производственное планирование и контроль, конструкторско-технологическая подготовка производства, контроль качества и управление лабораторными работами, техническое обслуживание и ремонт оборудования, материально-техническое обеспечение. «Результатом бережливой цифровизации должно стать сокращение времени протекания процессов и оборачиваемости запасов, повышение выхода в годное, производительности труда и эффективности

использования оборудования. Выход предприятий на уровень Lean Smart Plant — задача ближайших двух лет», — объясняет Антон Широких.

Вначале улучшениями в рамках Lean Smart Plant в Росатоме занялись Машиностроительный завод, Чепецкий механический завод, Ковровский механический завод, ОКБМ им. Африкантова, Центральное конструкторское бюро машиностроения и «ЗиО-Подольск». Были сформулированы критерии оценки зрелости процессов, над которыми предприятия планировали работать. Считается, что цифровизировать можно только те процессы, зрелость которых превышает 80 %, то есть они уже оптимизированы и интегрированы в процессную модель.

С 2021 года предприятия приступили к оцифровке процессов, в первую очередь к доработке информационных систем. «В ходе производственного планирования важно иметь возможность моделировать сценарии выполнения производственной программы

Модель развития бережливых предприятий Росатома



на основании фактов, собранных в режиме онлайн. В части конструкторско-технологической подготовки производства важным является моделирование технологического процесса до начала отработки технологии на опытных изделиях. Нужно обеспечить связь информационных систем и материальных потоков через считыватели штрихкодов и QR-кодов, машинное зрение. Производство должно получать обратную связь через информационные табло, инфокиоски и планшеты», — перечисляет Антон Широких. По итогам работы будет принято решение, какие процессы второй волны и на каких предприятиях запускать.

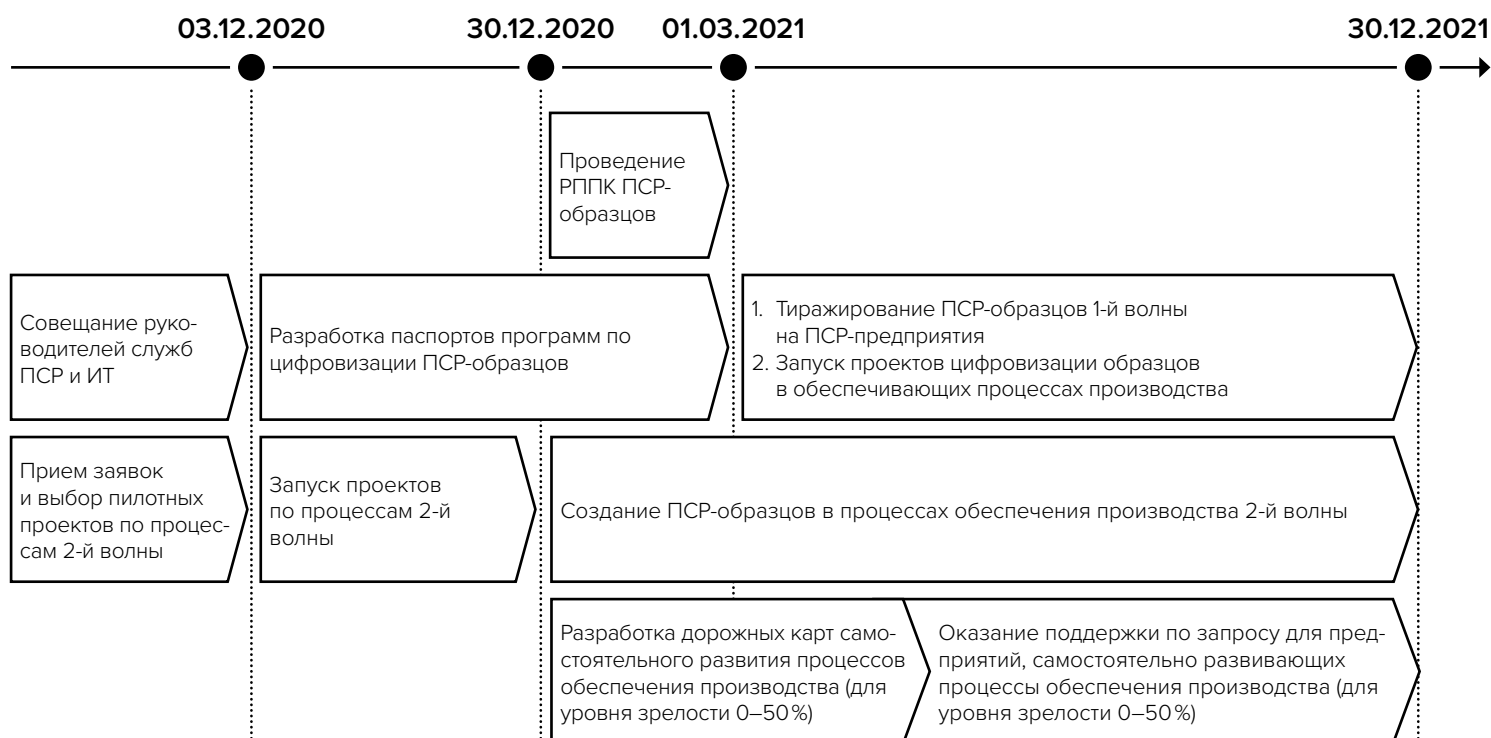
Исключить тяжелый труд

Перечень ключевых проектов Lean Smart Plant, запланированных к реализации на предприятиях Росатома в 2021 году, был представлен в декабре прошлого года на отраслевом совещании руководителями служб ПСП и ИТ. Там же было решено, что переход предприятий Росатома в статус Lean Smart Plant будет происходить в три этапа: оптимизация процессов, затем их автоматизация и, наконец, глубокая цифровизация — внедрение таких технологий, как цифровой двойник, искусственный интеллект, интернет вещей, суперкомпьютерный инжиниринг и пр. Конечная цель Lean Smart Plant — создание предприятия, конкурентоспособного на мировом рынке.

В рамках Lean Smart Plant предприятиями отрасли при поддержке проектного офиса ПСП, департамента информационных технологий и департамента цифровой трансформации разрабатывается дорожная карта создания цифровых ПСП-образцов на промышленных предприятиях атомной отрасли. К марту 2021 года развитием цифрового бережливого производства занималось уже 20 предприятий, входящих в контур Росатома.

Один из самых интересных образцов Lean Smart Plant планируется создать на «Петрозаводскмаше». Это будет комплексный образец, который соединит среднесрочное планирование модернизации мощностей и инвестиций, производственное планирование и контроль, а также конструкторскую и технологическую подготовку производства. «Все процессы оптимизируем и оцифровываем одновременно, используя цифровой двойник производства. В нем же проведем картирование, смоделируем оптимальные потоки. Фактически мы еще и оптимизируем собственную работу. Ведь одно дело, когда ты картируешь процессы на бумаге или при помощи элементарных офисных приложений, а совсем другое — когда обращаешься за помощью к специализированной информационной системе. Она поможет просчитать огромное количество вариантов оптимизации производства, а нам останется лишь выбрать

Дорожная карта создания цифровых ПСП-образцов в процессах обеспечения производства в рамках создания Lean Smart Plant на 2021 год



наилучшее решение, управляя критериями оптимизации», — объясняет Антон Широких. Затем этот образец будет тиражироваться на другие предприятия отрасли. Следующий этап — внедрение и обучение искусственного интеллекта, который будет анализировать данные информационной системы и выбирать оптимальное решение самостоятельно. Эта работа будет проводиться уже в рамках глубокой цифровизации.

В идеале необходимо создать полностью автономное производство, исключаящее тяжелый труд и пассивное наблюдение человека. «На такое производство человеку надо будет лишь завезти нужные материалы. Дальше с ними будут работать роботы, каракури, автоматическое оборудование, а на выходе мы получим готовое изделие. Думаю, со временем в автономном режиме получится изготавливать такие изделия, как корпус реактора. Если смотреть на производственный цикл, то уже сейчас от 20 до 70 % операций при изготовлении корпуса реактора выполняется без участия человека», — объясняет Антон Широких. — А вот автономное изготовление мелкосерийных, единичных изделий большой номенклатуры (10000 и более наименований), можно считать вызовом для автоматизированных цифровых производств. Для этого потребуется гибкость, которую пока обеспечить сложно».



Евгений Абакумов,
директор по ИТ Росатома:

«Под *Lean Smart Plant* мы понимаем предприятие, которое должно обеспечивать задачу по созданию продукции максимально быстро и при этом с минимальными затратами. Нам предстоит проделать огромную работу по разным направлениям — ПСР, цифровизация, стандартизация, методология в области управления производством. И все это должно быть синхронизировано на уровне отдельных цехов, участков, предприятий. И сейчас на самом старте особенно важно разработать форматы взаимодействия и убедиться, что мы одинаково видим конечную цель и участие в процессе каждого вовлеченного подразделения»

Переход на цифровое ПСР-предприятие (Lean Smart Plant): инструменты ПСР + технологии «Индустрии 4.0»

Этап 1

создание ПСР-предприятий

●
2015

- Выстраивание потоков
- Создание ПСР-образцов в производственных процессах
- Создание образцов в процессах обеспечения производства

Этап 2

малая цифровизация

●
2020

- Гибкие цифровые производственные ячейки, работающие по тянущей системе
- Система автоматизированного планирования
- Информационная система управления сборочной линией
- Система управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования

Этап 3

глубокая цифровизация

●
2025

- Цифровое проектирование
- Компьютерный и суперкомпьютерный инжиниринг
- Бионический (генеративный) дизайн
- Цифровые двойники
- Генерация «умных» больших данных
- Промышленные датчики и промышленный интернет
- Технологии виртуальной и дополненной реальности
- Экспертные системы и искусственный интеллект

●
2035

Lean Smart Plant: примеры успешного внедрения

Чем цифровизация помогает бережливости уже сейчас и какую работу отберут у человека цифровые инструменты в будущем



Илья Нетронин, заместитель гендиректора по операционной эффективности АО «ОКБМ Африкантов»:

В 2020 году в ОКБМ завершено создание двух ПСР-образцов, соответствующих критериям Lean Smart Plant: материально-техническое обеспечение (МТО) и конструкторско-технологическая подготовка производства (КТПП). Оптимизацией этих важнейших процессов мы занимаемся более 10 лет, успешно применяя в них информационные технологии и отдельные инструменты цифровизации.

Чего мы достигли к сегодняшнему дню? Разработка конструкторской документации осуществляется в формате 3D, обеспечивая возможность использования создаваемых 3D-моделей на всех этапах жизненного цикла наших изделий. В рамках КТПП согласование конструкторской и технологической документации происходит исключительно в электронном виде, участники процесса работают с электронными подлинниками технологической документации, пилотные участки производственных подразделений перешли на безбумажную технологию работы. В цехах мы установили информационные киоски, которые позволяют рабочим и мастерам получать доступ к конструкторской и технологической документации, включая 3D-модели изделий и 3D-технологические процессы. Это не только сокращает время протекания процесса, но и обеспечивает высокое качество изготавливаемой продукции, а также повышает прозрачность выполняемых операций. При этом все участники процесса, начиная от конструктора и заканчивая службой снабжения, работают в едином информационном пространстве.

В рамках усовершенствования процесса МТО мы обеспечили формирование и отслеживание в электронном виде графика обеспечения производства материалами, синхронизированного с графиком запуска изделий в производство. Важное достижение — использование системы, которая называется «светофор». В атомной отрасли зачастую используются особые материалы, которые поставщики не всегда могут поставить точно вовремя. Поэтому конструктор, выбирая материал для своего изделия, видит базу доступных материалов в режиме «светофора» — напротив каждого стоит специальная цветная метка. Если она зеленого цвета, то материал можно заказать без проблем, а значит — сократить цикл подготовки производства. Желтый цвет означает, что вероятны проблемы с заказом такого материала — например, долгий цикл изготовления поставщиком. Красный цвет сигнализирует о том, что материал купить практически невозможно и его следует выбирать только в том случае, если нет альтернативы. В ОКБМ активно используется система штрихкодирования, чтобы быстро идентифицировать материалы и выполняемые операции — вначале на складе, а потом на производстве. Штрихкод позволяет кладовщику получить всю необходимую информацию: что это за материал, по каким документам и под какой заказ он поступил, сколько его в наличии и в резерве.

Важнейший эффект работы созданных образцов — сокращение времени протекания процесса. Например, время разработки технологической документации на перегрузочную машину сократилось на 28 %, время от подачи заявок на перемещение с центрального склада в производство до ее выполнения сократилось на 12 %, время согласования различной документации при подготовке производства сократилось в 2–3 раза.

Цели 2020 года по развитию образцов МТО и КТПП достигнуты, но работа в этих направлениях будет продолжена — у нас еще есть резервы, которые могут быть использованы за счет применения цифровизации.

В 2021 году у нас должен появиться новый образец Lean Smart Plant для процесса «Техническое обслуживание и ремонт оборудования». У нас уже имеется неплохой задел в этом направлении, осталось применить инструменты мониторинга состояния наших станков, обеспечить использование аналитических инструментов. Результатом создания нового

ПСР-образца станет сокращение времени простоя производственного оборудования.

Один из ключевых факторов достижения стратегических бизнес-целей предприятия на горизонте до 2030 года — цифровизация ключевых процессов. Мы уже начали тестировать и использовать новые цифровые технологии и инструменты. Например, применяем элементы машинного зрения при входном контроле приобретаемых материалов, используем программных роботов при проведении закупочных процедур и в работе с поставщиками, расширяем использование аддитивных технологий в производственных процессах, работаем с поставщиками решений в области дополненной и виртуальной реальности.

Бояться того, что цифровые инструменты отберут всю работу у человека, не стоит. Ведь даже искусственный интеллект необходимо будет обучать, и здесь у наших инженеров, конструкторов, технологов и рабочих останется обширное поле деятельности. Просто их работа станет более творческой и экспертной.



Григорий Удод, начальник отдела планирования, исследований и контроля производства Чепецкого механического завода:

С 2020 года в цехе трубного проката ЧМЗ развиваются два образца в рамках стратегии Lean Smart Plant. Первый — «Техническое обслуживание и ремонт оборудования (ТОиР)», второй — «Планирование производства».

За предыдущий период мы хорошо поработали над образцом ТОиР, все — планирование и контроль обслуживания, ремонт оборудования — происходит в одной операционной системе. Появилось много интересных аналитических решений. Например, для повышения точности планирования ремонтов, увеличения межремонтного интервала организованы сбор и обработка информации о применении комплектующих материалов за счет использования вибродиагностических комплексов на прокатных

станах. Определение состояния конструктивно сложных узлов критического оборудования происходит в режиме реального времени. По показаниям приборов можно судить о степени износа узла и необходимости его ремонта или замены.

Еще одно интересное системное решение — оповещение руководителей о неисправности ключевого оборудования по цепочке помощи через SMS. В случае поломки станка оператор, пользуясь специальной функцией в MES-системе, отправляет сообщение ремонтной службе. Если за отведенное время сервисные службы не приступают к ремонту, то сообщение о неисправности автоматически пересылается руководителю ремонтной бригады, а через пару часов информация о простое важного для потока оборудования может дойти и до генерального директора предприятия. Понятно, что такая перспектива никого не вдохновляет, поэтому ремонт станков стартует незамедлительно.

В рамках развития второго образца — «Планирование производства» — мы совершенствуем долгосрочное, среднесрочное и оперативное планирование производства, выравниваем загрузку оборудования, сокращаем запасы и обеспечиваем поставку продукции точно в срок.

По итогам года время перепланировки — от корректировки заявки потребителя до выпуска измененной программы производства — сократилось в 2 раза, НЗП уменьшилось более чем на 41 тонну. Влияние проекта на бизнес-цель «Запасы» составило порядка 60 млн руб.

В 2021 году будем тиражировать работу обоих образцов в другие цехи и запустим третий образец Lean Smart Plant — «Контроль качества и управление лабораторными работами». Речь идет о совершенствовании лабораторных процессов, обслуживании лабораторного оборудования, онлайн-наблюдении за процессом и результатом исследований, автоматическом формировании отчетов. В рамках развития данного образца проработаем тему с внедрением в производство роботов-доставщиков. Эта тема, несмотря на свою простоту и очевидность, влечет за собой создание целой информационной и логистической инфраструктуры. Цель — снижение времени ожидания лабораторных исследований.

Сейчас перед нашей командой стоит задача разработки стратегии развития Lean Smart на ЧМЗ до 2030 года. В будущем мы обязаны всю физическую работу на производстве передать автоматическим системам и роботам, а потенциал человека сконцентрировать на интеллектуальном труде. Считаю, что участки, где люди работают в тяжелых условиях, необходимо автоматизировать и механизировать в первую очередь. Пока этого не произошло, мы постараемся облегчить работу людей настолько, насколько это возможно. Например, использовать экзоскелеты, снижающие нагрузку при физической работе. Как раз в ближайшие дни мы проводим первые испытания.

Текст: Антон Подковенко
Фото: Пресс-служба АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»

Токамак ТСП

Управляемая энергия

Технологии настоящего и будущего в Троицком институте инновационных и термоядерных исследований

Плазменный ускоритель, токамак, рентгеновский микроскоп, лазеры — в ТРИНИТИ занимаются не только фундаментальной, но и прикладной наукой. Это технологии будущего, которые нужны уже сегодня для выполнения самых амбициозных планов, таких как создание первого в России термоядерного реактора.

Больше токамаков

Сегодня в АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» работает один из действующих в России токамаков — Т-11М. На нем ставят эксперименты по диагностике плазмы, ее нагреву, разрабатывают методы защиты стенок токамака от температур в миллионы градусов. «У этой задачи мировой приоритет, — уверен генеральный директор ТРИНИТИ Дмитрий Марков. — Над международным проектом по созданию термоядерного реактора ИТЭР во Франции работают ученые из 35 стран. В проекте ИТЭР нет технологии жидкометаллической защиты первой стенки, а мы на своем токамаке хотим такую технологию отработать, так как считаем, что она наиболее перспективна и позволит организовать квазистационарный режим такого рода установок в перспективе».

В рамках комплексной программы развития техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии (РПТН) в ТРИНИТИ построят новый токамак. Конструкция установки будет предусматривать элементы гибридных систем. «Одна из них работает как синтез, и тем самым мы получаем нейтроны, которые уже бомбардируют отдельную, так называемую бланкетную систему, где находится делящийся материал, который дальше работает, условно, как атомный реактор», — объясняет заместитель генерального директора по реализации комплексной программы развития атомной науки, техники и технологий ТРИНИТИ Кирилл Ильин. Установка будет создаваться на базе токамака с сильным полем (ТСП). Сам токамак ТСП реконструироваться не будет, его заменят на новый, пока он называется «Тест-объект». Однако перед этим необходимо реконструировать инфраструктуру — систему подачи топлива, ударные генераторы и другое оборудование. «Надеемся решить эту задачу — создание и запуск нового токамака — к 2030 году. В перспективе создание нового токамака приведет к созданию и запуску в России термоядерного реактора будущего», — рассказывает Дмитрий Марков.



В институте будут проводить исследования методов нагрева и удержания плазмы, изучать ее поведение в условиях близких к «зажиганию» или началу термоядерного синтеза. Как создать условия, при которых возможно начало реакции термоядерного синтеза, — задача, над которой работают ученые по всему миру. Российские специалисты предлагают вариант лазерного зажигания плазменной капли. Исследованиями в этом направлении занимаются во ВНИИЭФ в Сарове и Институте прикладной физики в Нижнем Новгороде. В ТРИНИТИ помогают с созданием отдельных блоков. «Мы делаем один из элементов. Это будет новая установка, превышающая на несколько порядков существующие световые системы для разработки лазерного термоядерного синтеза», — уточняет Кирилл Ильин.

Броня для твэлов

В ТРИНИТИ также широко используются технологии, позволяющие увеличить прочность элементов топливных сборок для атомных электростанций, сделать их более износостойкими к воздействию радиации и высоких температур. Тепловыделяющий элемент помещается в вакуумную камеру с магнитной системой и высоковольтным источником, где его оболочку очищают до полной стерильности с помощью так называемого аномального тлеющего разряда, а затем наносят защитный слой. Устойчивость к коррозии оболочкам твэлов обеспечивают сплавы на основе хрома с добавлением иттрия или алюминия. Их наносят с помощью магнетронного распыления, это тоже плазменная технология. «Под воздействием электрического поля атом распадается на положительно заряженный ион и отрицательно заряженные электроны, образуется плазма. Это похоже на бильярд. Тяжелый ион выбивает атомы-мишени, которые в результате, приземляясь на твэл, формируют пленку», — объясняет младший научный сотрудник отделения физики токамаков-реакторов ТРИНИТИ Маргарита Каландия. Тепловыделяющие элементы с укрепленными таким образом оболочками служат дополнительной гарантией безаварийной эксплуатации АЭС.

Рентгеновский микроскоп

В другой разработке троичских ученых — рентгеновской установке — безопасно даже само излучение. Рентгеновский аппарат с высочайшим разрешением в 1–2 микрона позволяет исследовать даже плотные клеточные ткани, при этом излучение микроскопа совершенно безопасно для органики. Аппарат позволяет детально рассмотреть структуру изучаемого объекта. «Ключевой особенностью является простота работы с аппаратом, — считает младший научный сотрудник отделения физики токонесущей плазмы ТРИНИТИ Александр Шишлов. — Нужно лишь загрузить объект, подойти к компьютеру, нажать в программе кнопку «Старт», и на экране появляется изображение в рентгеновских лучах. Объект может иметь миллиметровые размеры в отличие от классических рентгеновских аппаратов, которые работают с тонкими срезами. При этом суммарная доза излучения такова, что объект остается жив после проведенного эксперимента». Подобные разработки в биоинженерии позволяют

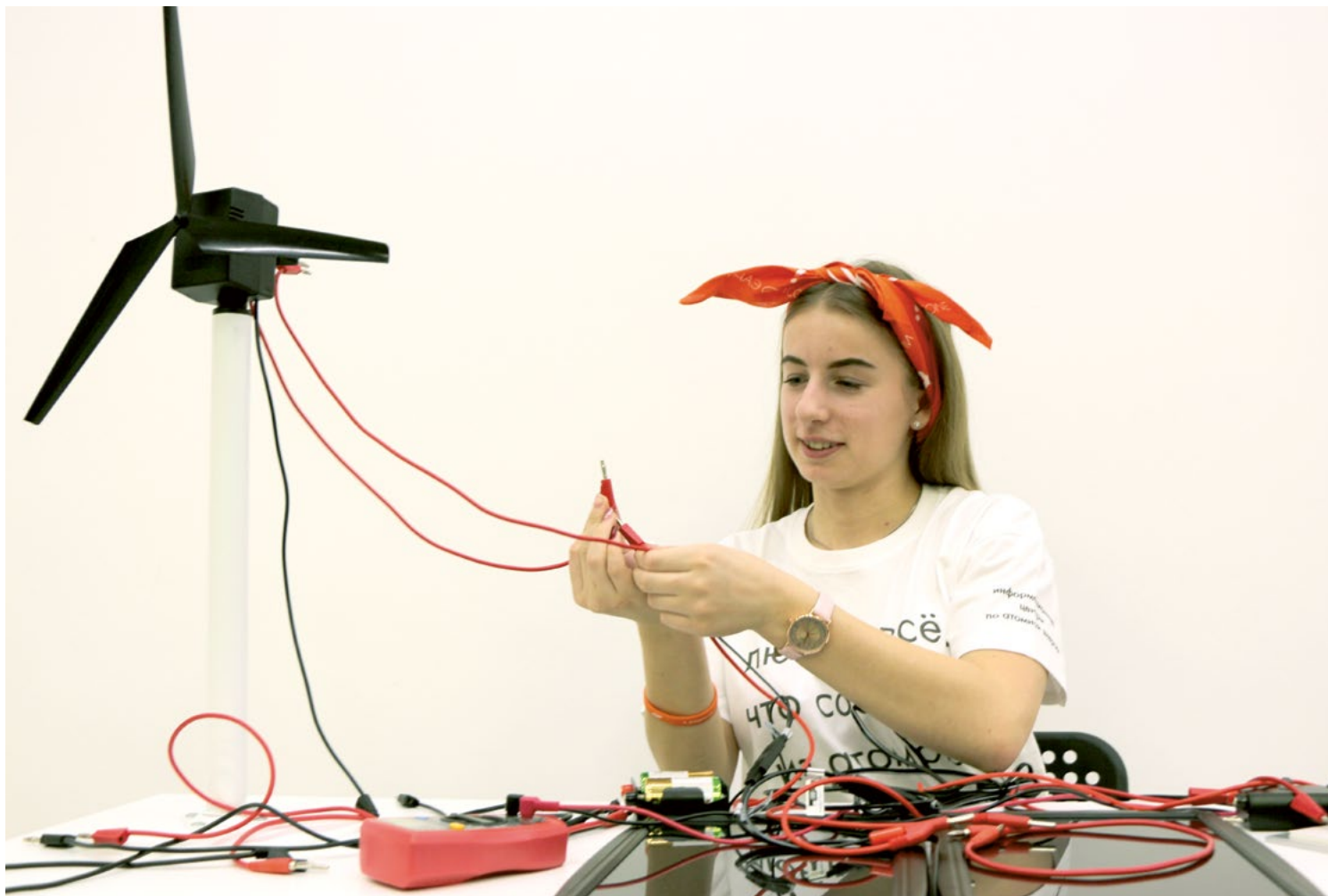
выращивать искусственные ткани, в том числе для технологии 3D-печати органов. Заместитель генерального директора по международной и коммерческой деятельности ТРИНИТИ Азамат Беданов высоко оценивает преимущество этой разработки: «Аппарат компактный, удобный и выигрывает у зарубежных аналогов по соотношению цена-качество. Ближайший наш конкурент на несколько десятков миллионов рублей дороже, не все аналоги позволяют работать с живыми объектами, есть запрос от биологов, физиологов модифицировать этот аппарат до возможности работать в 3D. Наша технология позволяет это сделать». Данные о клеточном строении, полученные при помощи разработанного в ТРИНИТИ микроскопа, можно будет использовать в медицине и фармацевтике.

Лазером по айсбергу

Созданный в Троицке Мобильный лазерный технологический комплекс (МЛТК) помогает спасателям при тушении пожаров на нефтяных и газовых месторождениях. Установка срезает расплавившиеся металлоконструкции, что позволяет подвести технику к жерлу скважины и наложить так называемый «пластырь». Модуль по меркам отрасли небольшой, его можно перевезти самолетом, поездом и грузовиком. «Мы отработали модуль на 4–5 авариях и в зимний, и в летний периоды, — рассказывает директор отделения инновационных и перспективных исследований ТРИНИТИ Александр Красюков. — Есть задачи, которые кажутся фантастическими, например, изменение курса айсберга, дрейфующего на буровую платформу. С помощью нашей установки мы можем резать льды, как раскаленный нож режет масло». Главной перспективной задачей разработчики считают применение лазера для разделения на части выведенных из эксплуатации ядерных реакторов. Эксперименты показывают, что установка прорезает сталь толщиной до полуметра. Разделять корпус реактора будет специальный робот, оснащенный лазером и «умной» рукой. С ювелирной точностью по заданным координатам робот будет разрезать отработавшее оборудование. «Мы планируем к 2024 году вывести этот комплекс на эксплуатационный режим на Нововоронежской АЭС, — уточняет Азамат Беданов. — Дальше эта технология экстраполируется на реакторы РБМК».



Здесь можно посмотреть полную версию программы «Горизонты атома»



«Из любви к себе и миру»

Как в ИЦАЭ делятся эколайфхаками, сравнивают источники энергии и рассказывают о безуглеродном будущем

Осознанное потребление — современный общемировой тренд, и переход к безуглеродной энергетике логично вписывается и в идею рационального отношения к невозобновляемым ресурсам, и в стратегию сохранения экологического равновесия. Но все глобальные изменения начинаются с маленьких шагов и поступков отдельных людей. В сети Информационных центров по атомной энергии (ИЦАЭ) экоповестка начинается именно с простых историй и действий, доступных каждому.

Шаг 1. Эколайфхаки: информация + личный пример

Правила осознанного потребления подразумевают, что человек начинает ответственно относиться и к покупкам, и к использованию вещей.

Вот некоторые из них:

1. Замена одноразовых предметов многоразовыми и вторичное использование.
2. Экономия ресурсов — от воды и электричества до покупки только необходимых вещей.
3. Сортировка отходов и вторсырья.

Таких правил достаточно много, и в различных источниках можно найти обширные списки для тех, кто хочет более бережно относиться к окружающей среде, но главный секрет успеха по их внедрению — это грамотный подход к процессу.

«Переходить к осознанному потреблению нужно постепенно и обязательно из любви к себе и к окружающему миру, — уверена менеджер по развитию

ИЦАЭ Челябинска Соня Давыдова. — Все сразу сделать не получится, быть идеальным невозможно. Мои первые шаги к раздельному сбору заключались в том, чтобы выбрасывать пластик в специально отведенный для него контейнер у дома. Потом процесс сортировки захватил меня, и, углубившись в него, я узнала, что один только пластик нужно рассортировывать более чем на 10 типов в зависимости от маркировки. Это на самом деле не так страшно на практике, как звучит в теории. У меня дома и на работе сейчас стоят самодельные «контейнеры» для сортировки разных видов вторсырья (пластик, бумага, жест, стекло), и, когда накапливается заметное количество, я сдаю его в местную компанию, которая занимается переработкой».

Поэтому главная задача ИЦАЭ при знакомстве посетителей с правилами осознанного потребления — это информирование в сочетании с личным примером и увлеченностью.

Шаг 2. Экоуроки: обучаем, удивляя

Уже в 20 регионах присутствия сети ИЦАЭ проводятся экоуроки, квесты с экологической направленностью и мастер-классы. Особенно активно это направление разрабатывается в Информационных центрах по атомной энергии Кирова и Ижевска.

Начинаются объяснения с самых простых вещей. Почему неправильно говорить: защищаем экологию? Как сдача батареек на переработку помогает ежикам и зайцам? Сколько мусора производит каждый россиянин за год и как можно уменьшить это количество? Обсуждение вопросов такого рода с применением игровых форматов и эмоциональное вовлечение помогают лучше усвоить материал, а обращение к примерам из повседневной жизни школьников помогает им понять, как они лично могут помочь сохранить окружающую среду и сделать планету немного чище.

«Наша задача на первом этапе — удивить и озадачить. Дети узнают, что из использованного пластика можно делать не только новые пластиковые бутылки, но и тротуарную плитку, и даже одежду и что в России более 1000 предприятий занимаются переработкой вторсырья», — комментирует менеджер по развитию ИЦАЭ Ижевска Дарья Галкина.

Среди взрослых начинает набирать популярность тема вермикомпостеров, и эксперты ИЦАЭ рассказывают школьникам и их родителям о владимирских старателях — специально выведенных червях, которые перерабатывают органические вещества в биогумус внутри домашней вермифермы. По оценкам экспертов, владимирские старатели, по сравнению со схожими калифорнийскими червями, более выносливы и быстро адаптируются к различным климатическим условиям, а также неприхотливы к корму. Настоящие русские универсалы!

Но забота об окружающей среде не сводится к переработке органического и искусственного сырья. Эта тема гораздо шире, и одно из ее



Соня Давыдова, менеджер по развитию ИЦАЭ Челябинска:

Важно практиковать экологичное отношение не только к миру, к себе, но и к окружающим. Если вы соблюдаете принципы осознанного потребления, это не значит, что все должны делать то же самое. Главное начать с себя, а остальные, если захотят, тоже подтянутся.

направлений — использование атомной энергии. На занятиях порой приходится развеивать мифы и ошибочные представления.

«Рассказывая об АЭС, мы всегда задаем вопрос о том, что это за широкие трубы около зданий станции. И школьники в большинстве случаев отвечают, что, наверное, они используются для выхода дыма. После наших объяснений об устройстве градирен и о том, что из них идет чистый водяной пар, мы предлагаем ребятам, которые уже начали изучать физику, объяснить, какие физические законы можно найти в градирне. И тогда они начинают понимать, что от теоретических знаний тоже есть польза. В профильных классах иногда просим посчитать, сколько выбросов CO₂ в год предотвращает наша Нововоронежская АЭС, ведь атомная энергетика — безуглеродная», — поясняет Никита Перфильев, менеджер по развитию ИЦАЭ Воронежа.

Несколько лет назад в сети ИЦАЭ разработали курс «Источники энергии». В наборе есть и небольшая солнечная панель, и макет ветрогенератора, и элемент Пельтье, и набор электрических лампочек разного типа, и мультиметры. «С помощью этого набора можно и провести полноценный курс из четырех занятий, завершением которого станет командная экономическая игра, и использовать отдельные элементы на массовых мероприятиях», — поясняет один из авторов курса Андрей Акатов, старший преподаватель кафедры радиохимии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

А если ИЦАЭ работает на городском празднике, то и взрослые, и дети с удовольствием вырабатывают электричество, приложив ладонь к панели на элементе Пельтье, собирают «батарейки» из лимонов, огурцов



и картошки, крутят макет ветряка и экспериментируют с солнечной панелью.

Такие уроки набирают популярность, и педагоги все чаще приглашают сотрудников ИЦАЭ в школы, а на любом городском празднике вокруг площадки ИЦАЭ собирается плотное кольцо любителей науки и технологий.

Шаг 3. Мы из будущего

С детьми встретиться несложно — школы заинтересованы в сотрудничестве с организациями, занимающимися просветительской работой. А где и как обсудить эту важную тему со взрослыми? О безуглеродной энергетике и осознанном потреблении можно говорить на научно-популярных ток-шоу, которые проводятся в вечернее время и на неформальных площадках — в кафе, музеях современного искусства, библиотеках

и на выставках. А можно обсудить важные темы в онлайн-формате.

Основной принцип тот же: рассказывать об известных вещах с неожиданной стороны. Например, инженер НИИ «Графит» Сакина Зейналова объясняет, почему все ополчились на пластиковые трубочки: «Они не самый необходимый предмет, а пластик, который используется при их изготовлении, разлагается более ста лет. В год выбрасывают 275 миллионов тонн пластика, и примерно 8 миллионов тонн попадают в океан». И выход из этой ситуации — осознанное потребление: переход на многоразовые предметы, повторное использование пластика, выбор упаковки, которую можно переработать, сортировка пластика или использование альтернативных материалов.

«В 2020 году в журнале Nature вышла статья о том, что японские ученые получили ПЭТ-гидролазу, способную разлагать ПЭТ на 90 % всего за 10 часов. Существуют также данные, что гусеницы восковой моли и даже мучные черви научились встраивать пластик в свой метаболизм, но человечество не может полагаться на крохотных существ и бактерии. Мы сами должны заботиться о себе», — убеждена Сакина.

Безуглеродная энергетика напрямую связана с энергоэффективностью и использованием нейросетей и искусственного интеллекта. Умный дом и умный город способны обеспечить экономию электроэнергии и тепловых ресурсов. Сергей Гужов, кандидат технических наук, директор центра «Энергоменеджмент и энергосберегающие технологии» в Московском энергетическом институте, рассказывает, что автоматизированный индивидуальный тепловой пункт, например, позволит брать ровно столько энергии, сколько нужно для поддержания комфортной температуры в квартире в зависимости от погоды и даже расположения квартиры — в угловых всегда холоднее. А систему освещения дворов, по мнению Сергея Гужова, можно совместить с Wi-Fi для жильцов и гостей, системой видеонаблюдения, информированием о ГО и ЧС, погоде, расписании транспорта, трафике движения и пробках, рекламных акциях в близлежащих магазинах, мини-метеостанцией, которая будет определять температуру воздуха, силу и направление ветра. «Вы выходите из подъезда, а стенд вас предупреждает, что сегодня будет дождь и необходимо взять зонт. В мусорных контейнерах можно установить датчики наполняемости отходами, чтобы забирать их по необходимости. И все эти решения — дело ближайшего будущего», — уверен спикер.

С другой стороны, для эффективной работы искусственного интеллекта и нейросетей необходимо значительное количество энергии. «Вы на обучение нейронных сетей будете тратить не меньше электроэнергии, чем на движение самого автомобиля», — отмечает Алексей Егоров, инженер Института интеллектуальных кибернетических систем, член бюро Совета молодых ученых и специалистов МИФИ, член президиума Российского союза студенческих организаций. По словам эксперта, один час обучения нейросети по энергозатратам эквивалентен энергии, которая

за час сможет обеспечить 18 автомобилей, передвигающихся по городу.

И в этой ситуации становится очевидным, что АЭС — неотъемлемая часть безуглеродной энергетики. Главный специалист производственно-технического отдела управления капитального строительства Балтийской АЭС Антон Петров подчеркивает, что уже сейчас российские атомные электростанции обеспечивают примерно 20% от энергетических потребностей страны. «АЭС не только мощный базовый источник электроэнергии; их использование помогает решать проблемы глобального потепления, уменьшая углеродный след. И при переходе на электротранспорт потребность в атомных электростанциях только возрастет», — считает эксперт.

Урбанист из Калининграда Свят Мурунов прогнозирует изменения в городской инфраструктуре, которые вызовет возможный переход на электротранспорт. Использование электромобилей, несомненно, сделает воздух в городе чище, но этим изменения не ограничатся. «Сеть безлюдных терминалов зарядки станет таким же неотъемлемым элементом микрорайона, как детский садик или магазин у дома. А как разрешится социальное расслоение на владельцев бензиновых авто и продвинутых пользователей электрокаров? Электрокар больше, чем девайс, это смена уклада», — уверен эксперт.

Вот так разговор от обсуждения одной конкретной технологии может сместиться в область социальных, философских и этических проблем. Если сейчас в России осознанное потребление и сортировка вторсырья, скорее, экзотическое занятие, да и электромобили достаточно редко можно встретить на наших дорогах, то кто может предсказать, что ожидает нас через 20–30 лет. Возможно, на балконах в теплое время года можно будет выращивать экологически чистую зелень, а все юридические споры начнут решать нейросети с соответствующей квалификацией. А может быть, эти прогнозы так и останутся фантазиями.

Но в любом случае любое изменение начинается с изменения себя и своих привычек. И сотрудники ИЦАЭ показывают посетителям любого возраста, начиная от дошкольников и заканчивая зрелыми людьми, что это совсем не сложно.

Шаг 4. «Все свое ношу с собой»

Сувенирная продукция ИЦАЭ — простые, но очень нужные вещи. И все они многоразовые, потому что любые призывы должны подкрепляться действиями и личным примером.

- 1. Маски.** Пандемия внесла изменения во все сферы жизни, включая быт, и теперь маски стали повседневным аксессуаром. Маски от ИЦАЭ делают их обладателя заметным в любой ситуации, ведь они ярко-оранжевые. А еще их легко стирать!
- 2. Кружки и термкружки.** Спикер ИЦАЭ Дмитрий Эпштейн из Новосибирска не расстается с оранжевой термкружкой даже в командировках — он предпочитает чай или кофе навынос. «Термкружка



Андрей Акатов, старший преподаватель кафедры радиохимии СПбГТИ (ТУ), один из авторов курса «Источники энергии» ИЦАЭ:

На каждом занятии курса «Источники энергии» школьники, разделившись на микрогруппы, проводят эксперименты и лабораторные работы по возобновляемым источникам энергии и способам получения электричества, разбирают их плюсы, минусы и ограничения технологии. А на последнем занятии каждая микрогруппа получает задание обеспечить электроэнергией один из российских или зарубежных регионов с помощью изученных способов. При этом ребята должны учесть и местоположение региона, и климатические условия, и ряд других факторов, чтобы предложить оптимальный с точки зрения логистики и экономической выгоды вариант.

не занимает много места, она очень приятная на ощупь и хорошо держит тепло. В местных кофейнях меня уже узнают и даже не спрашивают, в одноразовом ли мне стаканчике. Отдельно хочу отметить форму — термкружку удобно держать в руках. В Институте теоретической и прикладной механики СО РАН я работаю в лаборатории, в которой занимаются исследованием обтекания объектов разной формы, в том числе и космических кораблей, на которых космонавты возвращаются на Землю. И потому мне очень нравятся формы, которые сочетают в себе не только эстетичность, но и функциональность. И еще это мой вклад в уменьшение количества мусора на планете», — рассказывает Дмитрий.

- 3. Авоськи.** Не зря говорят, что новое — это хорошо забытое старое. Авоськи снова стали модным и востребованным аксессуаром, и мы не остались в стороне.
- 4. Обложки на паспорта и тревел-кейсы.** Удобные и прочные обложки для документов сделаны из тайвека — материала, получаемого путем вторичной переработки пластика. Из него же изготовлены и поясные сумки, снова вошедшие в моду.

Все эти вещи могут бесплатно получить посетители мероприятий ИЦАЭ — выиграть в конкурсе или приобрести в качестве подарка за лучший вопрос спикеру на научно-популярном ток-шоу. Но самое главное, что каждый наш посетитель уносит с собой, — это ощущение, что сделать мир немного лучше вполне по силам каждому.

Текст: Валерий Бычков, Владимир Кучинов, Антон Хлопков
Фото: МАГАТЭ

Инспекционная деятельность
на АЭС «Дукованы» в Чехии



Гарантии для мирного атома

Роль гарантий МАГАТЭ в обеспечении мирного использования ядерной энергии

Дальнейшее развитие мирного использования ядерной энергии требует эффективного, технически обоснованного и непредвзятого функционирования системы гарантий МАГАТЭ. Эта система должна обеспечивать уверенность в том, что государства выполняют закрепленные в международных договорах и соглашениях обязательства по использованию ядерных материалов и технологий только в мирных целях. Россия как ведущий экспортер таких материалов и технологий в этом глубоко заинтересована. В этой связи весьма важным является активное участие России в дальнейшем развитии как самой системы гарантий МАГАТЭ, так и программы технической поддержки гарантий.

Перспективы мирного атома

Сегодня имеются различные оценки перспектив развития мирного использования ядерной энергии как в России, так и за рубежом. При этом речь идет не только об энергетике, но и об использовании ядерных технологий в медицине, науке, промышленности, сельском хозяйстве. Согласно МАГАТЭ, такое их использование прямым образом содействует решению 9 из 17 задач устойчивого развития, сформулированных ООН в 2015 году в повестке для устойчивого развития до 2030 года. Прежде всего, это задачи, связанные с сохранением климата, обеспечением доступной и чистой энергией, здоровьем и благополучием человека.

Исходя из этого, в перспективе можно ожидать роста масштабов мирного использования ядерной энергии как в энергетическом, так и в неэнергетических секторах. Для этого будут строиться новые атомные электростанции, в том числе на основе малых модульных реакторов, исследовательские ядерные реакторы и ускорители для производства радиоизотопов. Потребуется дальнейшее развитие атомной промышленности, обеспечивающей ядерный топливный цикл этих реакторов, включая обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. Сегодня в этом контексте специалисты говорят о двухкомпонентной ядерной энергетике, состоящей из реакторов на тепловых и быстрых нейтронах.

Система гарантий МАГАТЭ

Вместе с тем ядерные технологии остаются источником потенциальной опасности. Свидетельства тому — аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд», Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-Дайичи», а также радиологический инцидент в Гоянии (Бразилия). Общественность беспокоит и то, что распространение ядерных технологий может создавать возможную угрозу распространения ядерного оружия. На снижение этой потенциальной опасности направлен международный режим нераспространения ядерного оружия, который является одним из важнейших инструментов обеспечения безопасности в современном мире. Основу этого режима составляет Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), который вступил в силу в 1970 году. Российская Федерация наряду с Великобританией и США — депозитарий Договора. Участниками Договора на сегодняшний день являются более 190 государств, только 5 из которых имеют ядерное оружие.

Система гарантий МАГАТЭ является де-факто независимым инструментом проверки соблюдения государствами — членами ДНЯО, не обладающими ядерным оружием, своих обязательств по исключительно мирному использованию ядерной энергии. Эти государства обязуются принять гарантии МАГАТЭ в соответствии со статьей III.1 ДНЯО. Результаты проверки соблюдения государствами своих обязательств, публикуемые МАГАТЭ в ежегодном отчете, дают международному сообществу уверенность в том, что эти государства выполняют свои обязательства по Договору и используют ядерные технологии исключительно в мирных целях. Режим нераспространения способствует развитию мирного использования ядерной энергии и широкому международному сотрудничеству в этой области в соответствии со статьей IV ДНЯО.

Госкорпорация «Росатом» является мировым лидером в этом сотрудничестве, осуществляя его в соответствии с международными обязательствами России, в том числе в области ядерного нераспространения. В соответствии с этими обязательствами и со своим экспортным законодательством, Россия требует применения гарантий МАГАТЭ к экспортируемым ядерным материалам и оборудованию, а также к произведенным на их основе или в результате их использования ядерным и специальным неядерным

Бычков Валерий Михайлович — независимый эксперт, кандидат физико-математических наук; более 25 лет проработал в Департаменте гарантий МАГАТЭ, в том числе в должности руководителя операционных подразделений и секции оценки эффективности гарантий.

Кучинов Владимир Петрович — доцент кафедры международных отношений Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»; советник генерального директора госкорпорации «Росатом» в 2008–2018 годах.

Хлопков Антон Викторович — директор Центра энергетики и безопасности; председатель Московской конференции по не-распространению.

материалам, установкам и оборудованию. При этом Россия воздерживается от экспорта в страны, не обладающие ядерным оружием, чувствительных ядерных технологий, таких как изотопное обогащение урана и выделение плутония. Вместе с тем напомним, что четыре очереди газоцентрифужного завода по обогащению урана, построенные российскими атомщиками в Китае, признанной ядерной державе, были поставлены под гарантии МАГАТЭ.

Эволюция концепции

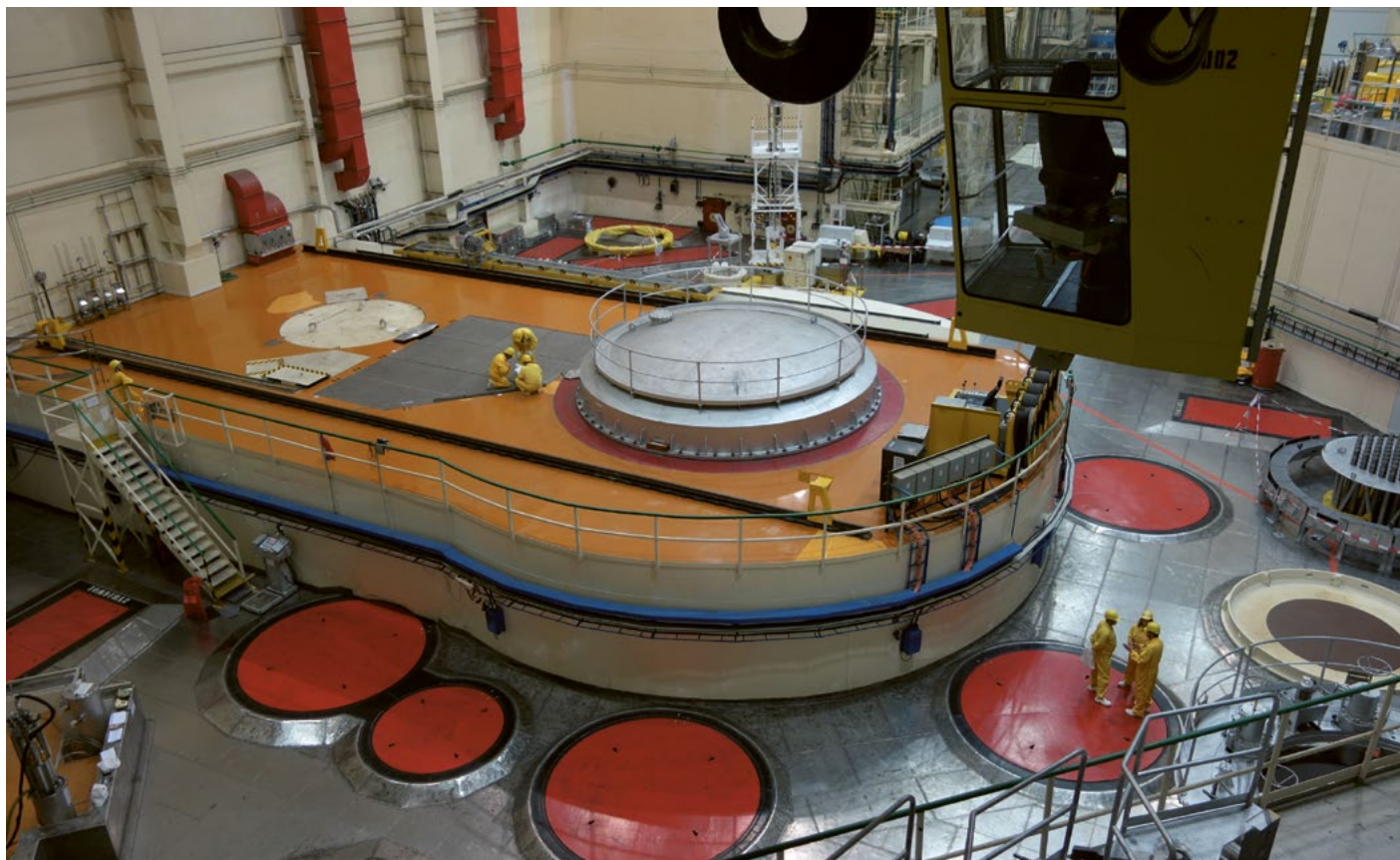
Система гарантий, о которой идет речь в ДНЯО, была создана в середине 1960-х годов, изложена в документе МАГАТЭ ИНФЦИРК/66 и, в связи с необходимостью ее адаптации для целей ДНЯО, претерпела концептуальные изменения. Об этих изменениях можно судить, сравнивая ИНФЦИРК/66 с документом ИНФЦИРК/153, в котором изложена структура и содержание требуемых в связи с ДНЯО соглашений между Агентством и государствами.

В 1991 году в Ираке, который являлся участником ДНЯО, была обнаружена незадекларированная ядерная деятельность военной направленности. В связи с этим в 1993 году в МАГАТЭ была инициирована «Программа 93+2» для усиления действенности и повышения экономической эффективности гарантий. Программа была названа так, поскольку была начата в 1993 году, ожидалось, что она будет закончена ко времени

Справка

В соответствии с ДНЯО государства-участники, не обладающие ядерным оружием, обязуются не производить и не приобретать иным образом ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства, в то время как государства-участники, обладающие ядерным оружием, обязуются никоим образом не помогать, не поощрять и не побуждать любое государство-участник, не обладающее ядерным оружием, производить или иным образом приобретать ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства.

Инспекторы МАГАТЭ опечатывают бассейн с отработавшим топливом, АЭС «Дукованы», Чехия



Конференции по рассмотрению действия и продлению ДНЯО в 1995 году. В программе были предложены дополнительные меры гарантий, которые обеспечивали МАГАТЭ инструментами по обнаружению незаявленного ядерного материала и ядерной деятельности. Меры, требовавшие дополнительного правового обеспечения, были сведены в модель Дополнительного протокола к Соглашению о гарантиях, изложенную в документе МАГАТЭ ИНФЦИРК/540.

Внедрение этих мер привело к дальнейшему концептуальному развитию системы гарантий МАГАТЭ. Первоначальный фокус был перенесен с ядерного материала и ядерной установки (обнаружение незаявленного изъятия ядерного материала на данной установке) на уровень государства (обнаружение несоблюдения государством своих обязательств по Соглашению о гарантиях). Для Соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО это соответствует обнаружению переключения ядерного материала из мирной ядерной деятельности в государстве в целом на производство ядерного оружия или другого ядерного взрывного устройства.

Проблема терминологии

К сожалению, имеющееся официальное описание современной системы гарантий МАГАТЭ, доступное широкой общественности на их сайте, не дает полного понимания ее практического функционирования. Представленные гендиректором МАГАТЭ в 2013 и 2014 годах доклады на этот счет Совету управляющих Агентства сопровождались живой дискуссией,

в которой представители России принимали активное участие, однако эти документы не внесли требуемой ясности. В ходе дискуссии было отмечено, что ряд принципиальных вопросов осуществления гарантий требуют дальнейшего рассмотрения.

Ситуация усложняется и тем, что с течением времени и развитием системы гарантий МАГАТЭ менялся и ее понятийный аппарат, который не всегда своевременно и последовательно закреплялся в официальных документах Агентства. Последняя версия Глоссария МАГАТЭ по гарантиям относится к 2001 году. В описании современного состояния системы гарантий используются термины, которые были определены в рамках первоначальной концепции гарантий в 60-х годах прошлого столетия и которые в настоящее время нуждаются в уточнении или в замене. С другой стороны, с 2001 года появилось много новых терминов, которые были введены без должного обсуждения и упорядочения. В России проблема терминологии стоит особенно остро в связи с тем, что перевод терминов в области гарантий МАГАТЭ на русский язык производился не всегда последовательно и не всегда профессионально. Наиболее наглядный пример в условиях, когда Россия является мировым лидером в области экспорта ядерных материалов, технологий и услуг, — это подмена в некоторых официальных документах словосочетания «нераспространение ядерного оружия» словосочетанием «нераспространение ядерных материалов». При этом, естественно, весь российский экспорт осуществляется в рамках межправительственных соглашений о сотрудничестве

Осуществление инспекционной деятельности на предприятии по обогащению урана компании URENCO, Нидерланды

в области мирного использования атомной энергии и с соблюдением международных обязательств России в области нераспространения ядерного оружия, физической и ядерной безопасности.

Полагаем важным, чтобы российские специалисты по гарантиям продолжали занимать активную позицию по развитию системы гарантий в рамках сотрудничества с МАГАТЭ, и в то же время направляли бы усилия на подготовку современных русскоязычных изданий на эту тему, уделяя необходимое внимание решению проблемы терминологии.

Техническая поддержка гарантий

Практически с самого начала применения системы гарантий МАГАТЭ Советский Союз, а затем Россия осуществляли программу технической поддержки гарантий. Технические специалисты и эксперты принимали участие в разработке подходов по гарантиям для установок ядерного топливного цикла и в разработке приборов и методов измерения ядерных материалов. Эта традиция продолжается и сегодня через реализацию национальной программы научно-технической поддержки гарантий. За более чем 30-летний период ее существования был выполнен значительный объем работ, направленных на укрепление технической базы Департамента гарантий МАГАТЭ, оснащение ее новыми методами измерения, образцами материалов и источников, подготовка персонала.

В этой связи уместно вспомнить о комплексных экспериментах, проводившихся в 70–80-х годах прошлого столетия на Нововоронежской АЭС, по отработке подходов по осуществлению гарантий на реакторах типа ВВЭР, которые, в частности, стали основой атомной энергетики Болгарии, Венгрии, Словакии и Чехии и частью атомной энергетики Финляндии. Внимание уделялось также инновационным установкам, таким как реактор на быстрых нейтронах БН-600, и установкам по изотопному обогащению урана. Постоянно проводились учебные курсы как для инспекторов МАГАТЭ, так и для персонала государственных систем учета и контроля ядерных материалов.

Сегодня в рамках программы технической поддержки гарантий Россия оказывает содействие МАГАТЭ в обработке в российских аналитических лабораториях проб окружающей среды, полученных Агентством в ходе инспекционной деятельности, ведутся разработки новых технологий по обнаружению незадекларированных ядерных материалов и деятельности. Уделяется внимание обучению инспекторов Агентства, при этом не только традиционным направлениям применения неразрушающих методов контроля ядерных материалов, но и проведению инспекций на таких сложных предприятиях, как предприятия по изотопному обогащению урана.



Следует отметить, что госкорпорация «Росатом» прибавила к этому деятельность по оказанию содействия странам-импортерам российских ядерных технологий в создании ядерной инфраструктуры, включая и те ее элементы, которые необходимы для эффективного осуществления гарантий МАГАТЭ в этих странах.

Взгляд в будущее

В России есть все инструменты для активного участия в дальнейшем развитии технической составляющей системы гарантий МАГАТЭ, прежде всего это технический и интеллектуальный потенциал научно-исследовательских и высших учебных заведений, специализирующихся в области использования ядерной энергии. Вместе с тем, в связи со значительным развитием системы гарантий, произошедшим за последние двадцать лет, полезно было бы провести ревизию существующих программ подготовки таких специалистов. В этой связи также было бы целесообразно начать работу по учету технических требований осуществления гарантий в проектах российских ядерных установок, поставляемых за рубеж, и подумать о создании в одной из организаций госкорпорации «Росатом» специального подразделения, которое бы на постоянной основе занималось различными техническими аспектами применения гарантий МАГАТЭ и оказывало бы консультативную помощь проектным и конструкторским организациям, работающим над проектами сооружения гражданских ядерных объектов за рубежом. Также это подразделение могло бы взять на себя техническое руководство российской Программой научно-технической поддержки гарантий МАГАТЭ. Как указывалось выше, одним из важных вопросов сегодня является вопрос терминологии в области гарантий. Здесь, конечно, необходимо будет объединять усилия не только технических специалистов, но и специалистов в области права и лингвистики. Такие специалисты в России тоже есть. О своей активной позиции в области поддержки эффективной, технически обоснованной и непредвзятой системы гарантий МАГАТЭ российская делегация могла бы заявить в ходе десятой Конференции по рассмотрению ДНЯО, которая планируется к проведению в августе этого года в Нью-Йорке.



В стране футбола и карнавала

Как Росатом развивает сотрудничество с Бразилией

Мы начинаем рассказывать о странах, где работает Росатом. Главное направление сотрудничества с Бразилией — поставки изотопной продукции. Также госкорпорация обсуждает варианты строительства АЭС и использование ядерных технологий для сельского хозяйства. А еще Росатом участвует в общественной и культурной жизни страны и поддерживает экологические проекты.

Бразильский выпускной

Ярким событием начала года стало участие Росатома в необычном мероприятии: животные, прошедшие лечение и реабилитацию, были выпущены обратно в дикую природу. В январе 2021 года сотрудники

бразильской экологической организации Instituto Vida Livre и регионального центра «Росатом Латинская Америка» выпустили в естественную среду обитания диких животных, пострадавших от вмешательства человека в жизнь природы, например от браконьерства или несчастных случаев. Перед «выпуском» звери прошли реабилитацию. «Момент освобождения диких животных был очень эмоциональным, им пришлось столько пережить по вине людей. Мы очень рады, что приняли участие в этой акции и таким образом внесли свой вклад в устойчивое развитие Бразилии. Защита окружающей среды — один из приоритетов Росатома», — отметил директор регионального офиса госкорпорации «Росатом» в Латинской Америке Иван Дыбов.

При спонсорской поддержке Росатома, а также других партнеров, организация Instituto Vida Livre намерена оборудовать пространство Espaço Vida Livre. Предполагается, что ежегодно здесь можно будет спасти более пяти тысяч диких животных, в том числе представителей редких видов. Они смогут оставаться в Espaço Vida Livre на реабилитации до тех пор, пока не будут готовы вернуться в естественную среду обитания. В региональном офисе Росатома заверили, что планируют продолжать сотрудничество с Instituto Vida Livre в течение всего 2021 года.

О людях и для людей

Росатом поддерживает Школу Большого театра, открытую в городе Жоинвилль в провинции Санта-Катарина. Ее создали двадцать лет назад опытные мастера балета из Москвы. Выпускники школы танцуют в Большом театре и в труппах Европы и Америки.

Но внимание уделяется не только элитарному искусству. Росатом оказывает поддержку артистической группе Os Arteiros, созданной выходцами из одного из беднейших районов Рио-де-Жанейро, Cidade de Deus. В октябре прошлого года участники Os Arteiros показали благотворительный детский спектакль «Аморес», приуроченный ко Дню детей. Актёрами спектакля стали дети и подростки, живущие в Cidade de Deus. Спектакль строился как последовательность коротких сценок. Их сюжетами стали как классические произведения, так и реальные истории из жизни фавел, где герои страдают от домашнего насилия, преступности и расизма. Спектакль транслировался в интернете.

В июне 2020 года, в разгар пандемии, Росатом поддержал раздачу наборов с продуктами питания и средств индивидуальной защиты тремстам семьям из Cidade de Deus. «Меня зовут Жоау, я представляю Frente CDD. Я хотел бы поблагодарить Росатом за предоставленную помощь. Сейчас мы вручаем пакеты с продуктами жителям Сиде-де-Дейуш, мы очень благодарны Росатому, люди очень рады оказанной помощи», — говорит в видеообращении один из представителей объединения жителей Cidade de Deus Frente CDD.

Изотопная поддержка здоровья

Прямой вклад Росатома в улучшение качества жизни и здоровья бразильцев — поставки изотопной продукции. Бразилия — крупнейший рынок ядерной медицины Латинской Америки. Росатом, являясь одним из мировых лидеров по производству изотопов, обеспечивает более 50 % потребностей Бразилии. Поставки начались еще в 2014 году, и теперь еженедельно в Бразилию поступают изотопы йод-131 и молибден-99, которые нужны как для диагностики, так и для терапии. Йод-131 используется для лечения рака щитовидной железы и нейроblastомы — злокачественной опухоли нервной системы. А молибден-99 — для диагностики опухолей разных органов

и при исследовании гемодинамики. В настоящее время Росатом готовится наладить поставки лютеция-177 и актиния-225. Оба эти изотопа нужны для борьбы с раком предстательной железы. Из актиния-225 также нарабатывается висмут-213, который, в свою очередь, используется для лечения многих форм рака.

Реакторные комбинации

В Бразилии есть собственная ядерная энергетика — два действующих блока на АЭС «Ангра» (Angra) электрической мощностью 609 МВт (Angra-1) и 1275 МВт (Angra-2). Ежегодно, по данным МАГАТЭ, они генерируют около 15 ТВт·ч электроэнергии. В общем объеме генерации Бразилии атомная энергетика занимает скромные 3 %.

Бразильские власти намерены развивать атомную энергетiku. Так, в проекте энергетической программы (PNE2050) предусмотрено увеличение атомной генерации на 8–10 ГВт до 2050 года. Важнейшая задача — достроить третий блок АЭС «Ангра».

Первый бетон был залит еще в июне 2010 года, но из-за расследований, связанных с коррупцией, строительство было приостановлено, а контракты отменены. По данным владельца АЭС, Eletrobras Eletronuclear, S.A., общая готовность станции составляет около 58 %. В ноябре прошлого года президент Бразилии Жаир Болсонару подписал два закона, в соответствии с которыми на проект Angra-3 будет выделено около 744 млн реалов (около \$149 млн). Деньги будут использованы для независимого технического и финансового аудита Angra-3 и выполнения первоочередных работ. Предполагается, что после их завершения правительство Бразилии объявит тендер на определение ЕРС-подрядчика по достройке АЭС. Росатом примет решение об участии в тендере по итогам аудита.

Бразилия интересуется возможностями строительства атомных станций малой мощности (АСММ). Так, в 2019 году региональный офис Росатома в Латинской Америке совместно с АО «Русатом Оверсиз» по просьбе бразильской стороны провел серию семинаров, где представил как наземные, так и плавучие варианты АСММ.

«Бразилия также планирует строительство многофункционального исследовательского реактора, и мы рассматриваем возможность сотрудничества по реализации этого проекта», — сообщил Иван Дыбов.

Наконец, правительство Бразилии изучает возможности применения радиационных технологий в сельском хозяйстве. Росатому этот сегмент тоже интересен. Госкорпорация приняла участие в запросе предложений (public call) от государственной компании Amazul, изучающей доступные на рынке технологии использования ионизирующего излучения.

Миру нужен атом

Наступит ли новый ядерный ренессанс?

Быть или не быть? Этот вечный вопрос в контексте использования атомной энергии задают себе сегодня многие государства. Энергетическая стратегия у каждого своя, но, похоже, все больше стран склоняются к ответу «быть».

Нарастить атомные мощности

Миру необходимо шестикратно увеличить объем действующих ядерных мощностей к 2050 году, чтобы выполнить цели Парижского соглашения по климату. Об этом заявила глава Всемирной ядерной ассоциации (WNA) Сама Бильбао-и-Леон во время выступления на отраслевом вебинаре в Лондоне. Объем действующих на текущий момент мощностей Бильбао-и-Леон оценила в 393 ГВт: 442 реактора работают, еще 53 строятся.

По словам главы WNA, самыми стремительными темпами атомная промышленность развивается в России и Китае. «Мы далеки от нужного нам объема ядерных мощностей, в то время как мир движется в неправильном направлении в вопросе снижения объема выбросов», — отметила Бильбао-и-Леон. В качестве средства, способного переменить ситуацию, глава WNA назвала малые модульные реакторы, призванные повысить экономическую доступность и гибкость в использовании новых ядерных мощностей.

В поддержку атомной энергетики недавно выступил и основатель корпорации Microsoft Билл Гейтс. Он заявил, что мощностей солнечной и ветровой энергетики пока недостаточно, чтобы выработать необходимые человечеству объемы энергии и заменить «грязные» источники генерации. По его мнению, единственный способ обеспечить нужное количество энергии и при этом избежать негативных климатических последствий — это повышение доли атомной энергетики в мире. «Деление ядра и термоядерный синтез — это действительно единственные вещи, которые могут работать в таких масштабах», — сказал Гейтс в интервью Национальной общественной вещательной корпорации Австралии. По мнению Гейтса, атомной энергетике необходимо стать еще дешевле и безопаснее. Он также считает, что 25 % мировой генерации должны быть независимы от погодных явлений. Гейтс заявил, что самая большая трудность для человечества — достичь климатической нейтральности к 2050 году. Он рассказал, что планирует инвестировать \$2 млрд в проекты и стартапы,

деятельность которых направлена на защиту окружающей среды.

США снова займется конверсией урана

Единственное в США предприятие по конверсии урана Honeywell Metropolis Works (штат Иллинойс) заявило о намерении возобновить работу после трехлетнего перерыва. Как сообщила управляющая компания Honeywell, завод вновь запустит производство в 2023 году. К этому времени планируется нанять 160 штатных сотрудников и заключить контракты с подрядчиками. Завод намерен производить гексафторид урана как для внутренних нужд, так и на экспорт.

«Honeywell Metropolis Works — единственное отечественное предприятие по конверсии урана и важный национальный стратегический актив, который способен удовлетворить спрос на UF-6 как в США, так и за рубежом», — говорится в сообщении компании.

В 2017 году предприятие Honeywell Metropolis Works объявило о временном закрытии на неопределенный срок. Причиной в компании назвали негативные условия для бизнеса — переизбыток гексафторида урана на мировом рынке, из-за чего американские производители не смогли выдержать конкуренции с импортными поставками. В 2020 году Комиссия по ядерному регулированию США (NRC) продлила лицензию на эксплуатацию завода на 40 лет, до 2060 года.

EDF: шаткое равновесие

Крупнейшая государственная энергогенерирующая компания Франции EDF заявила, что задержка национальной реформы атомной отрасли подорвет ее финансовое положение. По словам представителей компании, EDF справится без свежих вливаний капитала со стороны правительства только до конца 2022 года, сообщает Reuters. Компания надеется, что реформирование завершится к 2023 году.

EDF, 84 % капитала которой контролирует государство, ждет амбициозной реорганизации атомного бизнеса, однако переговоры с Брюсселем по этому вопросу застопорились.

Одним из ключевых моментов в рамках реорганизации должны стать гарантии более высокой цены на атомную электроэнергию, которую EDF продает

сторонним поставщикам. Этот шаг обязан помочь обремененной долгами компании покрыть расходы на генерацию. Такой план встретил сопротивление со стороны французских профсоюзов, а также вызвал вопросы в ЕС относительно потенциального нарушения антимонопольного законодательства и правил по оказанию господдержки.

Ранее французские власти уже проводили рекапитализацию EDF и приняли решение получать дивиденды в форме акций, чтобы не оказывать дополнительное давление на финансовое положение компании.

Прибыль EDF от основной деятельности по итогам 2020 года составила €16,2 млрд, это на 2,7% ниже показателя годом ранее. Выручка за прошлый год снизилась на 3,4%, до €69 млрд, оказавшись чуть ниже прогнозов. Чистая прибыль просела на 87,4%, до €650 млн, что отчасти объясняется расходами на судебное разбирательство по налогам, а также некоторыми расходами на строительство блока № 3 АЭС «Фламандиль».

Великобритания: союз атома и водорода

К 2050 году атомная энергетика будет использоваться для производства до одной трети всего потребляемого Великобританией безуглеродного водорода, отмечается в дорожной карте Совета по атомной энергетике Великобритании. В документе подробно расписана возможность производства зеленого водорода с помощью электролиза на малых модульных реакторах.

По оценкам организации, 12–13 ГВт ядерных мощностей смогут производить 75 ТВт·ч водорода, или треть от необходимого к 2050 году объема. Согласно отчету, основным препятствием для «озеленения» производства водорода остается его стоимость. В качестве основного средства повышения конкурентоспособности этого способа производства члены Совета рассматривают введение платы за углерод.

Французская энергетическая компания EDF, которая сейчас строит в Британии АЭС «Хинкли-Пойнт С», объявила о поиске партнеров для разработки демонстрационных проектов по водороду и прямому захвату и очистке воздуха на площадке, предлагаемой к строительству АЭС «Сайзвелл С».

«Зеленый водород из атомной энергии — это не недостижимая мечта, но возможность, которая может быть реализована прямо сейчас», — отметила финансовый директор проекта «Сайзвелл С» Джулия Пайк. По ее словам, в долгосрочной перспективе объем производимого на АЭС водорода будет только увеличиваться.

Китай: первый ВТГР успешно прошел проверку

В Китае завершена дистанционная предпусковая экспертная проверка высокотемпературного реактора с газовым охлаждением (ВТГР) на АЭС «Шидаовань».

В ходе проверки были предварительно определены направления, требующие улучшения, и составлен отчет о наиболее значимых результатах эксплуатации. По итогам проверки система управления процессом обеспечения ядерной безопасности признана полноценной и эффективной. Экспертная оценка проводилась в течение двух недель. Около 30 специалистов ВАО АЭС из Китая, Канады и США наблюдали за результатами эксплуатации, проводили осмотр площадки и проверку документации.

Китайские ученые недавно сообщили, что по плану этот реактор должен выйти на минимально контролируемый уровень мощности до конца 2021 года. Строительство АЭС «Шидаовань» стартовало в 2012 году. Станция будет оснащена двумя реакторными модулями, но одной паровой турбиной. Мощность каждого модуля составит 210 МВт. Полноценная эксплуатация демонстрационного проекта должна начаться до конца 2022 года. Сейчас на АЭС «Шидаовань» проводятся горячие испытания. Холодные испытания прошли в октябре и ноябре 2020 года.

В Китае рассматривается возможность устанавливать реакторы такого типа на существующие ТЭЦ вместо угольных энергетических установок, поскольку паротурбинная установка у высокотемпературных реакторов схожа с той, которая используется на угольных станциях.

Швеция выбирает ММР

Немецкая компания Uniper планирует приступить к строительству малых модульных реакторов в Швеции, сообщает Bloomberg. В компании рассчитывают, что спрос на реакторы будет обеспечен за счет прогнозируемого на ближайшие 10 лет роста потребления электричества.

Ранее Uniper подала в правительство Швеции заявку на строительство неядерного прототипа малого модульного реактора на территории АЭС «Оскарсхамн» к 2024 году. Прототип будет использоваться для проверки задействованных в реакторе материалов и технологий. Вместо ядерного топлива в реакторе предполагается использовать электричество. «Мы видим ясную роль ядерной энергетики в будущей энергосистеме», — объявил глава шведского отделения Uniper Йохан Свеннингсон.

Uniper также объявила о создании совместного предприятия с ученым Янне Валлениусом и его компанией Blykalla: планируется разработать малый модульный реактор со свинцовым охлаждением. Разработчики надеются приступить к созданию коммерческого образца реактора в следующем десятилетии. Стоимость коммерческой модели оценивается в 2 млрд крон (\$242 млн), стоимость прототипа — 250 млн крон. Половину финансирования участники совместного предприятия рассчитывают получить от правительства Швеции.



Хотите знать больше о новостях мировой атомной индустрии? Подпишитесь на ежедневный дайджест зарубежных СМИ, отправив запрос на press@rosatom-international.com

