

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№ 9 | ноябрь | 2023

Главная тема

Изотопные технологии

*Для науки, промышленности и здоровья:
какие изотопы производит Росатом
и как их применяют*

В номере

Подготовка к COP28	34
--------------------	----

Вопросы энергоперехода	42
------------------------	----

Фестивали в атомградах	48
------------------------	----



Уважаемые читатели!

С середины XX века развитие технологий получения изотопов и применения изотопных эффектов стало одним из ключевых направлений науки и техники. Изотопная индустрия сегодня — не только важнейшая составляющая атомной отрасли, но и существенная часть мировой экономики. Изотопы — это мастера на все руки. Они умеют многое: помогают лечить людей, исследовать тайны Вселенной, выводить новые сорта растений, контролировать производственные процессы, находить месторождения полезных ископаемых.

Главная тема номера рассказывает, для чего нужны изотопы, которые производят предприятия, научные институты и АЭС Росатома, по каким направлениям в этой сфере отечественная атомная отрасль лидирует в мире, как сегодня развивается ядерная медицина и какую продукцию будет выпускать крупнейший в Европе завод по производству радиофармацевтических препаратов, который госкорпорация строит в Обнинске на площадке НИФХИ.

Также читайте о том, какой будет повестка очередной климатической конференции ООН, с учетом каких аспектов нужно сравнивать различные источники энергии и как фестивали творчества и волонтерства объединяют сотрудников атомной отрасли из разных городов.

ВЕСТНИК АТОМПРОМА № 9, ноябрь 2023 года Информационно-аналитическое издание Фото на обложке Фотобанк «Фотодженика»	Главный редактор Юлия Долгова Выпускающий редактор Ольга Еременко Дизайн и верстка Анна Бабич, Валерий Балдин Корректор Алина Бомбенкова Учредитель, издатель и редакция Общество с ограниченной ответственностью «НВМ-пресс»	Адрес редакции 129110 Москва, ул. Гиляровского, д. 57, с. 4 Отдел распространения и рекламы Татьяна Сазонова sazonova@strana-rosatom.ru +7 (495) 626-24-74 Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-59582 от 10 октября 2014 года	Тираж 2000 экземпляров. Цена свободная. Подписано в печать: 20.11.2023 При перепечатке ссылка на «Вестник Атомпрома» обязательна. Рукописи не рецензируются и не возвращаются Суждения и выводы авторов материалов, публикуемых в «Вестнике Атомпрома», могут не совпадать с точкой зрения редакции Журнал отпечатан: ООО «АртФормат» 115477, г. Москва, ул. Зюзинская, д. 6, стр. 2. Тел.: +7 (968) 724-35-91 № заказа: Аф-009/23.
--	--	---	---

	Содержание			
Главная тема	КОРОТКО	Незаменимые помощники 4 <i>Применение изотопов — важная часть современного научно-технологического ландшафта</i>	Климатическая повестка	По зеленому пути 34 <i>Что будет обсуждаться на очередной климатической конференции ООН</i>
	ПРЯМАЯ РЕЧЬ	На пути от миллиграммов к миллиардам 6 <i>Гендиректор В/О «Изотоп» Максим Кушнарев — о ближайших задачах и планах компании</i>		Комментарий
	ПРОИЗВОДСТВО	Радионуклиды родом из НИИ 16 <i>Изотопы Росатома: для здоровья, науки и техники</i>	Зеленый энергопереход	
	МНЕНИЕ	Радияция в белом халате 22 <i>Елена Василенко, заведующая радионуклидным диагностическим отделением Сеченовского Университета Минздрава РФ: «Стереотип о том, что изотопы помогают бороться только с онкозаболеваниями, давно устарел»</i>		Атомные города
		Лучи здоровья 27 <i>В Боливии работает комплекс по производству радиофармпрепаратов, построенный Росатомом</i>	ИЦАЭ	
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО			Особое мнение	Престиж против доминирования 56 <i>Что дает эволюционный подход к изучению психологии и поведения человека с учетом культурной природы нашего вида</i>
ПРОИЗВОДСТВО	Изотопы в промышленных масштабах 28 <i>Производство изотопной продукции на энергетических реакторах: сегодня и завтра</i>			
		Изотопы из Сибири 30 <i>Как на ЭХЗ осваивалось производство изотопов и как предприятие стало одним из мировых лидеров в этом направлении</i>		

Незаменимые помощники

Изотопами (от греческих корней *isos* — «равный» и *topos* — «место») называются разновидности атомов одного химического элемента, ядра которых содержат одинаковое число протонов и различное число нейтронов. Открытие в конце XIX века явления радиоактивности и последовавшие экспериментальные доказательства существования изотопии положили начало развитию ядерной физики — науки, которая оказала огромное влияние на тот путь, по которому пошла человеческая цивилизация.

Старт военных атомных проектов в середине прошлого века поставил задачу освоения промышленного производства изотопов, но сегодня изотопные технологии широко используются в мирных целях. Применение изотопов востребовано во множестве научно-технологических направлений — от атомной энергетики, для функционирования которой требуется обогащение природного урана по изотопу уран-235, до электроники, биотехнологий, фундаментальной физики.

В промышленности изотопные технологии нужны, например, для радиографии металлов, измерения

толщины листовых материалов или уровня жидкости в сосудах, инициирования полимеризации, производства полупроводниковых приборов. В сельском хозяйстве — для стерилизации продуктов, предотвращения преждевременного прорастания семян, изучения действия удобрений. В научных исследованиях изотопы применяются в качестве индикаторов при изучении различных процессов, происходящих в живой и неживой природе. Бурно развивающаяся область применения изотопов — медицина, что объясняется их высокой эффективностью в диагностике и лечении многих тяжелых заболеваний.

Производство изотопов — это крупная индустрия. Если для научных исследований обычно требуются небольшие количества изотопов, исчисляемые граммами или даже миллиграммами, то потребности по ряду наиболее широко используемых изотопов составляют тонны в год.

Материалы главной темы номера рассказывают о том, на каких установках нарабатывают изотопы, как и для чего их применяют и какие организации и предприятия Росатома принимают в этом участие.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: «Вестник атомпрома» / Игорь Захаров, АО «В/О «Изотоп»

На пути от миллиграммов к миллиардам

Гендиректор В/О «Изотоп» Максим Кушнарев — о ближайших задачах и планах компании

Развитие технологий получения и применения изотопов — одно из важных направлений в различных областях науки и техники XXI века. Российская изотопная продукция и услуги, прежде всего радиофармпрепараты, становятся как в России, так и в мире

не менее узнаваемым и востребованным российским атомным брендом, чем атомные электростанции. О том, что для этого уже делается и еще надо сделать, «Вестнику атомпрома» рассказал генеральный директор АО «В/О «Изотоп» Максим Кушнарев.

Ближайшая перспектива

— Какие задачи стоят перед компанией до конца этого года, в 2024 году? Какую задачу вы считаете наиболее важной и почему, как планируете ее решать?

— Наши задачи на следующий год логичным образом вытекают из условий и задач текущего, юбилейного для «Изотопа» года — компании в этом году исполнилось 65 лет. Начнем с того, что в этом году мы начали работать в формате «единого окна» для российского здравоохранения. В прошлом году Росатом и Минздрав подписали дорожную карту, в рамках которой «Изотоп» стал аккумулировать и обеспечивать потребности организаций Минздрава. Мы поставляем продукцию более чем в 160 российских клиник, получаем обратную связь от всех центров — от Владивостока до Калининграда — и учитываем самые разные потребности. Кому-то важна логистика, кто-то просит более широкий спектр поставок, у третьих есть ресурсы для исследований и желание применять что-то новое.

По итогам девяти месяцев этого года по такой традиционной номенклатуре, как генераторы технеция и радиофармпрепараты (РФП) на базе йода, заказы и поставки в российские медучреждения выросли на 5–10%, по таким перспективным препаратам, как актиний-225, — более чем вдвое.

— А до подписания дорожной карты как вы работали с Минздравом?

— По большому счету, так же, но статус «единого окна» не был формализован. Мы выходим на закупки государственных клиник по радиофармпрепаратам и медицинским изделиям, таким как генераторы технеция. Более 80% мы выигрываем и обеспечиваем либо сами, либо через наших дистрибьюторов, если так выгоднее с точки зрения логистики. Продукция специфическая, скоропортящаяся, а специалисты, которые применяют ее в своей работе, уникальные, все нюансы нужно учесть.

2,5 млн

пациентов изотопная продукция медицинского назначения производства предприятий Росатома ежегодно позволяет проводить диагностические и терапевтические процедуры

80%

рынка РФ обеспечивает В/О «Изотоп» изотопной продукцией медицинского назначения

> 50

стран мира — география поставок

9000

отгрузок изотопной продукции в год

600

российских компаний (и 170 зарубежных) — клиентский портфель В/О «Изотоп»

Важность и ценность дорожной карты — это понимание перспективы. Сейчас мы поставляем уже устоявшийся ассортимент: генераторы технеция и препараты на базе йода. Но в последние полтора года в логике импортозамещения увеличиваются поставки отечественного препарата «Самарий, ¹⁵³Sm оксабифор». Это последний препарат, который был разработан и зарегистрирован в России, правда, произошло это еще в самом конце прошлого века, в декабре 2022 года отмечали 25 лет появления «Самария, ¹⁵³Sm оксабифора». Он не был так раскручен, как аналог от компании Bayer. А теперь «Самарий, ¹⁵³Sm оксабифор» получил новую жизнь. И по своим качествам, которые отмечают врачи, он показывает больший эффект, причем в более широком круге нозологий: не только при костных метастазах, но и при раке предстательной железы, молочной железы. Это пример из текущей практики. Если говорить о будущем, соглашение между Росатомом и Минздравом дает возможность сформулировать перспективную потребность и тем самым подтвердить правильность выбора продуктовой линейки для завода по производству изотопной продукции медицинского назначения в соответствии со стандартами GMP (Good Manufacturing Practices, надлежащая производственная практика. — Прим. ред.), который строит госкорпорация. Росатом хочет быть уверенным, что проинвестирует именно в тот продукт, который будет востребован отечественными клиниками и ведущими центрами — локомотивами ядерной медицины.

В широком смысле понимание потребностей отразится на системе подготовки кадров, обеспечении оборудования, совместимым с нашими препаратами. Для того, чтобы все эти действия координировались, и подписана дорожная карта.

— Расскажите, пожалуйста, про сотрудничество с другими странами.

— Если говорить о ближайших соседях, то в середине года мы одержали победу в белорусском тендере на обеспечение генераторами технеция 100% потребностей страны, это более 20 клиник. В Беларуси генераторы производства обнинского НИФХИ им. Л. Я. Карпова — предприятия нашего дивизиона «Технологии здоровья» (ранее — «Русатом Хэлс-кеа») — были зарегистрированы в конце прошлого года. Также увеличиваем поставки в Армению, Казахстан, работаем над началом поставок в Кыргызстан и Азербайджан.

— А что с дальним зарубежьем?

— Расширяем наше присутствие в рамках БРИКС. В июле при поддержке госкорпорации «Росатом» и Минздрава РФ прошел международный экспертный форум стран БРИКС в области ядерной медицины. Мероприятие объединило большое количество гостей: многие участники приехали в Москву лично, в том числе из Китая, Бразилии и Индии, часть подключались онлайн, в рамках форума состоялись интересные и полезные дискуссии. Затем, уже в августе, на форуме

в Южной Африке с участием министров здравоохранения было принято решение по созданию рабочей группы БРИКС по ядерной медицине. Мы рассчитываем, что Россия, и в частности Росатом, будут играть одну из лидирующих ролей в этой рабочей группе. Это не только наша оценка, было очень приятно, когда в докладе представителя ЮАР прозвучало, что вся цепочка переделов — от стартовых изотопов до радиофармпрепаратов — в БРИКС есть только в Росатоме. Да и в мире мы — одна из немногих компаний, консолidiрующих компетенции по каждому переделу.

Есть уже успехи в этом направлении и на коммерческом поприще. Совместно с частной компанией ЗАО «Циклотрон», которая базируется на территории ФЭИ им. А. И. Лейпунского в Обнинске, и с индийскими партнерами мы получили регистрационное удостоверение на коммерциализацию российских генераторов германия-68/галлия-68 в Индии. Они давно применяются в России, стартовали поставки в Казахстан, теперь поставляем и в эту страну. Возобновили в Индию поставки молибдена, которые прерывались на несколько лет из-за логистических сложностей. За счет этих двух

направлений наш товарооборот с Индией, как мы ожидаем, по итогам этого года должен вырасти в два-три раза. Правда, есть эффект низкой базы, но направление важное, у нас появился задел на будущий год, и темпы сотрудничества мы планируем наращивать.

В Китай у нас традиционно достаточно существенные поставки, мы их также планируем увеличивать, причем за счет продукции не только медицинско-го назначения, но и промышленного. К примеру, изотоп гелий-3, который используется в детекторах безопасности, в том числе в аэропортах, мы раньше поставляли через британскую дочернюю компанию. Но в сегодняшних условиях это невозможно, поэтому «Изотоп» взял эти поставки на себя и одновременно в значительной мере переориентировал их на рынки Китая и Юго-Восточной Азии. Поэтому ожидаем, что по итогам года наш товарооборот с Китаем должен вырасти в полтора-два раза. И это уже приличные цифры, речь идет о десятках миллионов долларов в год.

— С продажами в Европу сейчас грустно?

— На самом деле не грустно, просто по-другому. Сложности начались еще в пандемию. Сначала логистические, потом экономические, потому что стоимость доставки выросла, не все авиакомпания соглашались возить. Возникла проблема с возвратом порожних контейнеров. Когда вы отправляете продукцию для медицины, специальное разрешение получить можно. Когда едет пустой бочонок, пусть и высокотехнологичный, те же самые авиакомпания менее охотно соглашаются брать его на борт. Поэтому востребованы, скажем так, креативные решения. Иначе, если делать контейнеры невозвратными, у поставок будет другая экономика, менее интересная потребителям. А бизнес по созданию контейнеров уникальный, высокотехнологичный, его невозможно просто взять и перенести куда-то. Тем более что на начальных переделах все равно есть привязка к российским площадкам. В этом контексте важно, что никто из наших партнеров за прошедшие полтора — три года от поставок не отказался. Не всегда сразу, но практически в 100% случаев решения по всем сложным вопросам были найдены. Поэтому и в Европу, и в Северную Америку поставки продолжают, и принципиально никаких ограничений нашего присутствия нет. Правда, проекты развития вести сложно.

— А были такие?

— В 2020 году начался проект по созданию завода GMP в Обнинске. В поддержку этого большого проекта мы затеяли небольшой — в одном из итальянских городов с клиникой ядерной медицины местного университета. Договаривались о создании GMP-производства радиофармпрепаратов в небольшом масштабе с использованием российского сырья. Мы планировали получить регистрацию в Европейском агентстве лекарственных средств, чтобы продавать нашу продукцию на европейском рынке, втором по размеру после США. Регистрационное

удостоверение в Европе можно получить только на местную компанию. Мы успели ее зарегистрировать в конце 2021 года и, несмотря на все последующие события, получили разрешение правительственной комиссии — собирались 16 ведомств, в том числе силовых. В 2022 году разрешение было подтверждено, мы получили лицензию на торговую деятельность, и с 2023 года эта компания поставляет продукцию в заинтересованные клиники.

— Но завод в Италии вы строить не будете?

— Не будем. Правда, это был бы не столько завод, сколько лаборатория. Впрочем, не исключены различные другие варианты. В сентябре в Вене прошел очередной конгресс Европейской ассоциации ядерной медицины, это крупнейшая площадка для встреч медицинского сообщества, производителей и других участников этого рынка, и есть компании, которые готовы предоставлять свои производственные мощности под совместные проекты, не требуя инвестиций с нашей стороны. Поэтому, возможно, через какое-то время мы расскажем об успехах в этом направлении.

— Поясните, пожалуйста, как будет работать бизнес-модель?

— Это так называемое контрактное производство. Поясню на бытовом примере: вы приходите в магазин и видите молоко «Ашан». «Ашан» не строит свои молочные заводы, а просто под своей маркой выпускает продукт, контролируя его качество. Так и у нас: поставщик будет полностью отвечать за качество. Это не просто переклеивание бирок, а полномасштабный производственный процесс.

— Чей бренд будет на продукции?

— В некоторых странах хорошо реагируют на бренд Росатома, в некоторых пока нет однозначного понимания, поэтому будем смотреть, что сработает. Потому что в конечном итоге наша задача — запустить завод, который строит госкорпорация в Обнинске, чтобы продукция с него поставлялась не только на российский рынок — по доступным ценам, но и на экспорт. Будем договариваться о работоспособной модели. Руководство госкорпорации понимает, поддерживает и не очень ограничивает, поэтому продвигаемся в решении большой задачи.

— Какой должна стать структура поставок и выручки обнинского завода?

— Два года назад предполагалось, что более 80% продукции будет экспортироваться, причем главным образом в Северную Америку и Европу — это самые высококоммерциальные рынки. В прошлом году мы основательно пересмотрели расчеты и пришли к выводу, что доли российского и зарубежного рынка могут быть равными. И, естественно, в структуре зарубежной выручки превалировать будут Китай, Индия, страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока и Северной Африки.

Проект завода по производству радиофармпрепаратов, который Росатом строит в Обнинске

— Насколько гибким будет производство на заводе? Его номенклатура будет задана сразу или возможны вариации, доработки с учетом возведения очередями?

— Наше видение по номенклатуре, которое поддерживают коллеги из дивизиона «Технологии здоровья» и НИФХИ им. Л. Я. Карпова, следующее: мы намечаем довольно широкий диапазон, и все линии, а их 21, войдут в строй плюс-минус одновременно. Но затем в процессе ввода в эксплуатацию могут возникнуть какие-то корректировки, связанные с технологией, готовностью медицинских центров принимать наши продукты, регистрацией их регулятором.

Конечно, мы закладываем и возможность изменений, потому что мир не стоит на месте. Мы смотрим на международный опыт, участвуем во всех конференциях, поддерживаем связи с партнерами, несмотря на возникшие барьеры, следим за зарубежными исследованиями. Мы уже занимаемся разработкой собственных препаратов, пусть они и не заложены в первую линейку продукции. У нас есть проект по разработке первого отечественного таргетного препарата на базе альфа-эмиттера тория-227 и наноантител. Это большая кооперация. Радионуклид нарабатывает димитровградский АО «ГНЦ НИИАР», Ульяновский госуниверситет проводит доклинические исследования этого препарата. Институт элементоорганических соединений РАН в достаточно короткие сроки разработал отечественный хелатор — компонент, который связывает радиоактивный изотоп с молекулой, которая доставляет его к нужному органу. Раньше нацеливались на зарубежные хелаторы, но оказалось, что можем делать и свои, причем по ряду показателей они превосходят зарубежные аналоги. А частная компания — молодые, очень интересные ребята — разрабатывают наноантитела на основе верблюдьих антител. Изучают и антитела других животных, например акул.

— Какова функция антител?

— Они будут использоваться в качестве молекул, которые доставляют изотоп к нужному органу. Например, для рака предстательной железы используется простатспецифический мембранный антиген, ПСМА. Зарубежные разработки, созданные десятилетие назад, до нас только доходят, но современная тенденция — использовать наноантитела. Они меньше, поэтому препарат аккуратнее «просачивается» к нужному органу и достигает цели, нанося минимальный вред. Наноантитела создают пока в лабораторных условиях, сам препарат синтезируется в Российском научном центре радиологии и хирургических технологий им. академика А. М. Гранова. Работа интересная, пионерская, достаточно сложная. Но благодаря кооперации мы ставим вопросы и находим решения для такой достаточно масштабной межотраслевой задачи.

— Какой следующий шаг?

— Мы думаем о производстве молекул в промышленном масштабе. Либо на площадке завода в Обнинске,



либо на площадке, принадлежащей Федеральному медико-биологическому агентству, которое достаточно давно в этом направлении работает.

Стратегия до 2030 года

— Чем «Изотоп» будет заниматься после запуска завода, который запланирован на конец 2025 года?

— В 2021 году мы утвердили стратегию развития изотопного бизнеса до 2030 года. Кроме того, мы ежегодно обновляем пятилетний бизнес-план. Сейчас мы находимся в цикле планирования на 2024–2028 годы. В плане учтены порядка 20 производственных площадок, причем не только отраслевых, но и таких, как «Циклотрон», Томский политехнический университет, где действует исследовательский реактор, чей 55-летний юбилей праздновали в прошлом году, завод «Медрадио-препарат» в структуре ФМБА и другие. Основной фокус, конечно, на росте доли медицинского направления.

— Почему?

— Пять лет назад «Изотоп» перешел под управление «Русатом Хэлскеа» (в настоящее время — дивизион «Технологии здоровья»), поэтому удивляться не стоит. Но и два других направления, которыми мы традиционно занимаемся, — изотопная продукция для промышленности и науки — не обнуляем. Так, мы запустили несколько проектов по наработке изотопов легких масс. По производству изотопов бора мы завершили стадию технико-экономического обоснования, переходим к НИОКР. По изотопам углерода НИОКР уже идет. Эти проекты, а также проекты по азоту и, возможно, кислороду на площадке Сибирского химического комбината формируют так называемый центр изотопов легких масс. Работаем не одни, привлекаем к сотрудничеству РХТУ им. Д. И. Менделеева, ВНИИНМ им. академика А. А. Бочвара и частные компании.

— **Расскажите, пожалуйста, как производятся такие изотопы.**

— В колоннах методами ректификации и химического изотопного обмена. Как, например, производят бор. В качестве сырья используется трифторид бора. В природном боре — смесь изотопов, а требуется обогащение по бору-10 до 92% и выше. В колонне высотой порядка 70 м за счет массообмена изотопы бор-10 и бор-11 разделяются. Проект по бору интересен тем, что производство практически безотходное. Бор-10 используется в атомной энергетике для быстрых реакторов и в медицине для бор-нейтронозахватной терапии, а бор-11, который раньше шел в отвал, может пригодиться для отечественной микроэлектроники. Производство изотопов бора в Советском Союзе было сконцентрировано в Грузии, поэтому после распада СССР их приходилось импортировать из Грузии либо из Америки. В последние два года это невозможно. Есть вариант ввозить из Китая, но цена высока.

Кроме того, большой проект по центрифужному разделению изотопов бора есть у «ТВЭЛ», но экономика показывает, что выгоднее гибридная схема: сначала природный бор обогатить до 80%, и уже 80-процентный бор отправлять на центрифуги для дообогащения выше 99%.

— **Что планируете на этапе НИОКР?**

— Создать опытные установки для получения опыта эксплуатации и уточнения параметров промышленных колонн. Опытные колонны на площадке под Дмитровом по нашему заказу уже собирает частная компания, созданная профессорами РХТУ, в сотрудничестве с ВНИИИМ. Сначала отработаем технологию для углерода, потом для бора.

— **Для углерода и бора будут разные колонны и разные площадки?**

— Да, в одну и ту же колонну нельзя запустить углерод, потом бор. Возможно, установим ряд колонн, на этот вопрос как раз ответим во время опытной эксплуатации. По размещению: надеемся, что большая промышленная площадка появится на СХК, уже есть предварительные договоренности. Но поскольку первая продукция появится только к 2029 году, то небольшие установки строим в Дмитрове уже сейчас. Частные компании более гибкие, они готовы подстраиваться под наши условия. А нам выгодно потому, что даже в опытном объеме мы сможем выпустить конечный продукт, на который уже есть спрос, и совмещать научную деятельность с коммерческой. Мы же коммерческая организация, нацеленная на увеличение выручки и прибыли.

— **Схема сотрудничества, когда частная компания что-то производит, а вы продаете, комфортна для обеих сторон?**

— Да, у нас нет задачи самим научиться делать колонны. А наши партнеры понимают, что мы, присутствуя

в 50 странах, имеем больше возможностей для выгодных продаж.

— **Если говорить об углероде: ваш проект нацелен на создание изотопов для диагностики бактерии Helicobacter pylori, которая вызывает гастрит, язву желудка и рак?**

— Да. Проект по углероду интересен тем, что мы планируем сформировать полную производственную цепочку — от наработки изотопов через изготовление тестов до оказания медицинской услуги. Изготовление тестов мы рассматриваем в следующей очереди GMP-завода в Обнинске.

— **А сбыт? Есть уже понимание, кто будет покупать тесты?**

— «Русатом Хэлскеа» недавно приобрел 50% в холдинге «Медскан», куда входит сеть медицинских клиник и лабораторий KDL, она одна из самых известных в России. Коллеги из KDL подтвердили, что им интересно оказывать медицинскую услугу с применением наших тестов. Поэтому мы надеемся, что в 2029 году сможем создать в дивизионе полную цепочку от сырья до медуслуги.

— **Есть ли еще в ваших планах до 2030 года проекты в области медицины?**

— Про медицину можно рассказывать много. Коротко отмечу совместный проект с ПО «Маяк», которое в этом году отметило 75 лет, и Уральским центром ФМБА по разработке тераностической пары.

В нашем случае это тераностическая пара на базе технеция-99m (диагностика) и радия-223 (терапия), применяемая при раке молочной железы. Проект очень интересный, участвуют в нем потрясающие люди — заряженные, компетентные, решающие задачи высокой важности и ответственности, результаты которых мы сможем ощутить примерно через семь — десять лет. Честно говоря, я счастлив, что мы участвуем в этой работе.

— **Вернемся к промышленным изотопам: что еще вы производите?**

Коротко

Тераностика — это совмещение терапии и диагностики. Тераностическая пара — это диагностический препарат, который выявляет определенное заболевание, и парный к нему терапевтический препарат, нацеленный на лечение выявленного заболевания.



— Мы недавно выиграли большой тендер компании «Газпром недра» на поставку источников для геологоразведочных работ. В целом в советское время это направление развивалось, и до сих пор, несмотря на все передряги, действуют институты, которые продолжают разработку таких приборов, мы с ними сотрудничаем. Источники Росатома применяются в самых разных отраслях, от нефтегазовой до, например, бумагообработывающей промышленности, где источники на базе криптона контролируют толщину и ровность листа: на глаз или штангенциркулем определить их невозможно. Поскольку спрос есть, «Изотоп» стимулирует наработку компетенций и переход от производства сырьевых изотопов к созданию новых моделей источников, чтобы госкорпорация могла предоставить рынку конечные изделия. Пока такие работы в начальной стадии, но мы их ведем, поскольку большому количеству предприятий, пусть и не таких крупных, как «Газпром», взять эти источники больше негде.

— **Чтобы превратить изотоп в РФП, нужны изотоп, молекула и хелатор. А что надо, чтобы превратить изотоп в источник для промышленности? Чего не хватает?**

— В общем-то, всего хватает, просто раньше спроса не было. Нефтегазовые компании покупали сервисные услуги под ключ у «Шлюмберже» (Schlumberger), которая использовала импортное оборудование и источники, нас привлекали только для перевозки. Система работала, к ней привыкли, и у отечественных производителей не было стимула за этот рынок

конкурировать, потому что вход на него был совершенно не очевиден. Сейчас ситуация заставила все стороны пересмотреть такой подход, и для заказчиков оказалось открытием, что в стране есть собственные производители. Конечно, предстоит длинный путь, чтобы изотоп превратить в конкретную модель источника, который будет работать в конкретной модели более сложного устройства. Но мы надеемся, что такие производственные кооперации тоже со временем выстроим.

— **Только в будущем времени?**

— В принципе, «Изотоп» уже предоставляет полный комплекс услуг, от поставки источника и контейнеров до вывоза отработавших источников, их выдержки на нашем изотопном комплексе в городе Старая Купавна и передачи на окончательное захоронение.

— **Какую долю занимают медицинские, промышленные и научные изотопы в структуре бизнеса «Изотопа»? И как эти доли изменятся в перспективе?**

— Поскольку говорим о бизнесе, то считать будем в деньгах. У медицины чуть больше половины. Остальное — промышленность и наука. Науку посчитать сложно, так как это разовые, пусть и большие, заказы. Они создаются под космические исследования, например. Наша задача — перейти от сырьевых поставок к поставкам активных фармсубстанций и радиофармпрепаратов. Мы планируем развивать



На фото

Модуль синтеза ¹⁸F-фтордезоксиглюкозы. Этот препарат применяется при проведении позитронно-эмиссионной томографии

эти направления. Это означает, что на том же самом количестве изотопов мы будем зарабатывать кратно большие деньги. Кто-то из классиков фармацевтического бизнеса сказал: «Фармацевтика — это искусство превращать миллиграммы в миллиарды».

— А вы сможете поставлять за рубеж продукты более сложных переделов? Просто в силу того, что они менее долгоживущие? Те же генераторы технеция невозможно привезти в Бразилию.

— Да, вы правы. Мы уже, наверное, лет семь являемся одним из основных поставщиков в Бразилию изотопов молибдена, йода, а с 2021 года — и лютеция. Но конечные формы туда поставлять экономически и логистически нецелесообразно. Поэтому с бразильскими партнерами мы обсуждаем мини-завод GMP на месте. Спрос есть: те же генераторы технеция, например, поступают в более чем 400 бразильских клиник.

— Каков источник инвестиций в проекты развития?

Коротко

В чем измеряют изотопы

Радиоактивные изотопы — в кюри или ГБк (гигабеккерелях).

Конечные изделия, такие как генератор технеция, — штуками.

Стабильные изотопы — мерами массы и объема (граммами, литрами и проч.).

— Мы предлагаем партнерам различные варианты: прямые покупки, комиссионные вознаграждения, обеспечиваем гарантированный заказ в формате «бери или плати». Считаю, что правильное построение кооперации позволяет предприятиям стабильно нарабатывать востребованный рынком объем продукции, а нам — покрывать свои затраты и в ряде случаев накапливать инвестиционный ресурс для реализации проектов, которые будут определять развитие и, надеюсь, станут гордостью атомной промышленности через 10 лет.

Производственные мощности

— Вопрос, который интересует многих: некоторые изотопы нарабатываются в каналах реакторов РБМК. Но они постепенно выводятся из эксплуатации. Как планируется решать эту проблему?

— Росатом ведет планомерную работу над продлением срока эксплуатации РБМК. Кроме того, увеличивается количество блоков, которые занимаются облучением мишеней. Кобальт-60 недавно начали нарабатывать Смоленская и Курская АЭС. Традиционно, уже более 30 лет, этим занимается Ленинградская АЭС, которой в этом году исполнилось 50 лет. Расширяется и номенклатура: кроме традиционных изотопов кобальта и молибдена для генераторов технеция, в 2017 году ЛАЭС начала выпускать из теллура йод-131, а в сентябре этого года получила лицензию на выпуск лютеция-177. И мы ожидаем, что как минимум до 2034 года блоки будут эксплуатироваться.

Но сказать, что станции вносят незаменимый вклад в производство изотопной продукции, нельзя. Нет ни одной позиции, которая уникально производится на РБМК. Например, среднеактивный кобальт производится и на ПО «Маяк». Наиболее широкую номенклатуру изотопов производят на исследовательских реакторах. Тут в самом деле есть о чем задуматься. В России 7 из 24 исследовательских реакторов (ключевых производителей изотопной продукции) в мире, это порядка 30%, мы лидеры. Но чтобы лидерство сохранить, нам нужно в бодром темпе запускать проект сооружения нового реактора, который эти мощности на первых порах дополнит, а впоследствии заместит. Действующие реакторы возрастные.

Эксплуатирующие организации — НИИАР, ИРМ и НИФХИ им. Л. Я. Карпова — ведут большую работу по продлению ресурса исследовательских реакторов, но он, безусловно, не бесконечен. А проектирование и сооружение нового реактора в сегодняшних условиях с учетом требований экономики и безопасности — небыстрый процесс. Поэтому, конечно, хотелось бы большей консолидации всех отраслевых игроков для того, чтобы у нас такой реактор в самое ближайшее время появился. Тогда мы могли бы более интересные решения предлагать и зарубежным партнерам.

— Какие? Строить исследовательские реакторы? Нарбатывать изотопы?

— Конфигурации могут быть разные. Например, как на МБИР — создать консорциум. Тогда участникам нужно будет не строить самим такой реактор, а проинвестировать некоторую сумму и получить гарантированное право на использование доли его мощностей в будущем. Сейчас во многих образовательных учреждениях, где установлена уникальная аппаратура, которую другим приобрести затратно или даже невозможно, создаются центры коллективного пользования. Вуз владеет мощностями, а заинтересованные организации приходят и договариваются об использовании.

— Но страны, которые интересуются наработкой изотопов, захотят гарантий. А как их давать, учитывая опыт пандемийных и геополитических ограничений, когда те, кто были твоими друзьями, могут сказать тебе нет?

— Да, хочется иметь что-то свое. Но исследовательский реактор — проект дорогой и сложный. Совершенно не обязательно строить их по миру везде, так они никогда не окупятся и не будут загружены. Поэтому форматы коллективного использования точно будут востребованы. По этому направлению нам руководство отрасли недавно поставило задачу, активно работаем.

Перспективы российского рынка

— Какова сейчас ситуация на российском рынке радиофармы? Есть мнение, что он неадекватно маленький по сравнению с количеством населения.

— Это так. Один из показателей развития ядерной медицины — количество гамма-камер для диагностических исследований на 1 млн человек. По этому показателю, например, Бразилия и Беларусь опережают нас вчетверо. У нас порядка одной гамма-камеры на 1 млн человек, там порядка четырех. И это средний мировой показатель. От лидеров, США, мы в 40 раз отстаем.

— Есть вероятность, что спрос вырастет?

— Да, и сегодня, в том числе благодаря дорожной карте с Минздравом, мы на этот вопрос отвечаем более уверенно, чем два года назад.

— Почему? Понятно, почему «Газпром» заинтересовался отечественными поставками, но что изменилось в государственном клиническом сегменте?

— Была иллюзия, что можно в любой момент обеспечить внутренний рынок высокотехнологичными зарубежными препаратами, которые якобы априори лучше. У зарубежных компаний есть ресурсы, чтобы убедить кого угодно в том, что они самые лучшие, — я уже приводил пример.

— Но это не гамма-камеры. Их больше не стало.

— К сожалению, да. Если в СССР было около 220 гамма-камер, сейчас их 170. В Иране, напротив,

«Правильное построение кооперации позволяет предприятиям стабильно нарабатывать востребованный рынком объем продукции, а нам — покрывать свои затраты и накапливать инвестресурс для реализации проектов, которые, надеюсь, станут гордостью атомной промышленности через 10 лет».

только за последние 10 лет количество гамма-камер выросло со 100 до 220. По данным Минздрава, статистика смертности определяется двумя направлениями — онкологией и кардиологией. И диагностика в кардиологии — как раз то направление, где может развиваться российский радиофармацевтический рынок. В мире в центрах ядерной медицины или поликлиниках с радиологическим отделением прежде всего ведется диагностика кардиологических заболеваний. В той же Бразилии в каждом из 400 центров выполняются кардиологические исследования, а онкология уже на втором месте, в Иране кардиологические исследования везде делают. У нас же исторически сложилось, что двигателем ядерной медицины была именно онкология. Есть крупные центры в столицах, а распространения диагностики с помощью РФП до уровня районной поликлиники нет. В онкологии также надо перестраивать систему клинических рекомендаций. Сложилась такая практика, что на радиотерапию направляют больных в терминальной стадии. Причем выделяют на это по ОМС разные суммы в разных регионах. Конечно, РФП не панацея, но у них точно есть свои ниши, в которых можно и нужно развиваться. Производственные мощности есть, но нужно, чтобы вся инфраструктура потребления ядерной медицинской продукции в России развивалась синхронно.

В регуляторной рамке

— Над какими регуляторными улучшениями работаете вместе с госструктурами?

— Вопросов много, от операционных до стратегических. Например, в начале 2022 года был ограничен вывоз определенного вида баллонов, и мы не могли отправить продукцию, которая ни в чем, кроме таких баллонов, не поставляется. Спасибо госкорпорации, которая оперативно собрала воедино все проблемы и помогла решить вопросы с Минпромторгом и таможней.

Для Калининграда возникла проблема с сокращением числа авиарейсов, а изотопы перевозятся

самолетами. Контейнер обеспечивает безопасность, но существует транспортный индекс, который ограничивает количество и мощность генераторов, которые можно взять на борт. И авиакомпания, может быть, и хочет взять больше, но транспортный индекс не позволяет. Мы идем навстречу, поставляем два генератора меньшей активности. Такие задачи мы решаем каждый день и, надеюсь, что с взаимным пониманием всех участников, будем решать дальше.

Работаем над тем, чтобы исключить нас из числа экспортеров, которые платят экспортную пошлину 7%. Мы поставляем продукцию, при создании которой применяются сложные технологические процессы, уникальные технологии, и мы считаем, что она не менее высокотехнологична, чем та, что уже исключена.

Плотно работаем с Минздравом и Росздравнадзором по формированию требований к регистрации препаратов. До того как регулятор разрешит использовать тот или иной продукт, надо провести определенные испытания, чтобы убедиться в его безопасности. Чтобы препарат использовался не под ответственность конкретных врачей, как сейчас — по приказу № 1218 Минздрава — в каждой клинике отдельно, а системно поставлялся в промышленных масштабах от Калининграда до Владивостока. Это множество процессов, которые все стараются максимально синхронизировать. От скорости их прохождения и от того, насколько успешно все сойдется в одной точке, будут зависеть сроки вывода конкретных препаратов на рынок.

Минздрав ведет с другими странами большую работу по взаимному признанию стандартов проведения исследований. Если мы будем заново проводить исследования в каждой стране, куда планируем поставлять препараты, это выльется в невообразимые деньги, да и людей, честно говоря, не будет

хватать. Чтобы ускорить процесс выхода на рынок, есть мировая практика признания. Это, во-первых, совместные исследования, во-вторых, признание национальных сертификатов GMP. Если препарат уже исследован уважаемым центром, то все остальные могут этими результатами пользоваться. Мы очень рады, что за эту работу взялись на самом высоком уровне, прошло несколько совещаний с участием министра здравоохранения, видно, что он в эту тему вовлечен и эта тема востребована. Минздрав поддержку оказывает, и мы рассчитываем, что благодаря ей ядерная медицина в России будет развиваться.

— **Регистрация радиофармпрепарата в России — это сложно?**

— Разумное содействие и упрощение требований уже идет. Недавно вышла новая версия программы Минпромторга по развитию фармацевтической промышленности до 2030 года. В ней предусмотрен механизм научных консультаций. Такая программа уже действует в Европе. Сейчас наши госорганы не дают консультации, ты просто подаешь заявку, и если они соглашаются, то выдают лицензию, разрешение, регистрационное удостоверение. Если нет, то пишут замечания и отправляют на доработку. Но в случае с такими сложными историями, как завод радиофармпрепаратов,— это потеря огромных денег и времени. Надо провести исследования, параллельно спроектировать линии технологически определенным образом. И если тебе по результатам всего этого выдадут отрицательное заключение, придется перестраивать завод. Но это так затратно, что даже Росатом, наверное, второй раз на это не пойдет. Поэтому предусмотрена возможность получать научные консультации, чтобы тебя сразу направили по нужному пути для формирования необходимого пакета документов. Такие шаги навстречу крайне важны.

— **Получится ли построить и сертифицировать в России в нынешних условиях завод в Обнинске? GMP — это все-таки зарубежный стандарт.**

— Во-первых, действует национальный стандарт GMP. В соответствии с ним НИФХИ им. Л. Я. Карпова получает обновленный сертификат на производство. Есть евразийский GMP. Предполагалось, что он заработает раньше, но пока разрешили пользоваться национальными GMP. Евразийский GMP должен заработать в 2025 году. Но, конечно, все, кто связан с этой темой, понимают, что сертификация GMP — инструмент конкурентной борьбы. Им наши «партнеры» и раньше пользовались, пользуются и сейчас. Почему мы спокойно к этому относимся? Потому что у нас есть то, чего они либо не могут взять нигде, кроме как у нас, либо могут, но гораздо дороже, в ограниченном объеме и так далее. Поэтому мы свои встречные требования в состоянии озвучить и сможем договориться на правильных условиях. В итоге же, надеюсь, мы будем по всему миру поставлять радиофармацевтическую продукцию, которая станет не менее известным брендом Росатома, чем атомные электростанции.

По высоким стандартам

Госкорпорация «Росатом» является одним из мировых лидеров по производству медицинских изотопов, полностью обеспечивает потребность в них на российском рынке и поставляет в более чем 50 стран мира. Росатом выпускает 11 радиофармпрепаратов для диагностики, лечения и тераностики онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний, радиоизотопная продукция госкорпорации позволяет проводить в России порядка одного миллиона диагностических и терапевтических процедур ежегодно. Но система здравоохранения нуждается в куда более широкой номенклатуре РФП. Поэтому Росатом в настоящее время реализует один из важнейших проектов в области здравоохранения — строительство крупнейшего в Европе завода по производству радиофармацевтических препаратов в городе Обнинске Калужской области. Завод будет построен по стандартам GMP (Good Manufacturing Practice — надлежащая производственная практика) и позволит полностью удовлетворить потребности российских врачей и пациентов в радиофармацевтических препаратах. К 2025 году 21 технологическая линия будущего завода будет выпускать более 25 наименований РФП.

На базе завода в Обнинске будет производиться широкая номенклатура радиофармпрепаратов и активных фармацевтических субстанций, включая наиболее востребованные продукты на основе йода-131, самария-153, молибдена-99. Также завод представит перспективные активные радиофармацевтические субстанции и радиофармацевтические лекарственные препараты на основе лютеция-177, актиния-225, радия-223 и других изотопов.

РФП, произведенные на заводе Росатома, будут использоваться специалистами в области ядерной медицины для лечения пациентов, у которых диагностированы нейроэндокринные опухоли, миелоидные

заболевания, рак предстательной железы, почек, костных тканей, слюнных желез, опухоли головного мозга, солидные опухоли, нейробластома, рак легких, яичников, мочевого пузыря, молочной железы, кожи, печени, поджелудочной железы, кишечника, щитовидной железы, неходжкинские лимфомы и многие другие нозологии.

Централизация максимально полного спектра услуг в едином контуре Росатома сократит издержки на каждом этапе производства, что позволит снизить стоимость радиофармпрепаратов для жителей нашей страны. Размещение производства в Обнинске обеспечивает оперативность поставок радиофармпрепаратов в медицинские учреждения по всей стране и миру. Для этого есть собственный спецавтопарк и развитый авиационный хаб.

9 октября 2023 года на форуме «Биотехмед-2023» в Сочи дивизион «Технологии здоровья» госкорпорации Росатом, Министерство промышленности и торговли РФ, правительство Калужской области и администрация Обнинска подписали специальный инвестиционный контракт (СПИК) в рамках реализации проекта строительства завода по производству РФП. Крупнейший проект Росатома в сфере здравоохранения признан стратегически важным для обеспечения лекарственной безопасности страны и получил поддержку государства в рамках СПИК. Документ был подписан заместителем председателя правительства — министром промышленности и торговли Российской Федерации Денисом Мантуровым, губернатором Калужской области Владиславом Шапшой, главой городского самоуправления городского округа «Город Обнинск» Геннадием Артемьевым и генеральным директором АО «Русатом Хэлскеа» Игорем Обрубовым.

«Госкорпорация «Росатом» является партнером Минпромторга РФ и Минздрава РФ по ключевым направлениям в обеспечении технологического суверенитета страны в области здравоохранения: в создании современной медицинской инфраструктуры, производстве высокотехнологичного медоборудования, цифровизации и фармпроизводстве. Со стороны государства мы видим мощный запрос на развитие отечественных технологий по производству радиофармпрепаратов. Параллельно со строительством завода мы ведем клинические и доклинические исследования ряда инновационных РФП, которые планируются к выпуску на технологических линиях завода. Если говорить о сооружении объекта, сейчас идут монолитные работы по возведению каркаса здания, мы планируем их завершить уже в 2024 году. Подписанный сегодня специальный инвестиционный контракт наглядно демонстрирует важность работы, которую Росатом ведет для увеличения продолжительности и повышения качества жизни россиян», — отметил при подписании СПИК генеральный директор АО «Русатом Хэлскеа» Игорь Обрубов.

На фото

ОРНИ — открытые радионуклидные источники, полученные при помощи циклотрона, из которых в лаборатории делают радиофармпрепарат



Справка

«Технологии здоровья» (АО «Русатом Хэлскеа») — дивизион, аккумулирующий экспертизу госкорпорации «Росатом» в сфере здравоохранения. Компания создана на базе предприятий и институтов Росатома с целью комплексного развития медицинских технологий в России и за рубежом. Среди направлений, которые развивает дивизион «Технологии здоровья», — производство и поставка изотопной продукции.

Изотопные технологии	Производство	На фото
	Текст: Ольга Ганжур Фото: ФГУП «ГНЦ РФ — ФЭИ», газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров, АО «ГНЦ НИИАР», АО «В/О «Изотоп»	Работа участка выпуска микроисточников для брахитерапии в ФЭИ

Радионуклиды родом из НИИ

Изотопы Росатома: для здоровья, науки и техники

На исследовательских установках научных институтов Росатома нарабатывают уникальные изотопы, которые применяются во многих областях — от фундаментальной науки до промышленности. В том числе из них делают радиофармпрепараты, которые эффективно лечат даже такие формы рака, которые еще недавно звучали как приговор.



Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского, г. Обнинск

ФЭИ производит несколько сырьевых изотопов, в том числе актиний-225, который считается одним из самых перспективных радионуклидов для терапии целого ряда онкологических заболеваний. Причем в случае с актинием-225 ФЭИ — один из трех производителей в мире и единственный в России. Этот радиоизотоп позволяет уничтожать опухолевые клетки, максимально сохраняя здоровые ткани, демонстрирует эффективность и высокий потенциал в лечении неоперабельных метастатических форм рака.

Благодаря оптимизации технологии получения актиния-225 традиционным способом из распадающегося тория-229, улучшению контроля качества при производстве альфа-эмиттеров, а также внедрению в институте системы менеджмента качества при производстве радиоизотопной продукции в соответствии с ISO 9001 удалось существенно нарастить

объемы наработки актиния и увеличить занимаемую долю рынка с 35 до 50%. Запущен проект по созданию производства актиния-225 инновационным способом облучения мишени при помощи ускорителя частиц (фотоядерным способом), что позволит удовлетворить все возрастающую потребность в этом уникальном изотопе не только в России, но и в других странах.

Также с 2004 года генераторы рения-188 ГРЕН-1 от ФЭИ поставляются в медицинские и научно-исследовательские учреждения, в том числе Индии и Китая. Они позволяют синтезировать радиофармпрепараты для терапии злокачественных новообразований, костных метастазов, ревматоидных артритов и других патологических процессов.

Кроме того, в ФЭИ на основе радионуклидов делают такие изделия для ядерной медицины, как

На фото
Производство изотопов на модернизированном исследовательском ядерном реакторе ИВВ-2М в ИРМ

офтальмоаппликаторы с рутением-106. Они нужны для лечения онкологических заболеваний глаза и окологлазной области.

В 2016 году в институте освоили производство микроисточников с йодом-125 в стрендах для брахитерапии рака предстательной железы. В отличие от дистанционной лучевой терапии, при которой на пораженный участок воздействуют снаружи, в брахитерапии источники вводят внутрь опухоли. Это позволяет нанести максимально точный удар, не задев здоровые органы и ткани. А поскольку источники излучения низкоэнергетические, внешнего фона почти нет — их «носитель» абсолютно безопасен для окружающих.

Раньше российским клиникам приходилось закупать микроисточники за рубежом, в среднем по 100 евро за штуку. Стоимость продукции ФЭИ в 1,5 раза ниже. Сегодня постоянные клиенты института — клиники Москвы, Обнинска, Нижнего Новгорода, Екатеринбургa, Санкт-Петербурга и др.

В 2019 году НМИЦ радиологии Минздрава России, ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России и ФЭИ разработали радиофармацевтический препарат на основе иттрия-90 для радиоэмболизации и радиосиноэктомии, которые являются эффективными методами нехирургического лечения первичного и вторичного рака печени, а также ревматоидного артрита.



Институт реакторных материалов, г. Заречный Свердловской области

Изотопная продукция ИРМ поставляется по России, а также в США, Великобританию, Южную Корею, Китай, Иран, Польшу, Бразилию. Нарбатывают радионуклиды на исследовательском водо-водяном реакторе ИВВ-2М с тепловой мощностью 15 МВт.

В институте производят соединения, меченные углеродом-14 (бензол, анилин, метанол, цианиды калия, натрия, цинка и др.), — прекурсоры для фармацевтики и ядерной медицины. Они нужны для тестирования новых лекарственных средств. Изотоп лютеций-177 и радиофармацевтический прекурсор на его основе производства ИРМ используют для целевой точечной радионуклидной терапии нейроэндокринных опухолей, которые в большинстве случаев плохо поддаются лечению стандартными методами.

Институт производит источники на основе иридия-192 и селена-75, а также иридий-192 в виде дисков, которые являются сырьем для производства источников для радиографии — промышленной дефектоскопии в газовой, нефтяной, судостроительной, атомной, металлургической промышленности. Отработана также технология изготовления самих источников. Рассматриваются возможности производства микроисточников на основе иридия-192 для брахитерапии. Цезий-131 от ИРМ используется в брахитерапии опухолей простаты, легкого, головного мозга.

Институт намерен расширять линейку изотопов. Один из проектов — создание линии производства тросовых источников на основе иридия-192. Такие источники нужны для проведения брахитерапии, направленной на лечение онкологических заболеваний.



Научно-исследовательский институт атомных реакторов, г. Димитровград

НИИАР — один из ведущих в мире производителей радиоизотопов для ядерной медицины и науки. Изотопы из Димитровграда отправляют в европейские страны, на Ближний Восток, в США, Бразилию, Австралию и ближнее зарубежье. Самая востребованная продукция — это молибден-99, стронций-89, йод-131, йод-125, лютеций-177, вольфрам-188, цезий-131, а также изделия (источники ионизирующего излучения и облученные материалы) на основе радионуклидов калифорния-252, селена-75, кобальта-60 и иридия-192. НИИАР является единственным в России и одним из двух в мире (наряду с Ок-Риджской национальной лабораторией, США) ядерным центром, производящим изотопы трансплутониевых элементов на регулярной основе. Одним из таких элементов является калифорний-252, находящий применение и в технике, и в науке, и в медицине как источник нейтронного излучения.

Основа технологической базы ГНЦ НИИАР — это уникальные исследовательские реакторы. На высокопоточном СМ-3 можно получать широкий спектр радиоактивных изотопов. Главным их преимуществом является высокая удельная активность, недоступная при облучении в других реакторах. Для выделения целевых изотопов из облученных мишеней в институте создан радиохимический комплекс, представляющий собой систему защитных сооружений — радиационно-защитных камер и боксов для безопасной работы с радиоактивными веществами. Для доставки готовой радионуклидной продукции

заказчикам есть защитные контейнеры и собственный специализированный транспорт.

В прошлом году специалисты НИИАР и Федерального научно-клинического центра медицинской радиологии и онкологии ФМБА России разработали первый отечественный радиофармпрепарат на основе радия-223. НИИАР нарабатывает радиоизотопное сырье, а в медицинском учреждении производится собственно радиофармацевтический лекарственный препарат. Во время клинических исследований он продемонстрировал безопасность и эффективность при лечении костных метастазов рака предстательной железы. После завершения всех исследований он позволит импортозаместить иностранный оригинальный препарат, которому не уступает в качестве при более низкой цене, и обеспечить независимость российских учреждений здравоохранения от зарубежных поставок.

В сентябре этого года в Федеральном научно-клиническом центре медицинской радиологии и онкологии ФМБА России пролечили первых пациентов с диагнозом метастатический кастрационно-резистентный рак предстательной железы новым радиофармацевтическим препаратом на основе лютеция-177, наработанного в НИИАР. ¹⁷⁷Lu-PSMA — таргетный радиофармацевтический препарат, который прицельно поражает раковую клетку предстательной железы с минимальным воздействием на окружающие ткани и эффективно уничтожает новообразования и метастазы.

Справка

Изотопы — это разновидности атомов одного химического элемента. В их ядрах одинаковое число протонов и разное — нейтронов. У изотопов одинаковая структура электронных оболочек и близкие химические свойства, но разная масса ядер. В периодической системе химических элементов Менделеева изотопы занимают одну и ту же позицию. Изотопы могут быть как стабильные, так и нестабильные — радиоактивные. Ядра последних подвержены распаду — самопроизвольному (спонтанному) превращению в другие ядра с испусканием различных частиц.

Как правило, в естественных условиях встречаются только стабильные изотопы, однако в природе можно обнаружить и некоторые радиоактивные изотопы, в основном те, у которых пе-

риод полураспада превышает возраст Земли и которые не успели распасться за время ее существования (например, калий-40, торий-232 или уран-238). В настоящее время известно более 270 стабильных изотопов и более 2500 радиоактивных.

Стабильные изотопы широко применяются в атомной энергетике, электронике, медицинских исследованиях, метеорологии, физике, химии, биотехнологиях, агрохимии и в других областях науки и техники. Например, по количеству и соотношению разных изотопов водорода в воде можно определить ее возраст и происхождение, эта методика называется изотопной гидрологией. Измеряя содержание дейтерия в крыльях бабочек, ученые изучают пути их миграции. Используя биоазотные

удобрения, помеченные стабильным изотопом азот-15, ученые могут определять, насколько эффективно посевы усваивают удобрения.

Нестабильные изотопы используются как источники радиоактивного (альфа-, бета-, гамма- и нейтронного) излучения. В медицине они нужны для диагностики и лечения, прежде всего онкологических заболеваний, для радиационной стерилизации медоборудования. В сельском хозяйстве — для получения новых видов растений с помощью радиационно-индуцированных мутаций, борьбы с вредными насекомыми, продления срока годности продукции и повышения всхожести семян. В геологии — для радиометрического анализа и активационных методов разведки в геофизике.

Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург

Радиевый институт уже более 30 лет обеспечивает потребности Санкт-Петербурга в радиофармацевтических препаратах для диагностики различных заболеваний на основе таких изотопов, как технеций-99m, йод-123, галлий-67 и др. За год в клиниках Северной столицы проводится около 10 000 диагностических процедур с использованием продукции института. Радиофармпрепараты института поступают также в московские клиники.

Изотопы в Радиевом институте нарабатывают на циклотроне. Затем на специальных участках происходит извлечение изотопа из облученных мишеней и доведение его до состояния готового препарата. Производство радиофармпрепаратов осуществляется в чистых помещениях с использованием экстракционного, радиационно-защитного, хроматографического и другого оборудования.

Радиевый институт работает над созданием инновационных технологий и расширением линейки диагностических и терапевтических препаратов на основе технеция-99m, радия-223, тория-227, тербия-161, а также германий-галлиевого генератора. Некоторые из разработок предназначены для лечения онкологических заболеваний, неизлечимых в настоящее время. В 2023 году в институте состоялся запуск производственного участка по наработке радия-223, благодаря чему уже состоялись первые отгрузки в несколько ведущих клиник России, в частности в Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. ак. А. М. Гранова, специалисты которого помогают в разработке технологии производства препарата.

В 2026 году в Радиевом институте планируется запуск нового циклотрона с энергией протонов до 30 МэВ и создание Росатомом на его базе Центра циклотронных технологий в Санкт-Петербурге.

Радионуклидные источники (РНИ) Радиевого института широко известны как в России, так и во всем мире. Институт — единственный, кто изготавливает радионуклидные источники по индивидуальным заказам. Если в ассортименте не нашлось продукта с заданными характеристиками, то институт сделает его под конкретного клиента. Источники ионизирующего излучения используются в составе разнообразных установок радиационной техники и являются объектом и средством национальной и международной стандартизации. В связи с этим часть из них используется в радиоизотопном приборостроении как метрологический инструмент, эталон и средство измерения.

Продукция института насчитывает более 100 наименований закрытых источников альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения на основе 27 радионуклидов (от трития до калифорния-252). РНИ используются в оборудовании, определяющем взрывчатые вещества, в составе приборов космических аппаратов, в производстве микроволновых приборов и устройств для всех видов специальной техники, в электронных системах управления ракетно-космической техники, а также в высокоточной поверочной аппаратуре всех видов. Источниками, производимыми Радиевым институтом, снабжены инспекторы Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ).



Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л. Я. Карпова, г. Обнинск

НИФХИ производит как радионуклиды медицинского назначения, так и готовые радиофармпрепараты и медизделия. Продукция института поставляется в Иран, Китай, Индию, Польшу. На основе йода-131 делают радиофармпрепараты для обнаружения и лечения заболеваний щитовидной железы, почек и печени. На основе молибдена-99 организовано производство генераторов технеция-99m, который является наиболее эффективным в функциональной диагностике практически всех органов человека и обнаружении на самых ранних стадиях онкологических заболеваний (по областям применения РФП в диагностике и лечении на кардиологию приходится 46% (диагностика), онкологию — 34%, неврологию — 10%, небольшая доля также приходится на эндокринологию и ревматологию). В институте производится более 90% генераторов технеция, используемых в стране, и около 80% препаратов йода-131. В июне 2023 года Росатом выиграл международный тендер на обеспечение 100% потребностей Республики Беларусь в генераторах технеция-99m. В сентябре прошли первые отгрузки.

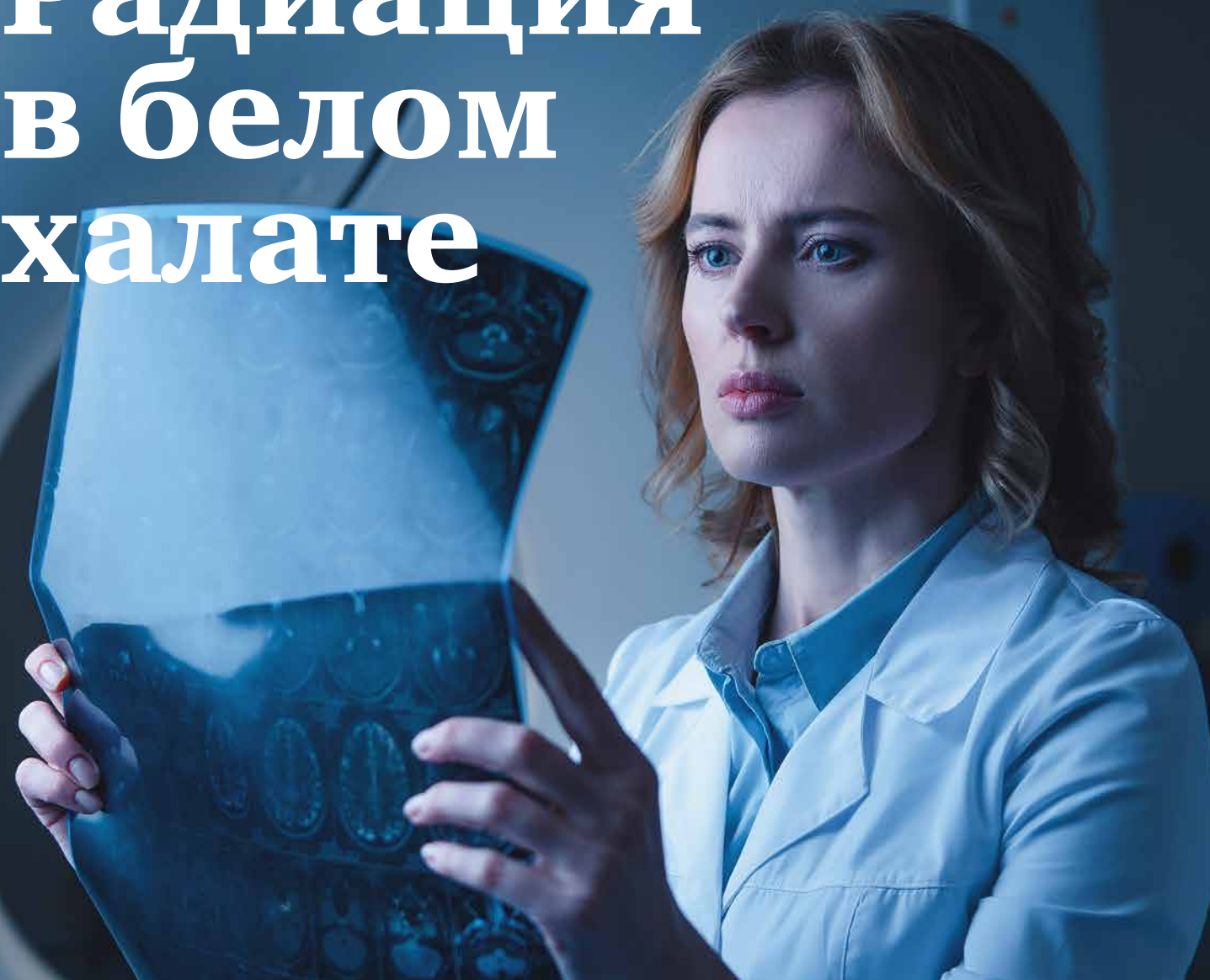
Институт — единственный в России производитель препарата «Самарий, ¹⁵³Sm оксабифор». Он обладает способностью избирательно накапливаться в метастатических очагах в костной ткани и воздействует на клетки метастатического или воспалительно-го очага и окружающие его нервные окончания,

вызывая одновременно обезболивающий и антипролиферативный эффект. Также институт — единственный в стране, кто производит препарат «Уреакапс», который используется для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Для разработки и производства изотопов в НИФХИ есть комплекс с исследовательским ядерным реактором ВВР-ц с постоянным потоком нейтронов. Уникальность этой ядерной установки — в наличии широкого энергетического спектра нейтронов с высокой плотностью потока, большого количества технологических каналов, современных прецизионных измерительных установок.

На площадке НИФХИ идет строительство крупнейшего в Европе завода радиофармацевтических препаратов, где будут выпускать продукты на основе йода-131, самария-153, молибдена-99, лютеция-177, актиния-225, радия-223 и др. Широкая линейка РФП позволит лечить широкий спектр заболеваний: нейроэндокринные опухоли, миелоидные заболевания, рак предстательной железы, почек, костных тканей, слюнных желез, опухоли головного мозга, солидные опухоли, нейробластома, рак легких, яичников, мочевого пузыря, молочной железы, кожи, печени, поджелудочной железы, кишечника, щитовидной железы, неходжкинские лимфомы и т. д.

Радиация в белом халате



В массовом сознании существует стереотип, согласно которому радиация — это угроза всему живому, а в больших количествах организм, даже весьма массивным, она несет лучевую болезнь и смерть. Этот стереотип, корни которого у наших современников закладываются чуть ли не с детства, конечно, имеет под собой веские основания. Например, ионизирующее излучение смертоносно в космическом пространстве, а персоналу радиационно опасных промышленных объектов необходимо постоянно контролировать уровни собственного облучения. И тем не менее есть области, где радиация несет не опасность, а благо. Радиоактивные изотопы поступили на службу врачам несколько десятков лет назад, и сегодня термин «ядерная медицина» уже никого не удивляет. О том, как изотопы помогают диагностировать опасные заболевания и успешно вылечивать их, «Вестнику атомпрома» рассказывают специалисты, которые работают в этой области здравоохранения.



«Стереотип о том, что изотопы помогают бороться только с онкозаболеваниями, давно устарел»

О направлениях применения изотопных технологий в практической медицине рассказывает заведующая радионуклидным диагностическим отделением Сеченовского Университета Минздрава РФ кандидат медицинских наук Елена Василенко.

— Елена Игоревна, сколько времени потребовалось человеку, чтобы осознать, что законы ядерных взаимодействий можно использовать не только в технике высоких энергий — военной и гражданской, но и в медицине, решая с их помощью delicate задачи здравоохранения?

— Как известно, использование ядерных технологий развивается с тех самых пор, как человеку удалось проникнуть в тайны строения атома. Пионером в ядерной медицине, эксплуатирующей свойства радиоактивных изотопов, выступил американец Луис Соколофф — сын русских эмигрантов из Филадельфии, использовавший меченую глюкозу для оценки работы нейронов головного мозга. Эпоха устойчивого расцвета применения радиофармпрепаратов началась в 1970–1980-е годы, когда врачи научились лечить при помощи радиоактивного изотопа йода заболевания щитовидной железы. Сейчас число известных лекарственных препаратов увеличивается на несколько наименований ежегодно, и думаю, что такие темпы — далеко не предел.

— Многие привыкли называть радиофармпрепаратами только лечебные средства. Справедливо ли такое ограниченное применение термина и как в таком случае правильно именовать использующиеся в диагностике радиоактивные изотопы?

— Согласно ныне действующему приказу Минздрава РФ, и лечебные, и диагностические средства относятся к радиофармацевтическим лекарственным препаратам. Так что с точки зрения терминологии государство большой разницы между ними не видит. Но вы правы в том смысле, что врачи сначала использовали радиоактивные изотопы в диагностике заболеваний, в первую очередь связанных с развитием опухолей. Например, при диагностике рака щитовидной железы используется специфическое свойство этого органа накапливать и перерабатывать йод. Поэтому, вводя пациенту радиоактивный йод-131, мы получаем четкую картину характерных патологий именно щитовидной железы.

— Каким образом врач при помощи изотопов видит работу внутреннего органа? Чем использование радиоактивных изотопов отличается

от привычных в лечебной повседневности рентгена, компьютерной томографии, МРТ?

— Во всех перечисленных методах в результате «просвечивания» тела мы видим анатомическую картину, то есть наблюдаем внешний вид органа и внутреннее строение так, как они выглядят в лучах внешнего источника. Диагностика же при помощи радиоизотопов не зря называется функциональной: мы видим не столько, как тот или иной орган выглядит, сколько (преимущественно), как он работает. Условно говоря, почек у пациента две, но одна из них может не функционировать, и наш метод это покажет, а рентген — нет. Работает это следующим образом. Жидкий раствор изотопа вводится пациенту (чаще всего внутривенно), и далее он кровотоком разносится по организму. В «контрольной точке» (например, в случае с йодом-123 — в щитовидной железе) он закрепляется. Регистрируя его специфическое гамма-излучение внешним детектором, мы наблюдаем, как работает орган человека: корректно или с нарушениями. То есть в данном случае источником радиации, помогающей обследовать пациента, становится само его тело, а не внешнее устройство.

— Вы уже упомянули, что радиоизотопы сегодня активно применяются и в лечении. На каком уровне здесь действует терапия — ионизирующее излучение бьет по злокачественному образованию и разрушает его клетки?

— В том числе, во всяком случае, именно с этого начиналось применение радиоизотопов в лечении заболеваний. Оказалось, здесь на руку сыграло еще одно специфическое свойство йода-131 — присущее этому изотопу заметное бета-излучение, эффективно «расправляющееся» с патологией. По сей день по универсальности использования этому изотопу равных нет: при помощи гамма-квантов он выявляет пораженные участки в органе, а потоком мягких электронов бьет по клеткам новообразований так, что они перестают делиться.

Но с тех пор медицина в нашем направлении шагнула вперед. К примеру, сегодня при лечении дифференцированного рака щитовидной железы среднего и высокого риска рецидива обычной стала борьба не только с раковыми клетками, но и с тиреоцитами — специфическими здоровыми клетками щитовидной железы, наличие которых считается серьезным риском рецидива онкозаболевания. Выявлен характерный маркер, который показывает наличие у человека таких клеток, — гормон тиреоглобулин. В идеале после лечения онкозаболевания тиреоглобулина у пациента быть не должно. Если анализы показывают его наличие, значит, в щитовидной железе присутствуют

тиреоциты и вероятен рецидив онкообразований. Тогда мы готовимся к новым сеансам терапии.

Да и помимо онкозаболеваний терапия в ядерной медицине находит все более широкое применение. У той же щитовидной железы мы научились лечить два неприятных заболевания, не относящихся к раковым опухолям. Например, знаменитую Базедову болезнь — диффузный токсический зоб, — которая истощает нервную систему, сосуды, сердце. В былые времена ее излечивали только хирургически. А сегодня можно посидеть две недели на диете, выпить безвкусную жидкость без запаха и, «заплатив» парой десятков «законных» миллизивертов, вылечиться амбулаторно. Похожая история с доброкачественной опухолью щитовидной железы — узловым токсическим зобом. Конечно, в массиве нозологий, при которых показана терапия с помощью радиоактивных изотопов, по-прежнему преобладают раковые опухоли. Зато в диагностике это уже давно не так! Гораздо чаще мы оцениваем, к примеру, работу сердца при ишемической болезни, почек... В общем, стереотип о том, что радиация помогает бороться только с онкозаболеваниями, неверен категорически.

— О каких дозах облучения можно говорить при стандартной процедуре?

— За один сеанс диагностики функции щитовидной железы пациент получает дозу облучения порядка одного миллизиверта, то есть такую, какая обычно сопровождается примерно два рентгеновских снимка. При терапии заболеваний, не относящихся к злокачественным опухолям, речь идет о примерно на порядок больших дозах. При успешной борьбе с раком щитовидной железы доза достигает примерно полусотни миллизивертов. Предельные значения облучения пациента жестко не ограничены. Лечебные процедуры назначаются исходя из наилучшей тактики, способной обеспечить его жизнь и здоровье. Если для предотвращения нежелательного сценария требуется облучать больного дополнительными дозами, увы, приходится на это идти.

— Выше вы упомянули, что йод-131 уникален по своей способности как показывать пораженные участки в органе, так и бороться с их патологиями. Известен ли еще какой-то элемент, изотопы которого демонстрировали бы подобную двойственную универсальность?

— На практическом уровне до последнего времени таких были единицы, и это сильно сковывало развитие ядерной медицины. Йод долгое время считался одним из счастливых исключений. И до сих пор конкретный изотоп определенного химического элемента применяется только либо как диагностическое, либо как терапевтическое средство. К примеру, если технеций-99m показывает, как функционирует миокард или печень, то лечить их этим радиофармпрепаратом невозможно. Стронций-89, напротив, практически бесполезен в диагностике, зато его бета-излучение прекрасно справляется с костными

метастазами. Но как раз сегодня один из мировых трендов — работа над созданием для определенного заболевания так называемых тераностических пар, то есть рабочих «двоек» различных изотопов двух разных (или даже одного и того же) химических элементов, один из которых гамма-излучением действует как диагностическое средство, а второй бета- или альфа-частицами — как лекарство. Своеобразным прорывом стало формирование такой пары для рака предстательной железы и его метастазов на основе лютеция.

— Скажите, а как вообще обстоят дела с доступностью радиофармпрепаратов в нашей стране? Хватает ли их для нужд пациентов?

— По количеству — да, отечественные производители обеспечивают подавляющее большинство спроса (незаменимые импортные препараты на основе радиоизотопов в общем объеме закупок составляют несколько процентов и чаще всего применяются при диагностике и лечении орфанных, то есть крайне редких, заболеваний). С линейкой препаратов мы выглядим хуже — она у нас не столь богата, как за рубежом, так что это поле для дальнейшего развития. Впрочем, я должна оговориться: это справедливо только для классической скинтиграфии. А в нашем деле есть еще стоящая немного особняком позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Не вдаваясь в подробности, скажу, что при ней в формировании изображения участвуют не один, как при скинтиграфии, а два гамма-кванта, возникающих при аннигиляции позитрона с электроном. Хотя по сути это та же радионуклидная диагностика на основе активных изотопов. Для ПЭТ просто в силу специфики производства отечественные предприятия пока не могут набирать необходимый объем специфических маркеров, хотя объемы по основным «рабочим лошадкам» они тоже закрывают.



На фото

Подготовка стартового материала для препарата йод-131 (НИИАР)



«Медицинских изотопов в России достаточно, но их производство надо выводить на качественно новый уровень»

О возможностях и перспективах применения изотопов для диагностики и терапии различных заболеваний рассказывает заместитель директора по инновационному развитию, заведующий отделом радионуклидной диагностики и терапии Национального медицинского центра эндокринологии доктор медицинских наук Павел Румянцев.

— Павел Олегович, область ваших профессиональных интересов — тераностика. Что это такое, если говорить простыми словами?

— Это современное медицинское направление, в котором диагностика и терапия сочетаются «в одном флаконе». Ведь, как говорил еще в V веке до нашей эры Гиппократ, хорошо лечится то, что можно хорошо увидеть. Тераностика в ядерной медицине, получившая наименование радиотераностики, выражается в поиске и лечении очагов болезни аналогичными средствами доставки радиоактивных изотопов.

Тераностика стартовала в эндокринологии, когда в начале 1940-х годов Сол Херц первым начал лечить пациентов с тиреотоксикозом (диффузной гиперфункцией щитовидной железы с интенсивным захватом йода). Через пару лет по тому же принципу был успешно пролечен случай рака щитовидной железы с высокой гиперфункцией метастазов, причем пациент страдал также тиреотоксикозом. Таким образом, врачи, впервые применившие радиоактивный йод для лечения тиреотоксикоза и рака щитовидной железы, оказались не радиологами и не онкологами, а эндокринологами.

В медицине сегодня радиотераностiku, пожалуй, можно назвать и самым мультидисциплинарным (с привлечением разных специалистов), и самым мультимодальным (с применением различных технологий) направлением. Для диагностики используются «поисковые» радиоизотопы (например, технеций-99m, йод-123, йод-124, фтор-18, галлий-68), а для лечения — «ударные» (например, йод-131, лютеций-177, актиний-225). В качестве средств обнаружения очагов накопления мы используем гамма-эмиссионной томографии: однофотонной (ОФЭКТ) или позитронной (ПЭТ). На практике современные ОФЭКТ и ПЭТ почти всегда комбинируются с компьютерной томографией. Во время же операции для поиска очагов накопления мы используем гамма-зонды — причем как для обычной открытой, так и для «закрытой», эндоскопической хирургии.

— Сравните, пожалуйста, возможности ОФЭКТ и ПЭТ с точки зрения диагностики и лечения. Что

в них общего, в чем они принципиально различаются? Какой из них точнее и качественнее и в каких именно случаях?

— Оба метода основаны на принципе сцинтиграфии, то есть детекции фотонов, поэтому собирательно их иногда называют молекулярной визуализацией. Они комплементарны, то есть и в ядерной медицине, и в тераностике, по сути, друг друга дополняют. Как правило, ПЭТ применяется только в диагностике, а ОФЭКТ — и в диагностике, и во время лечения. В силу того что в методе ОФЭКТ регистрируется один фотон от радиоизотопа, а в ПЭТ — два (которые вылетают в противоположных направлениях при аннигиляции позитрона и электрона), у первого из названных методов разрешающая способность ниже. В настоящее время он позволяет визуализировать очаги размером не менее 1 см, а ПЭТ — начиная с 4 мм. Кроме того, энергия фотонов от радиоизотопов для ПЭТ в несколько раз выше. В совокупности все это позволяет улучшить четкость и глубину визуализации, то есть повысить точность метода за счет лучшей чувствительности технологии. Перечни заболеваний, при которых предпочтительнее ОФЭКТ или ПЭТ, не совпадают. Но многие опухолевые заболевания, например нейроэндокринные опухоли или рак предстательной железы, можно визуализировать при помощи обоих методов. ОФЭКТ ничем не уступает ПЭТ в специфичности, при этом куда доступнее и менее затратен. ПЭТ не используется при радионуклидной терапии, а ОФЭКТ используется, в том числе для планирования и оценки эффективности терапии.

— Как бы вы оценили в динамике ситуацию с разработкой и внедрением новых радиофармацевтических лекарственных препаратов (РФЛП) для тераностики?

— За последние 15 месяцев в мире наблюдается экспоненциальный рост инвестиций в сферу ядерной медицины. Это объясняется не только наличием доступных средств у ищущих перспективные направления инвесторов, но и осознанием огромного потенциала роста рынка меченных радиоактивными изотопами молекул для терапии. Если оценивать прирост капитала в данное направление в абсолютных величинах, то рынок ядерной медицины в 2019 году составлял 4,1 млрд долларов, а к 2024-му ожидается его увеличение до 5,2 млрд долларов при среднегодовом темпе роста в течение пяти лет на уровне 4,7%. При этом ключевые игроки видят растущие доходы от терапевтических средств определенно более выдающимися, чем от диагностических. Повышенное внимание к радионуклидным технологиям в последние 20 лет сравнимо с ростом интереса к иммунотерапии рака в 1980–2000 годы: в то время фармацевтическая

индустрия предпочитала наблюдать эволюцию технологий через стартапы и разработки небольших компаний (большая часть из которых разорились, а оставшиеся довели технологии до совершенства, получив многомиллиардные прибыли).

— Кто и по какой причине вкладывает деньги именно в терапию?

— Спектр известных радиотерапевтических препаратов на сегодня превышает три сотни наименований и давно перекрыл перечень диагностических РФЛП, требующих гораздо меньших финансовых вложений. В течение последних полусотни лет радиофармацевтическая индустрия не располагала бюджетами для разработки подобных препаратов в государственных ведомствах. Деньги и инфраструктура на это были только у «традиционных» фармацевтических компаний, способных доводить радиофармпрепараты до рынка. В дополнение к своим огромным финансовым ресурсам они имеют к тому же доступ к целевой аудитории — врачам (онкологам, радиологам, эндокринологам и др.).

— Какие новинки сегодня определяют мировой тренд и каких новых разработок следует ждать в ближайшем будущем?

— Из мировых фармацевтических гигантов первыми начали заниматься этим направлением Bayer (Германия) и Novartis (Швейцария). Они вывели на рынок свои терапевтические РФЛП — Xofigo (радий-223) и Lutathera (лютеций-177) соответственно, — которые не содержат запатентованных фармоснований, но они не достигли (во всяком случае, пока) уровня блокбастеров, то есть продаж на сумму свыше миллиарда долларов в год. А вот следующее поколение терапевтических РФЛП, например глутамат металлокарбоксипептидаза II (или простатспецифический антиген, ПСМА, PSMA), будет базироваться на запатентованных наименованиях и имеет все шансы достичь уровня блокбастера. Новый радиолиганд — ¹⁷⁷Lu-PSMA-617, содержащий запатентованный лиганд (PSMA-617) для лечения рака предстательной железы (Novartis), выведен на мировой рынок в 2023 году под наименованием Pluvicto.

Помимо компании Novartis, активно инвестирующей в новые радиотерапевтические препараты (например, на основе FAPI — ингибитора протеина фибробластной активности для радионуклидной терапии большого числа злокачественных новообразований или CXCR4 — рецептора хемокина-4, используемого при миеломной болезни, лимфомах, альдостероме, раке пищевода, глиобластоме), заметен нарастающий интерес к отрасли по всему миру, например со стороны компаний iTheragnostics (Швейцария), Sofie Biosciences и Actinium Pharma (США), Scintomics (Германия) и др. Все они очень молоды и возникли на стыке ядерной медицины, фармацевтики и медицинской физики. Компания Telix Pharmaceuticals (Австралия) разрабатывает новейшие радиотераностики при раке предстательной железы (iPSMA,

Контейнер для перевозки радиофармпрепаратов в клинике «ПЭТ-Технолджи» (Тамбов)



J591), глиобластоме, раке почек, мочевого пузыря, яичников, комбинируя в своем продуктовом портфеле РФЛП на основе меченных лютецием-177 пептидов и моноклональных антител в сочетании с лютецием-177 и йодом-131.

Современные подходы в лечении нейроэндокринных опухолей и рака предстательной железы представлены не только радиотаргетной терапией в монорежиме, то есть одним РФЛП в течение всех курсов, но и применением «тандемных» радиофармпрепаратов, комбинированием одинаковых молекул-оснований с различными радиоизотопными метками (тераностический подход). Примером такой работы является последовательное применение ¹⁷⁷Lu-PSMA-617 и ²²⁵Ac-PSMA-617. Одной из первых компаний, специализирующейся на мечении лигандов альфа-излучателем актинием-225, стала Fusion Pharmaceuticals (Канада, США), образованная в 2014 году. Профилем компании Precision Molecular Inc. (США), созданной в 2019-м, является радиотаргетная терапия рака предстательной железы и других злокачественных новообразований с применением лютеция-177 и актиния-225. Начиная с 2020 года над созданием и внедрением радиотераностиков для терапии нейроэндокринных опухолей и рака предстательной железы на основе РФЛП с лютецием-177 активно трудятся компании из США: POINT Biopharma,

а также RayzeBio, ориентированная на аналогичные лиганды, меченные актинием-225.

— **Какие медицинские изотопы сегодня наиболее востребованы в России и в мире?**

— Для ОФЭКТ-диагностики это технеций-99m и йод-123. Для ПЭТ-диагностики — фтор-18 и галлий-68. Также большой интерес для практического здравоохранения представляют йод-124 и медь-64. Для терапии наиболее востребованы по-прежнему йод-131, а также лютеций-177, рений-188, иттрий-90 и актиний-225. Перспективными для тераностики считаются медь-67 и тербий-161.

— **По каким из них можно сказать, что имеющегося ассортимента перечня готовых препаратов в России не хватает и мы, по сути, импортозависимы?**

— Строго говоря, так сказать нельзя ни по одному из них. Но медицинское производство должно отвечать международным критериям надлежащей производственной практики стандарта GMP (Good Manufacturing Practice). А в России, увы, ни по одному из упомянутых радиоизотопов они не достигнуты, потому что у нас используются в основном сырьевые изотопы, качество которых не подтверждено международными стандартами.

На фото

Зарядка генератора технеция в горячей камере (НИИАР)



В то же время технологии производства «медицинских» радиоизотопов и радиофармпрепаратов на их основе постоянно обновляются и совершенствуются. Разрабатывается множество новых радиофармпрепаратов по принципу тераностических пар. Метить радиоактивной меткой уже можно практически любое диагностическое и лечебное вещество — от пептидов до моноклональных антител. Спектр таргетной радиофармацевтической терапии (радиометаболической, радиолигандной, пептид-рецепторной, радиоиммунной) активно пополняется, в мире ведется большое число доклинических и клинических исследований. Препараты «Люта-тера» (Lutathera), «Азедра» (Azedra) и «Плювикто» (Pluvicto) одобрены для применения в клинической практике для радиофармтерапии нейроэндокринных, хромоаффинных опухолей и рака предстательной железы соответственно.

— **Заглянем немного вперед. Какие перспективы откроются перед врачами-радиологами в тераностике в среднесрочной перспективе?**

— Дальнейшее развитие радиотераностики, особенно в комбинации с уже имеющимися методами противоопухолевой терапии, существенно расширит спектр онкологических заболеваний с высоким положительным ответом на лечение. В онкологии радиотераностика может стать альтернативой операции (как в случае с радиойодтерапией тиреотоксикоза) или дополнительным (как при раке щитовидной железы) методом комбинированного лечения вкупе с хирургией и гормонотерапией, а в других случаях — в сочетании с дистанционной лучевой терапией, химиотерапией, таргетными препаратами. По мере накопления доказательной клинической базы будут уточняться показания к применению радиоактивных изотопов в третьей, второй и первой линиях противоопухолевой терапии.

Концепция радиотераностики генерирует большой интерес к персонализированной медицине, при которой пациент лечится не по общему стандарту, а по индивидуальному плану, где с помощью специфических радиотераностиков определяются объекты и стратегия лечения. Главным условием успеха представляется выбор практически значимых тераностических пар радиофармпрепаратов, позволяющих уже сегодня повышать эффективность лечения и качество жизни пациентов — в первую очередь с нейроэндокринными, хромоаффинными опухолями и раком предстательной железы. Производство радиоактивных изотопов и радиофармпрепаратов для медицины должно осуществляться в соответствии с международным стандартом качества GMP. Изготовление радиофармпрепаратов может выполняться в лабораториях ядерной медицины медицинских учреждений, как это происходит во всем мире. Однако входной и выходной контроль качества радиоактивных изотопов, фармсубстанций и радиофармпрепаратов необходимо также выполнять в соответствии с международными стандартами, которые постоянно совершенствуются.

Лучи здоровья

В Боливии работает комплекс по производству радиофармпрепаратов, построенный Росатомом

В марте текущего года уникальный для Латинской Америки комплекс по производству радиофармпрепаратов начал поставлять продукцию в сети боливийских клиник.

Циклотронный комплекс является частью масштабного проекта российско-боливийского сотрудничества — центра ядерных исследований и технологий (ЦЯИТ), сооружаемого в Эль-Альто на высоте 4000 м над уровнем моря. Объект обеспечит боливийскую систему здравоохранения собственным производством целой линейки радиофармпрепаратов для проведения клинических исследований более чем 5000 пациентов в год. Таким образом, граждане Боливии смогут проходить своевременное и качественное медицинское обследование с помощью передовых препаратов ядерной медицины, не выезжая за границу. В перспективе работа комплекса позволит полностью импортозаместить поставки радиофармпрепаратов для сети боливийских центров ядерной медицины.

«Сегодня наша страна сделала большой шаг вперед. Теперь у нас есть не только этот центр ядерной медицины с самой современной инфраструктурой, но и возможность самостоятельно производить радиофармпрепараты для диагностики рака, которые до сегодняшнего дня мы вынуждены были импортировать. Сейчас у Боливии есть настолько передовые технологии, что мы можем даже экспортировать этот радиофармпрепарат в соседние страны. С сегодняшнего дня мы сможем еще более эффективно бороться против рака!» — заявил на торжественном мероприятии, приуроченном к началу поставок в боливийские клиники радиофармпрепарата фтордезоксиглюкоза, глава Многонационального Государства Боливия Луис Альберто Арсе Катакора.

«Объекты первой очереди центра ядерных исследований и технологий, который Росатом строит в Эль-Альто, уже начали приносить практическую пользу народу Многонационального Государства Боливия. Ярчайшим примером является сегодняшнее событие, когда первые пациенты получили радиофармпрепараты, созданные в новом циклотронном комплексе.



На фото

Президент Боливии Луис Альберто Арсе Катакора презентует радиофармпрепарат фтордезоксиглюкоза

Совместно с нашими боливийскими партнерами мы проделали огромный объем работы. Следующий этап — расширение линейки производимых радиофармпрепаратов и экспорт данных препаратов в соседние страны. С помощью специалистов Росатома Боливия сегодня становится одним из ведущих государств региона в области применения ядерных технологий», — подчеркнул первый заместитель генерального директора — директор блока по развитию и международному бизнесу госкорпорации «Росатом» Кирилл Комаров.

ЦЯИТ — важнейший проект развития сотрудничества России со странами Латинской Америки в области высоких технологий и укрепления позиций Росатома на мировом рынке. В настоящий момент завершена реализация объектов первой и второй очереди строительства: предклинического циклотронно-радиофармакологического комплекса (ПЦРК) и многоцелевого центра облучения (МЦО), где производится обработка сельхозпродукции и стерилизация медицинских изделий. Параллельно продолжают строительно-монтажные работы на объектах третьей и четвертой очередей центра, к которым относятся реакторный комплекс и здания лабораторий. Реакторный комплекс, оборудование для которого изготовлено в России, позволит Боливии проводить фундаментальные и прикладные научные исследования. Исследовательский реактор также обеспечит производство радиоизотопной продукции и будет использоваться для обучения будущего персонала ядерных объектов. Целевой срок завершения сооружения объектов центра — 2025 год.

Изотопные технологии	Производство	На фото
	Текст: Марина Полякова Фото: ЛАЭС	Подготовка блок-контейнеров со стартовым материалом для наработки изотопа на ЛАЭС

Изотопы в промышленных масштабах

Производство изотопной продукции на энергетических реакторах: сегодня и завтра



С помощью воздействия ионизирующего излучения можно менять изотопный состав материалов. Конструктивные особенности реакторов РБМК позволяют облучать большой объем стартового материала в нейтронных потоках высокой мощности и получать изотопную продукцию одновременно с выработкой электроэнергии, обеспечивая непрерывную наработку и выгрузку изотопов без остановки процесса электрогенерации. Рассказываем, на каких российских АЭС производят изотопы и где они применяются.

От Кюри до пациента

Еще в XX веке ученые выяснили, что одни и те же химические элементы могут иметь разные формы, определяющие их свойства. Сегодня известно около 300 стабильных изотопов и свыше 2500 радиоактивных, которые могут превращаться в другие ядра

с испусканием частиц. Эти свойства нашли применение в медицине, промышленности, сельском хозяйстве. Большинство радиоактивных изотопов можно получить только искусственно: на циклотронах, в исследовательских и энергетических реакторах, при переработке ядерных отходов.

Еще в первые десятилетия XX века врачи пытались использовать радий для лечения пациентов от онкологических и других болезней — прикладывали его к пораженным участкам кожи, а в случае поражения внутренних органов вводили внутрь специальными иглами. Начало систематическому медицинскому использованию радиоизотопов положили исследования, проведенные в начале — середине прошлого века. В 1940-е Ок-Риджская национальная лаборатория в США начала производить изотопы для медицинских целей.

В нашей стране производство изотопной продукции началось в 50-е годы на предприятиях Министерства среднего машиностроения, обладающих уникальной технологической базой.

Использование радиоактивных изотопов в медицине было вызвано потребностью медиков в проведении диагностических процедур по выявлению онкологических и кардиологических заболеваний. Например, диагностический изотоп технеций-99m (продукт на основе молибдена-99) из-за низкой активности и малого периода полураспада практически безвреден для человека и быстро, через несколько часов, выводится из организма.

Сейчас в России порядка 80% номенклатуры радиоизотопов получают с помощью реакторов. В Росатоме есть несколько ключевых организаций и предприятий с реакторными мощностями, в их числе концерн «Росэнергоатом».

Энергия и изотопы

На энергетических реакторах «Росэнергоатома» изотопы нарабатываются с 90-х годов. В 1991 году на Ленинградской АЭС был создан специализированный отдел радиационных технологий.

Сейчас на реакторах РБМК Ленинградской АЭС организовано производство в промышленных масштабах изотопов медицинского назначения: молибдена-99, йода-125, йода-131, самария-153, лютеция-177, а также производство стерилизационного кобальта-60 и ядерное легирование монокристаллического кремния. Кобальт-60 сегодня нарабатывается на РБМК трех АЭС: Ленинградской, Смоленской и Курской.

«Процесс производства изотопов на реакторах РБМК абсолютно безопасен. Нарабатывать радиоактивные изотопы в непрерывном режиме без влияния на показатели выработки электрической и тепловой энергии позволяют конструктивные особенности реакторов: наличие облучательных каналов, ядерно-физические характеристики активной зоны. Нарботка изотопов на РБМК — это оптимальное сочетание возможности производить большие объемы по конкурентной цене, — поясняет Артур Мисков, руководитель проектного офиса по развитию изотопного бизнеса «Росэнергоатома». — Исходное вещество (нерадиоактивный химический элемент) помещается в мишень (кварцевую ампулу, металлический контейнер), и далее сборка из таких мишеней помещается в канал реактора, где за счет воздействия потока нейтронов нарабатываются промышленные или медицинские изотопы».

Планы на будущее

Масштабирование производства кобальта-60 одновременно на трех АЭС позволит «Росэнергоатому» уже в 2023 году занять 30% доли мирового рынка стерилизационного кобальта-60. К 2025 году «Росэнергоатом» планирует более чем в два раза увеличить наработку наиболее востребованных медицинских изотопов на Ленинградской, Смоленской и Курской атомных станциях. Это позволит обеспечить качественным сырьем российских производителей радиофармпрепаратов для нужд отечественной ядерной медицины, выходить на зарубежные рынки.

Цифры

около 5 лет

занимает процесс накопления кобальта-60 до удельной активности ~69–70 Ки/г в энергетическом реакторе типа РБМК

85 мм

составляет максимальный размер слитков кремния, нейтронно-трансмутационное легирование которых производится на ЛАЭС

10¹⁴ см²·с

плотность нейтронного потока в каналах реакторов типа РБМК

Обеспечение доступности технологий ядерной медицины в регионах Российской Федерации, в том числе востребованных радиофармпрепаратов, имеет важное социальное значение, так как напрямую связано с мероприятиями здравоохранения, направленными на борьбу с онкологическими и другими распространенными заболеваниями.

Для обеспечения потребностей в первую очередь отечественных производителей силовой электроники на реакторах концерна планируется расширение наработки ядерно-легированного кремния.

Тем не менее многих волнует будущее изотопного направления после остановки всех реакторов РБМК. «Несмотря на вероятное повторное продление сроков эксплуатации энергоблоков АЭС с РБМК-1000, на данный момент официальный срок их эксплуатации ограничен 2034 годом и может быть продлен максимум до 2039 года. В связи с этим рассматриваются вопросы организации наработки изотопов на других энергетических реакторах, а также развитие альтернативных технологий. Мы с уверенностью смотрим в будущее и стремимся сохранить и приумножить возможности отрасли по наработке изотопов для улучшения качества жизни людей и создать достойный задел для будущих поколений», — считает Артур Мисков.

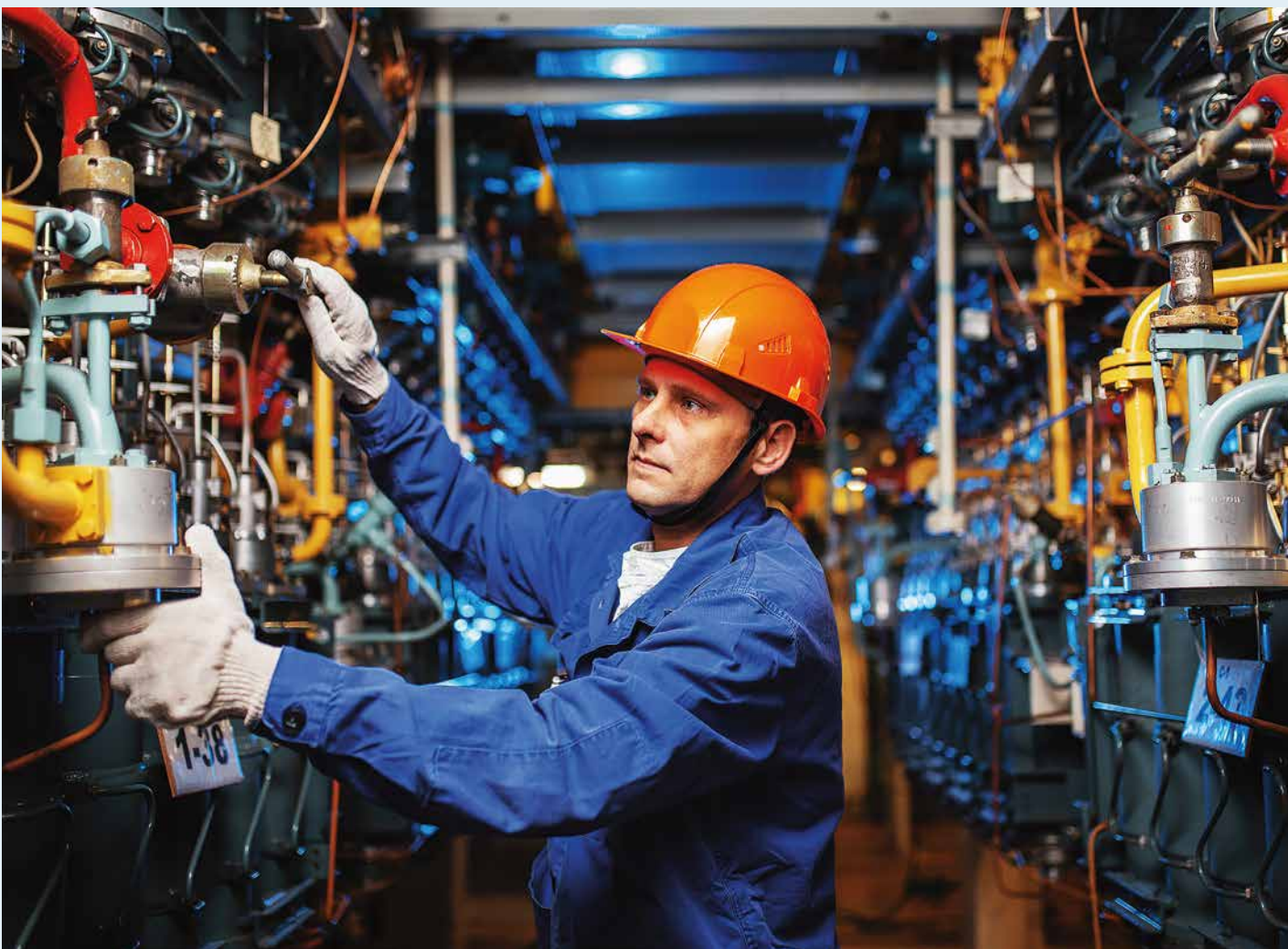
В планах электроэнергетического дивизиона — развивать производство изотопной продукции: увеличивать объем и номенклатуру продукции, переходить на продукты более высокого передела, максимально эффективно используя компетенции, кадровый и технологический потенциал, внутриотраслевую и внешнюю кооперацию.

Текст: Дмитрий Анохин

Фото: АО «ТВЭЛ» / Роман Шаленкин, ЭХЗ / Дмитрий Коновалов

Изотопы из Сибири

Как на ЭХЗ осваивалось производство изотопов и как предприятие стало одним из мировых лидеров в этом направлении



Когда в нашей стране была внедрена газоцентрифужная технология разделения изотопов урана, ученые задались вопросом, можно ли таким способом разделять изотопы других элементов. Первой промышленной площадкой для производства стабильных изотопов не только в Советском Союзе, но и во всем мире стал Электрохимический завод в Зеленогорске Красноярского края. Работе с изотопной продукцией как самостоятельному направлению деятельности ЭХЗ в эти дни исполнилось 52 года, за это время предприятие освоило производство более сотни изотопов различных химических элементов.

Как все начиналось

На разделительном производстве ЭХЗ газовые центрифуги действуют с 1964 года. В промышленно значимых объемах изотопы стало возможно разделять именно с освоением газоцентрифужной технологии, при использовании которой удельные энергозатраты оказываются в несколько раз меньше по сравнению с широко применявшимся на старте советского атомного проекта газодиффузионным методом.

У истоков научно-методического обеспечения производства изотопов стоял академик Исаак Кикоин, которого вдохновили и воодушевили успешно решенные экспериментальные задачи по разделению стабильных изотопов в лабораториях Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Поэтому

в организации опытно-промышленного производства на ЭХЗ самое деятельное участие принимали курчатовцы, которых всемерно поддерживали технические руководители предприятия Валентин Шаповалов и Анатолий Шубин.

Первый ориентированный на наработку неурановых стабильных изотопов стенд на ЭХЗ запустили в эксплуатацию 9 ноября 1971 года (всего через девять лет после начала работы самого завода), и вскоре на нем удалось получить несколько десятков граммов железа-57 с 80-процентным обогащением. Только ни газета «Правда», ни Центральное телевидение об этом не сообщили. Работа изотопного стенда (впрочем, как и остальная деятельность предприятия) считалась строго закрытой, поэтому всем сообщениям о производственных достижениях присваивали гриф секретности. Конечно, не просто так. Стабильный изотоп широко распространенного металла — железо-57 — уже тогда находил применение в самых разных считавшихся передовыми технологиях, от дефектоскопии и метрологии до освоения космического пространства. Это время было началом космической эпохи, и такое направление энергетики, как автономные ядерные двигательные установки для непилотируемых аппаратов, бурно развивалось. Для этого в том числе могли быть использованы специфические свойства стабильных изотопов различных химических элементов, которые ученые тогда не могли получить в значимых количествах другими методами.

Вторым элементом, изотопы которого разделили на ЭХЗ, стал вольфрам. С тех пор в течение двух десятков лет в структуре центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) ЭХЗ шло планомерное наращивание объемов и освоение методов разделения все новых и новых изотопов, как стабильных, так и радиоактивных. Знаковой вехой в конце 1980-х годов стало получение одного за другим трех важных для широкого спектра промышленных задач изотопов — железа-55, углерода-14 и криптона-85. В 1990 году специалисты ЦЗЛ самостоятельно разработали, апробировали и успешно внедрили в производство технологию перевода диэтилцинка в оксид цинка, обедненный по изотопу цинк-64, и тем самым продемонстрировали способность коллектива обеспечить полный производственный цикл — от научных расчетов вплоть до коммерческой поставки. Этот продукт добавляют в теплоноситель первого контура АЭС, чтобы снизить дозу излучения при плановых ремонтах и повысить коррозионную стойкость трубопроводов.

Разделяй и лидируй

Достигнутые успехи подвели предприятие к запуску проекта «Светлана» — созданию в 1993 году отдельного изотопного цеха и организации на его основе полноценного промышленного комплекса производства стабильных изотопов. Как раз тогда, в 1990-е годы, эта продукция оказалась чрезвычайно востребованной как на мировом, так и на внутрироссийском рынках. В частности, в относительно

115 изотопов

22 элементов периодической таблицы Менделеева нарабатывают сегодня на производственной площадке ЭХЗ

> 40%

мирового рынка стабильных изотопов, произведенных газоцентрифужным методом, приходится на продукцию ЭХЗ

> 1,6 млрд руб.

составила выручка от реализации изотопной продукции ЭХЗ в 2022 году

больших объемах стабильные изотопы потребовались физикам-ядерщикам (для научных экспериментов) и медикам (для получения радиофармпрепаратов путем дополнительного облучения в ядерных реакторах или на ускорителях).

Сейчас основной продукцией ЭХЗ как предприятия разделительно-сублиматного комплекса Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» остается низкообогащенный уран-235. Нарботанные же за три десятка лет в рамках отдельной производственной линии технологии позволили предприятию войти в первую пятерку мировых производителей изотопов и занять





лидирующее место в мире по их производству газо-центрифужным методом. Сегодня ЭХЗ выпускает 115 изотопов 22 различных химических элементов совокупным ежегодным объемом в несколько центнеров, закрывая свыше трети потребностей мирового

рынка. Если же говорить только о стабильных изотопах, доля ЭХЗ на мировом рынке превышает две пятых от глобального объема контрактации. Каскады газовых центрифуг цеха производства изотопов ЭХЗ позволяют получать стабильные изотопы аргона, бора, вольфрама, германия, железа, иридия, кадмия, кремния, криптона, ксенона, молибдена, никеля, олова, осмия, свинца, селена, серы, теллура, углерода, хрома, цинка, циркония.

Сибирские изотопы широко используются в различных отраслях науки и современной высокотехнологичной индустрии — в атомной энергетике, медицине и электронике, металлургии, космической технике и авиастроении, спектроскопии и аппаратуре неразрушающего контроля, в исследованиях по общей химии, физике, биотехнологиям, метеорологии, агрохимии. Производство на ЭХЗ вмещает полный технологический цикл — от получения рабочего вещества и проведения процессов разделения на газовых центрифугах до преобразования газообразных полуфабрикатов стабильных изотопов в товарные формы. Высок и диапазон доступной изотопной номенклатуры отдельных элементов. Так, по углероду и бору выпускаются по паре изотопов, а по олову — целых десять (с атомными весами от 112 до 124).

Кроме того, специалисты предприятия накопили огромный опыт в производстве высокочистых веществ, а также изотопов с высокой удельной активностью — например, никеля-63. Этот изотоп представляет собой источник мягкого бета-излучения и может применяться в бетавольтаических источниках питания с длительностью работы до нескольких десятилетий, что востребовано в самых разных областях — от медицинских электрокардиостимуляторов до космических приборов.

Высокое качество продукции предприятия подтверждено лабораториями потребителей и независимыми испытательными центрами как в нашей стране, так и за рубежом.

Ловить нейтрино и «просветлять» темную материю

Одна из перспективных областей применения стабильных изотопов — крупномасштабные научные эксперименты, такие как поиск темной материи Вселенной, изучение безнейтринного двойного бета-распада, регистрация солнечного нейтрино. Эти исследования помогут ответить на многие важные вопросы физики и космологии.

Потребности международных научных проектов в стабильных изотопах с предельной степенью обогащения и с высокой химической чистотой достигают тысяч килограммов. Роль производителей изотопов в этих масштабных экспериментах очень важна: успех научных программ во многом зависит от качества продукции, сроков наработки, специальных условий хранения и доставки.

В XXI веке изотопное производство ЭХЗ стало активным игроком на поле трудоемких и долговременных глобальных инициатив, предполагающих высокую степень научной кооперации и взаимной поддержки ученых, конструкторов и технологов множества стран. В общей сложности изотопы ЭХЗ «засветились» в более чем двух десятках подобных международных начинаний.

С участием в международных проектах по изучению свойств нейтрино ЭХЗ решил ряд нестандартных задач по производству изотопов и логистике. Например, промежуточное хранение продукции организовано в подземном хранилище в специально изготовленном для этого защитном саркофаге, который предохраняет изотопы от космического излучения. Для транспортировки изотопов разработан специальный упаковочный контейнер, который выполняет те же функции, что и подземный саркофаг.

Десять лет назад завод приступил к участию в проектах «Килограмм-2» и «Килограмм-3», решавших сразу две фундаментальные задачи — обновление эталона массы и уточнение значения числа Авогадро. В рамках этой работы ЭХЗ наработал необходимое количество кремния-28 в виде тетрафторида — сырья для получения поликристаллического кремния, из которого вырастили монокристалл (необходимый, в свою очередь, для получения нового эталона массы). В 2016 году своими партиями молибдена-100 завод начал участвовать в международном эксперименте по поиску двойного безнейтринного бета-распада. Пять лет назад специалисты предприятия освоили технологию получения хрома-50 по заказу Института ядерных исследований РАН, координировавшего реализацию одного из глобальных научных экспериментов в области изучения свойств нейтрино.

Изотопы ЭХЗ поставлялись в научные лаборатории и исследовательские центры по всему миру, в том числе в США, Великобританию, Швейцарию, Германию, Австралию, Японию.

Смотреть вперед

Происходящие в мире события вносят в работу свои коррективы, но изотопному производству ЭХЗ удается справляться с дополнительными вызовами. Изотопы из русской Сибири по-прежнему идут на все континенты, кроме Антарктиды: география поставок простирается от Канады и Бразилии до Индии, Японии и Австралии.

В 2022 году выручка Электрохимического завода превысила 19 млрд рублей, показав рост на 6,9%. Выручка от реализации изотопной продукции превысила 1,6 млрд рублей, а зарубежная выручка в очередной раз побила рекорд и превысила 20,6 млн долларов США (рост к 2021 году — 11,6%).

Впервые в мире на промышленной газоцентрифужной установке наработана первая партия изотопа

Прямая речь



Ринат Асадулин

Заместитель генерального директора АО «ПО «Электрохимический завод» по производству:

— Технологии ЭХЗ постоянно совершенствуются, и мы стремимся успевать за потребностями современных индустрий. И здесь ЭХЗ имеет возможность опираться на очень богатую базу, наработанную десятилетиями. И сейчас, если потребуется, мы можем взять любое вещество, которое может находиться в газообразном состоянии и давление насыщенных паров которого позволяет подать его в газовую центрифугу, и произвести разделение по изотопам.

цирконий-96 с обогащением 88%. Продукт поставлен заказчику — Объединенному институту ядерных исследований в Дубне, он будет использован для изучения безнейтринного двойного бета-распада. В 2022 году наработаны также образцы других изотопов циркония (90, 92, 94). Цирконий стал 22-м в ряду химических элементов, производство изотопов которых освоено предприятием.

После долгого перерыва ЭХЗ вернулся к производству кремния-28, этот изотоп требуется для полупроводниковой промышленности и микроэлектроники, а в перспективе — для квантовых компьютеров. Также на предприятии серьезно продвинулись в организации выпуска бора-10.

Продолжается работа по созданию участка синтеза ¹³C-карбамида — продукта, используемого для изготовления медицинских дыхательных тестов, с помощью которых точно и безболезненно можно установить наличие в организме человека бактерии Helicobacter Pylori (врачи считают ее основной причиной развития гастрита, язвы и даже рака желудка).

Несмотря на успехи, на лаврах в ЭХЗ никто не почитает. На повестке — освоение новых технологий, в частности тех, которые откроют выход на международный и российский рынки изотопов редкоземельных элементов (перспективные направления применений — научные исследования, стартовые изотопы для ядерной медицины, ядерная энергетика).

Текст подготовлен на основе материалов из открытых источников

Цифры

> 99,998%

уникальная изотопная чистота кремния-28, которую получил ЭХЗ для международного проекта по созданию эталона массы «Килограмм»

> 1 млн

таблеток цинка, обедненного по изотопу цинк-64, изготовлено на ЭХЗ

Текст: Сергей Петровский
Фото: АО «НоваВинд», Unsplash, NASA/JPL-Caltech, Ростовская АЭС

По зеленому пути

Что будет обсуждаться на очередной климатической конференции ООН

28-я Конференция сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата пройдет с 30 ноября по 12 декабря 2023 года в Дубае (ОАЭ). Ключевые темы COP28 — подведение глобальных итогов выполнения

Парижского соглашения, оценка общемирового прогресса на пути к достижению углеродной нейтральности и обсуждение планов на период до конца текущего десятилетия.



Точка кипения?

Три летних месяца 2023 года стали самым жарким периодом за всю историю наблюдений, констатировала в начале октября Всемирная метеорологическая организация со ссылкой на Службу изменения климата «Коперник» (Copernicus Climate Change Service). Метеорологи отмечают, что август 2023 года был самым жарким августом за всю историю наблюдений (с большим отрывом) и вторым самым жарким месяцем после июля 2023 года. По словам ученых, температура в августе была примерно на 1,5 °C выше среднего показателя доиндустриального периода (1850–1900 годы — до начала широкого использования ископаемого топлива). Именно эту отметку многие эксперты сейчас считают критическим порогом потепления.

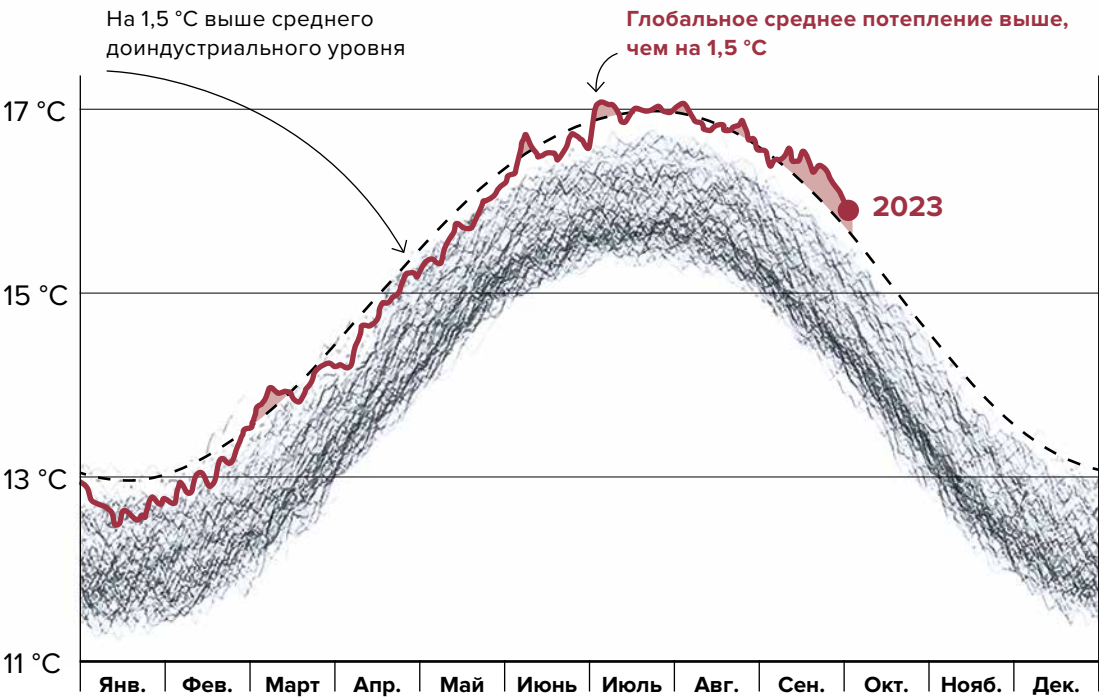
Глава ООН Антониу Гутерриш, комментируя сообщения о рекордно жарком лете, говорил уже не о потеплении, а о «сезоне кипения» и начале климатического кризиса. По словам генсека ООН, изменение климата происходит настолько стремительно, что человечество не успевает адаптироваться к новым условиям.

По данным Службы «Коперник», в августе средняя температура была на 1,75 °C выше доиндустриального

уровня, а за 8 месяцев текущего года — примерно на 1,4 °C. (В 2022-м среднегодовая температура была на 1,2 °C выше, чем во второй половине XIX века.) По мнению некоторых исследователей, экстремальные погодные явления этого года — от волн жары в Европе до сильных дождей в Ливии — показывают, что последствия изменения климата усиливаются с каждой долей градуса потепления. Поэтому темпы, с которыми мир преодолевает ключевой порог потепления, вызывают глубокую обеспокоенность у ученых и политических деятелей.

В 2016 году на фоне особенно сильного явления Эль-Ниньо (естественного климатического процесса, который способствует переходу тепла из восточной части Тихого океана в атмосферу, тем самым влияя на повышение глобальной температуры) превышение порога в 1,5 °C наблюдалось в течение примерно 75 дней. В текущем году явление Эль-Ниньо возникло вновь, хотя оно все еще слабее своего предыдущего пика. Данные Службы «Коперник» показывают, что примерно 86 дней в 2023 году (по состоянию на 2 октября) были более чем на 1,5 °C теплее среднего показателя доиндустриального периода. Ученые говорят, что возможна небольшая корректировка

Среднесуточная глобальная температура воздуха, 1940–2023 гг.



Примечание. Данные на октябрь 2023 года являются предварительными. Каждая линия представляет год. Доиндустриальный средний показатель рассчитывается на основе уровней 1850–1900 годов.

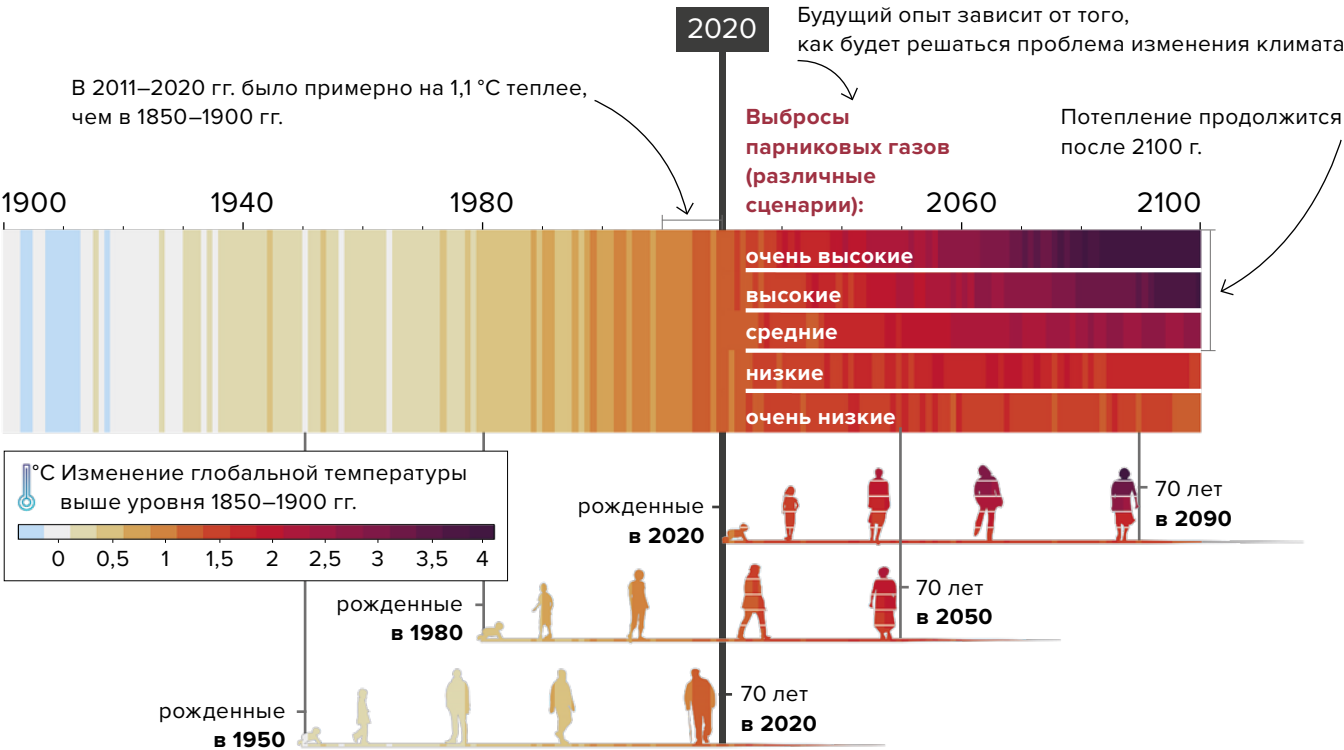
Источник: ERA5, C3S/ECMWF

данных в том, что касается точного количества дней, так как цифры показывают общемировые средние значения. Но тот факт, что 2023 год уже побил рекорд 2016-го, к сожалению, не вызывает сомнения. А 2024-й, по сегодняшним прогнозам, может оказаться еще жарче.

Изменения климата, помимо повышения температуры земли и воздуха, несут значимые риски негативных последствий для жизни и здоровья человека. Это и повышение вероятности стихийных бедствий и природных катаклизмов, и разрушение зданий вследствие перепадов температур. Также изменения климатических условий в регионе могут привести к повышенным рискам сердечно-сосудистых заболеваний, вспышкам инфекционных болезней. Глобальное потепление ведет к сокращению пригодных для земледелия территорий.

Часть ученых в мире по-прежнему полагает, что основной виновник происходящего — цикличность глобальных процессов потепления/похолодания на длинных отрезках времени (речь идет о столетиях). Тем не менее многие из них согласны, что необходимо стараться снизить антропогенное воздействие на климат, чтобы минимизировать неблагоприятные последствия наблюдаемой фазы потепления — независимо от того, чем именно она вызвана. При этом Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК — орган ООН) считает, что необходимо сократить выбросы CO₂ вдвое в течение ближайшего десятилетия и затем более быстрыми темпами двигаться к достижению «чистого нуля». Исследователи полагают, что рост температурных аномалий должен стать тревожным сигналом для политических и общественных лидеров, которые соберутся в Дубае на климатический саммит COP28.

Наблюдаемые и возможные будущие изменения средней глобальной температуры



Примечание. Иллюстрация — часть рисунка SPM.1 (c) из сводного отчета AR6 Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата (Figure SPM.1 in the AR6 Synthesis Report by the Intergovernmental Panel on Climate Change).

На иллюстрации изображены наблюдаемые (1900–2020 гг.) и прогнозируемые (2021–2100 гг.) изменения глобальной приземной температуры (относительно 1850–1900 гг.), которые связаны с изменениями климатических условий и воздействий и показывают, как климат уже изменился и будет меняться на протяжении жизни трех поколений (1950, 1980 и 2020 годов рождения). Прогнозы даны для разных сценариев выбросов парниковых газов. Цвета иконок поколений соответствуют глобальной температуре поверхности, сегменты на иконках, относящихся к будущему, соответствуют различным сценариям изменения уровня выбросов.

Что нужно знать о климатических конференциях

1. Климатический консенсус

Первые утверждения о том, что парниковые газы влияют на повышение температуры в атмосфере, относятся еще к XIX веку, когда был открыт парниковый эффект. Уже тогда ученые заговорили о роли деятельности человека в этом процессе. К 90-м годам XX века антропогенный фактор был признан ведущим в том, что касается климатических изменений.

Первые работы, описывающие взаимное влияние климата и экономики, принадлежали американскому экономисту Уильяму Нордхаусу. В 1994 году он создал математическую модель, описывающую влияние изменений климата на экономический рост, а в 2018-м получил за свои исследования Нобелевскую премию. Нордхаус первым обозначил порог в 2 °C, взяв его за основу расчетов. Этот лимит стал считаться точкой невозврата, по достижении которой изменения климата могут стать необратимыми.

2. Как все начиналось

История международных климатических договоренностей началась в 1992 году с Рамочной конвенции ООН об изменении климата, принятой на саммите Земли в Рио-де-Жанейро. Документ вступил в силу 21 марта 1994 года, в настоящее время участниками конвенции являются 196 стран и Евросоюз.

С 1995 года ООН проводит ежегодные сессии Конференции сторон Рамочной конвенции (Conference of the Parties, сокращенно COP), на которых обсуждаются новые климатические вызовы и обязательства стран с учетом изменяющихся обстоятельств. Сначала COP представляли собой рабочие сессии с небольшим количеством участников, но со временем они вошли в число крупнейших форумов, созываемых под эгидой ООН и других международных организаций.

3. Важнейшие соглашения

В 1997 году на COP3 был принят Киотский протокол, определивший обязательства сторон конвенции, в частности в отношении сокращения выбросов парниковых газов. Это соглашение, вступившее в силу только в 2005 году из-за чрезвычайно длительного процесса ратификации, зафиксировало принцип дифференцированной ответственности государств (обязательства снижать выбросы были возложены только на развитые страны и страны с переходной экономикой) и установило квоты на выбросы, а также гибкие механизмы их применения, в частности возможность торговли квотами.

Саммит в Париже (COP21), состоявшийся в 2015 году, стал историческим событием: впервые страны, подписавшие Рамочную конвенцию, договорились объединить усилия и зафиксировали конкретные цели, основная из которых — «удержание прироста глобальной температуры намного ниже 2 °C сверх доиндустриальных уровней при одновременном изыскании средств для ограничения роста до 1,5 °C». Также страны взяли на себя обязательство разработать национальные планы по снижению выбросов. Например, Россия в рамках Парижского соглашения

обязалась к 2030 году сократить выбросы на 25–30% по сравнению с уровнем 1990 года (с учетом поглощающей способности лесов) — и это обещание выполняет.

4. О чем говорят на климатических конференциях

Главы государств и правительств, лидеры гражданского общества и бизнеса, ученые обсуждают возможности и пути отказа от ископаемых источников энергии. После 2015 года одной из основных тем стал анализ темпов перехода к углеродной нейтральности, достижение которой большинством стран планируется к 2050–2070 годам. Климатическая повестка включает не только меры по переходу к зеленой энергетике. Речь также идет о программах, необходимых для защиты экосистем. Одна из активно обсуждаемых проблем — сельскохозяйственная деятельность человека, которая приводит к вырубке лесов, истощению почв, загрязнению водоемов, то есть также является одним из значимых антропогенных факторов изменения климата. Обязательный вопрос в повестке всех климатических саммитов — меры помощи странам и группам населения, наиболее уязвимым перед происходящими изменениями.

5. За что критикуют Парижское соглашение

Развивающиеся страны утверждают, что не могут позволить себе сокращать выбросы CO₂ без дополнительной финансовой поддержки со стороны промышленно развитых стран, исторически ответственных за большую часть парниковых газов, вызывающих климатические изменения. Парижским соглашением зафиксировано обещание развитых стран оказывать финансовую поддержку развивающимся странам, страдающим от последствий климатических изменений, в размере не менее 100 млрд долларов ежегодно начиная с 2020 года. Однако это обещание так и не выполняется в полном объеме, что вызывает недоверие к переговорам по климату со стороны развивающихся стран.

Зафиксированные в Парижском соглашении цели также вызывают вопросы. С одной стороны, принятый температурный лимит критикуется как недостаточно амбициозный. Многие исследователи считают потепление на 2 °C опасным как для экосистем, так и для экономики. Так, МГЭИК еще в 2021 году предупредила, что при потеплении на 2 °C увеличивающиеся жаркие периоды будут критичными для сельского хозяйства, многих других отраслей экономики и здоровья населения, поэтому стремиться все же нужно к удержанию роста температуры хотя бы в пределах 1,5 °C.

С другой стороны, уже стало очевидно, что принятых обязательств явно недостаточно даже для достижения установленных соглашением целей, а климат, по всей видимости, продолжает меняться более быстрыми темпами, чем предполагалось ранее. Текущее десятилетие рассматривается как период, имеющий решающее значение для замедления темпов глобального потепления. Поэтому всем государствам — участникам Парижского соглашения адресована просьба принять более строгие обязательства, касающиеся как темпов снижения выбросов на период до 2030 года, так и достижения нулевого уровня выбросов к середине XXI века.

COP28: новая повестка

Работа конференции предусматривает трек официальных переговоров всех стран — членов ООН по выработке климатических механизмов выполнения Парижского соглашения. Площадка конференции традиционно делится на две зоны. В официальной, «синей» зоне расположены выставочные стенды стран и международных организаций, на которых в течение всех дней работы конференции проходят тематические дискуссии, представляются достижения стран в борьбе с изменениями климата. Кроме этого, есть более неформальная, открытая для широкого круга посетителей «зеленая» зона, где компании и эоактивисты проводят свои мероприятия. Основные участники COP28 — это представители органов государственной власти, отвечающих за вопросы климата и окружающей среды, представители международных финансовых организаций, независимые наблюдатели из неправительственных организаций, фокусирующихся на проблемах в области экологии и климата. В последние годы к конференциям сторон проявляют интерес также крупные компании, которые все больше вовлекаются в работу по климатической повестке.

По заявлениям организаторов COP28, на ней будут предложены несколько новых тем, а также новых ракурсов, с которых будут рассматриваться ранее обсуждавшиеся проблемы. Планируется обсудить основные направления действий, необходимых в самое ближайшее время. Они обозначены так:

— ускорить энергопереход (требуется большее сокращение выбросов до 2030 года по сравнению с ранее заявленным);

— трансформировать климатическое финансирование (необходимо не только выполнение ранее

принятых обязательств, но и формирование фундамента для нового соглашения);

— поставить природу, человека, его жизнь и средства к существованию в центр действий по борьбе с изменением климата.

На конференции самое пристальное внимание будет уделено вопросам увеличения масштабов и ценовой приемлемости финансирования борьбы с глобальным изменением климата за счет реформирования международной финансовой архитектуры, развития устойчивого финансирования и добровольных углеродных рынков (в том числе с привлечением средств частного сектора). На COP28 будет также обсуждаться роль торговли в обеспечении экологически безопасного и равноправного роста, включающего декарбонизацию, энергетический переход и повышение устойчивости цепочек поставок. В том или ином виде все эти вопросы обсуждаются на всех конференциях сторон в последние годы. Но с каждым годом дискуссия становится острее, так как времени на реализацию решений становится все меньше.

Изменения для человека

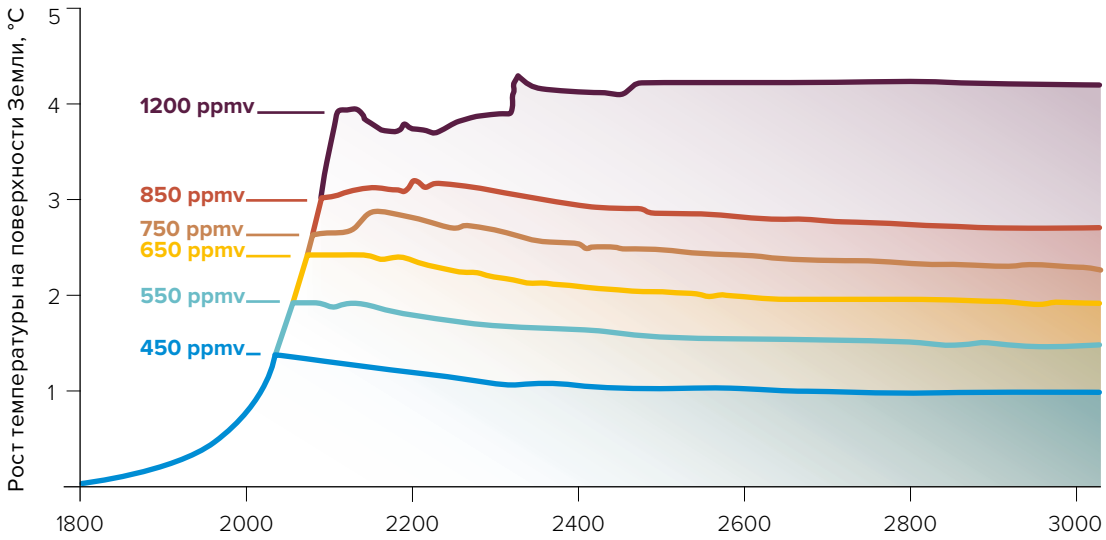
Рассматривать воздействие климата теперь предлагается с большей фокусировкой на гуманитарных аспектах — ставя во главу угла благополучие людей. Для этого потребуются стимулирование политики, которая защищает человеческую жизнь и здоровье, дает людям средства к существованию, поддерживает устойчивость и стабильность сообществ. На конференции в том числе будут рассмотрены меры реагирования на изменение климата со стороны систем здравоохранения, а также определены финансовые обязательства в этой сфере. Один из дней конференции будет посвящен темам ускорения адаптации и предотвращения и устранения ущерба, в том числе не только в регионах с нестабильной климатической ситуацией или пострадавших от погодных и природных катаклизмов, но и в зонах конфликтов, которых, к сожалению, в мире становится все больше.

Также на COP28 будут рассмотрены решения по переходу к низкоуглеродной антропогенной среде и инфраструктуре, к устойчивым и циркулярным системам утилизации отходов, а также к более благоприятным для людей и планеты экологичным видам транспорта и грузоперевозок. Особое внимание будет уделено мерам, которые необходимо принимать в городах, где наблюдается рост населения и экономической активности и, соответственно, увеличение объемов выбросов парниковых газов.

Традиционно активным на площадке COP28 ожидается молодежный трек. Предполагается отдельно обсудить вовлечение молодежи в решение климатических вопросов: на повестке важная задача подготовки молодого поколения к жизни в «зеленом» будущем



Связь глобального потепления с выбросами парниковых газов, образующихся из-за использования ископаемого топлива



Примечание. Аббревиатура «ppmv» означает «части на миллион по объему» (имеется в виду количество молекул углекислого газа на миллион молекул сухого воздуха при занятии определенного объема пространства).

Источник: climate.nasa.gov

в свете особенно высоких рисков изменения климата для детей и молодежи.

Справедливый энергопереход

На конференции предполагается рассмотреть способы быстрой декарбонизации и справедливого энергоперехода во всех отраслях энергетики и промышленности, что позволит ускорить рост мировой экономики и занятости населения. Программа действий должна включать массовое внедрение возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности, использование технологических инноваций, практические меры для отраслей с высоким уровнем выбросов (включая производство стали, цемента и алюминия), раскрытие потенциала водорода, а также декарбонизацию нефтегазовых поставок, в том числе за счет технологий сокращения выбросов метана и регулирования выбросов углерода. Кроме этого, важное место в климатической дискуссии занимает вопрос климатических инноваций — эксперты предупреждают, что имеющихся на сегодняшний день технологических решений недостаточно для достижения климатических целей на горизонте 2050 года.

Итоговые результаты такой работы должны быть направлены в том числе на обеспечение всеобщего доступа к надежным и стабильным источникам энергии. В преддверии прошлогоднего климатического саммита генсек ООН Антониу Гутерриш назвал такие цифры: 733 млн жителей Земли никогда

не видели искусственного освещения, а 2,6 млрд — не имеют доступа к экологически чистым видам топлива. При этом около 80% населения планеты, не имеющего доступа к электроэнергии, — это жители стран Африки к югу от Сахары, региона, где имеются самые большие в мире солнечные ресурсы.

Охлаждение по-умному

Впервые на конференции прозвучит тема глобального охлаждения как важнейшего фактора смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним. Пока устойчивое охлаждение находится в «слепой зоне» энергоперехода, но эта тема крайне важна, так как технологии охлаждения обеспечивают не только бытовой комфорт, но и повышение производительности труда и возможность сохранять пищу свежей, вакцины работающими, а цифровую экономику жизнеспособной.

По данным организации «Устойчивая энергетика для всех» (SEforALL), почти 2,5 млрд человек на Земле лишены доступа к безопасному для климата охлаждению. Более 1 млрд человек, большинство которых составляют жители Азии и Африки, регулярно подвергаются риску перегрева. Традиционные методы охлаждения, такие как кондиционирование воздуха в помещениях, являются причиной более 7% выбросов парниковых газов. Если не принять необходимые меры, то к 2050 году потребление энергии для охлаждения помещений вырастет втрое,

соответственно увеличится и объем парниковых выбросов.

В рамках инициативы, подготовленной под эгидой Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), предполагается стимулировать деятельность правительственных и неправительственных организаций, связанную с развитием устойчивого охлаждения, по следующим направлениям: внедрение решений с использованием природных хладагентов, повышение эффективности устройств для охлаждения и холодильных цепей для пищевых продуктов и вакцин, централизованное охлаждение зданий.

В согласии с природой

Охрана природы и устойчивое землепользование необходимы для достижения климатических целей, а принятая в конце 2022 года на Конференции сторон Конвенции ООН о биологическом разнообразии цель «30 x 30» (речь идет о сохранении как минимум 30% суши и 30% мирового океана с точки зрения биоразнообразия и устойчивого использования окружающей среды, а также о восстановлении экосистем на миллиардах гектаров поврежденных земель, пресных водоемов и морей к 2030 году) создает настоятельную потребность в разработке комплексной политики, в том числе инвестиционной, в этой области.

В ходе COP28 внимание будет сосредоточено на мерах по обеспечению взаимосвязанных выгод для климата и природы. Для этого предлагается использовать различные механизмы финансирования, разработанные совместно с местным населением и коренными народами, для устойчивого развития и охраны зон биоразнообразия, в том числе природных поглотителей углерода.

Изменение климата также создает серьезные риски для агропродовольственной и водной систем, которые являются залогом человеческого благополучия. Но в то же время эти системы вносят огромный вклад в изменение климата: треть всех антропогенных выбросов парниковых газов приходится на агропродовольственные системы, около 70% всей пресной воды, потребляемой в мире, используется для сельскохозяйственного производства.

Среди особых направлений деятельности в этой области, предлагаемых к обсуждению на COP28,— инвестиции в инновации, в том числе в регенеративное сельское хозяйство. При разработке программ в сфере использования водных ресурсов также будут рассматриваться вопросы восстановления и сохранения источников пресной воды, обеспечения инфраструктуры для устойчивости городского водоснабжения и комплексного управления системами «вода — продовольствие».



«Атом является критически важным элементом в климатической повестке всего мира»

— Нужно понимать, что площадка Конференции сторон Рамочной конвенции ООН (Conference of the Parties, COP) предназначена прежде всего для официальных закрытых переговоров и выработки климатических решений на уровне государств. Задача конференции — договориться о взаимоприемлемых инструментах работы с климатической повесткой, таких механизмах стимулирования действий, направленных на осуществление зеленого энергоперехода, чтобы цели Парижского соглашения были достигнуты.

Важно также понимать, что переговоры на уровне стран и тем более достижение консенсуса между почти 200 странами — это весьма сложный и продолжительный процесс, для решения таких задач требуется не одна и не две конференции. Выработка консенсуса затруднительна в том числе в связи с различным социально-экономическим положением стран. Возьмем в качестве примера Китай и Руанду: у них принципиально разное положение как с точки зрения масштаба и структуры электроэнергетики, промышленности, так и с точки зрения готовности и возможности использовать зеленые источники генерации. Кроме того, позиции стран по поводу срочности и объема усилий и инвестиций для энергоперехода сильно различаются в зависимости от объема выбросов. Более 50% всех выбросов парниковых газов в мире сегодня приходится на четыре страны: это Китай (около 30%), США (более 10%), Индия (7%), Россия (4,5%). Разумеется, страны, которые имеют значительно меньшие объемы выбросов, имеют и меньшую мотивацию для осуществления экстренных масштабных климатических мер — их вклад в мировую климатическую компоненту не окажет существенного влияния.

Все это необходимо учитывать при выработке климатических механизмов. Единый рецепт, который подходил бы всем странам или был хотя бы приемлемым для всех, найти достаточно сложно. Но продолжать климатические переговоры необходимо, и их результаты — важнейший итог каждой конференции.

Еще один важный эффект каждой конференции COP — это те публичные заявления, которые делаются в ходе встреч лидерами стран-участниц, международных организаций, представителями различных секторов промышленности и крупных компаний. Заявления обычно касаются новых обязательств по сокращению выбросов, перехода на новые чистые технологии, иногда декларируются планы финансовой поддержки для содействия климатическим усилиям стран Африки и других развивающихся стран. Здесь крайне важно, чтобы озвученные планы и обязательства по борьбе с изменением климата после завершения конференции превращались в реальные

действия, но это, к сожалению, происходит не всегда. Если мы — как Россия, как Росатом — делаем со своей стороны заявления по зеленому низкоуглеродному развитию, то очень важно продемонстрировать, что это не просто красивые слова, а реальные планы и конкретные действия и что мы эти заявления выполняем. Для этого, кстати, можно использовать площадку будущих COP.

Отмечу серьезные изменения в повестке климатических конференций, произошедшие в последние годы. Несмотря на то, что COP всегда была центральной мировой площадкой для обсуждения чистых зеленых технологий, которые могут помочь в достижении климатических целей, атомная энергетика довольно долгое время была исключена из дискуссии, любые выступления по теме атомной энергетики участники конференций воспринимали весьма негативно. Переломный момент произошел в 2021 году на COP26 в Глазго (годом ранее конференция единственная раз за всю историю не проводилась из-за пандемии). Перелом заключался в том, что глава Международного энергетического агентства Фатих Бироль, ряд других высокопоставленных официальных лиц и экспертов открыто заявили, что без использования энергии атома достижение целей Парижского соглашения и эффективного энергоперехода просто невозможно — невыполнимо в запланированные сроки, в рамках заявленных бюджетов. По сути, было признано, что атом является критически важным элементом в климатической повестке всего мира.

С прошлого года, с COP27, атом стал в явном виде присутствовать на площадке конференции. МАГАТЭ получило право на отдельный павильон Atoms4Climate, где в течение всех двух недель конференции проводились мероприятия, демонстрирующие возможности атомной отрасли в борьбе с изменениями климата и решении связанных вопросов. Рассказ о возможностях атомной энергетики и ядерных технологий — это тоже важнейшая часть нашей работы на климатических конференциях. И наша задача — российской атомной отрасли как глобального лидера в этой сфере — выстраивать содержательную повестку, показывать эффективность атомной энергетики не только в нашей стране, но и в других регионах, где мы строим АЭС, обращать внимание на климатическую эффективность атома наших зарубежных партнеров и заказчиков. Нужно, чтобы тема атома звучала не только в павильонах МАГАТЭ и России, но и у таких стран, как Турция, Бангладеш, Индия, а также тех государств, с которыми мы обсуждаем перспективные проекты большой и малой атомной генерации. Надеемся, что именно такая картина нас ждет на COP28 в декабре в Дубае.



Полина Лион

Директор департамента устойчивого развития госкорпорации «Росатом»

Текст: Сергей Петровский
Фото: Unsplash

Энергия для будущего

Какие факторы необходимо учитывать при сравнении разных источников энергии

Энергетика играет ключевую роль в решении многих серьезных проблем, с которыми сегодня сталкивается человечество. Без сомнения, любые источники энергии имеют свои преимущества и недостатки. Наиболее часто разные виды генерации сравнивают с точки зрения экономических затрат, влияющих на стоимость киловатт-часа, или — в последние годы — с точки зрения количества парниковых выбросов, то есть воздействия на климат. Однако между источниками энергии есть различия и в других аспектах, которые оказывают долгосрочное системное влияние на людей, экономику и политику. Рассмотрим некоторые из них.

Эффекты явные и неявные

С экономической точки зрения полные затраты на производство электроэнергии представляют собой совокупность нескольких категорий. Прежде всего, это затраты, которые возникают при строительстве и эксплуатации электростанции, а также при передаче энергии. Однако есть еще одна широкая категория затрат, к которой относятся издержки, влияющие на благополучие как отдельных людей, так и групп населения. Эти издержки называют внешними или социальными. Они возникают в силу многих факторов, среди которых воздействие вида генерации на изменение климата и загрязнение воздуха, на землепользование и истощение ресурсов, на надежность энерго- и электроснабжения и даже на научно-техническое и экономическое развитие государства в целом.

Так, солнечные и ветростанции однозначно выгодны с точки зрения отсутствия выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ. Однако не в каждом регионе есть достаточные природные условия (солнечные и ветровые ресурсы), которые позволят обеспечить необходимую эффективность работы таких электростанций. С точки зрения землепользования эти источники не всегда являются выгодными: СЭС и ВЭС для выработки сопоставимого количества энергии требуется в 100–200 раз больше земельных площадей, чем АЭС или станциям, работающим на ископаемом топливе. Кроме того, основной минус использования энергии солнца и ветра — нестабильность генерации, что требует дополнительных затрат на резервирование традиционных мощностей.

Таким образом, если воздействия, относящиеся к внешним издержкам, негативны, то они

увеличивают величину полных затрат для той или иной технологии, если же влияние положительное, то эти воздействия должны вычитаться из общих издержек, так как они приносят несомненную, хотя и не всегда осознаваемую общественную выгоду.

Один из примеров таких положительных воздействий — роль различных отраслей и проектов в создании рабочих мест. Атомная энергетика имеет больший уровень трудозатрат по сравнению с другими энергетическими секторами. Классическая экономическая наука в общем виде рассматривает уменьшение количества персонала как конкурентное преимущество отдельной технологии или предприятия: отсутствуют затраты на персонал, то есть снижаются общие экономические издержки. Однако в современном понимании (учитывающем более комплексные внешние эффекты, которые выражаются не только в финансовых показателях) высокий уровень занятости способствует улучшению экономического и социального благополучия всего общества. При таком подходе во внимание принимаются не только количественные, но и качественные аспекты: при прочих равных условиях чем выше образование, квалификация (и, соответственно, зарплата) занятых работников, гарантии долгосрочной занятости, тем выше положительное влияние на экономику на всех уровнях: местном, региональном и национальном. Именно поэтому потенциал занятости на таких высокотехнологичных объектах, как АЭС, следует однозначно рассматривать как положительный внешний эффект. Кроме того, создание одного рабочего места на АЭС приводит к созданию 10 рабочих мест в смежных отраслях. Есть и другие положительные социально-экономические и инфраструктурные воздействия: от улучшения качества жизни в городах-спутниках АЭС до общих факторов развития научно-технического прогресса и роста межрегиональной и международной кооперации.

Чем дышать?

В последнее время в публичной риторике политиков и общественных деятелей часто звучат тезисы о негативном климатическом воздействии электростанций, работающих на ископаемом топливе, — как основной аргумент против развития подобных видов генерации. Но есть и еще одна не менее серьезная проблема, связанная с сжиганием ископаемого топлива, — загрязнение воздуха. По оценке ВОЗ, в мире ежегодное количество преждевременных смертей, вызванных загрязнением воздуха, составляет 7 млн, в ряде исследований называются другие цифры, в диапазоне от 4,3 до 8,7 млн (для сравнения: по оценкам

университета Джона Хопкинса, пандемия COVID-19 унесла 7 млн жизней за четыре года, что воспринималось международным сообществом как чрезвычайная ситуация глобального масштаба). В недавнем исследовании коллектива ученых из Дании и США содержится предупреждение: к 2030 году рост смертности от загрязнения воздуха может увеличиться в два раза.

В работе, опубликованной в 2021 году в журнале Environmental Research, коллектив авторов из Гарвардского университета пришел к выводу, что выбросы от сжигания ископаемого топлива могут влиять на 18% от общего числа смертей в мире. По их мнению, в 2018 году в Восточной Азии 30,7% всех смертей оказалось связано со сжиганием ископаемого топлива, в Европе — 16,8%, в США — 13,1%. Не все эти показатели связаны с производством электроэнергии (так, по оценке ВОЗ, на долю электрогенерации приходится примерно 40% всех случаев), но порядок чисел не вызывает сомнения: речь идет о миллионах человеческих жизней. Всестороннее развитие низкоуглеродной энергетики и уменьшение использования ископаемого топлива в качестве источника энергии в быту, на транспорте и в промышленности позволит сохранить эти жизни.

Уголь по-прежнему лидирует

Несмотря на заметный рост генерации с использованием ВИЭ (в 2022 году доля ветровой и солнечной энергетики в мире впервые превысила 10%), пока все еще более трети электроэнергии в мире вырабатывается на угольных станциях и более пятой части — на газовых.

Мировое производство электроэнергии на угольных ТЭС в 2022 году увеличилось на 1,1%, достигнув исторического максимума в 10 186 ТВт·ч. По данным аналитического центра Ember, абсолютный прирост угольной генерации составил 108 ТВт·ч (это сопоставимо с годовой выработкой энергии из всех источников в Казахстане — стране с населением почти в 20 млн человек). Наибольший вклад в этот прирост внесли Китай и Индия, которые в прошлом году увеличили выработку на угольных ТЭС на 81 и 92 ТВт·ч соответственно. Значительный прирост (17 ТВт·ч) отмечен в Германии — стране, где в апреле 2023 года были закрыты три последние АЭС.

Ключевую роль в росте использования угля играет ввод новых генерирующих мощностей, преимущественно в Азии. Китай (с огромным опережением) и Индия, по данным Global Energy Monitor, в прошлом году ввели в эксплуатацию в два раза больше мощностей, чем все остальные страны мира. За первую половину текущего года Китай ввел угольные станции мощностью 17 ГВт (за прошлый год — 27,2 ГВт), Индия — 3,1 ГВт (за прошлый год — 2 ГВт). Третье место занимает Япония (1,8 ГВт), далее идут Пакистан и Вьетнам (более 1 ГВт каждый).

Китай, несмотря на заявленные климатические цели, остается мировым лидером по темпам развития угольной генерации. Сейчас в Китае строятся или имеют разрешения на строительство угольные электростанции мощностью 243 ГВт, вместе с объявленными и находящимися на стадии подготовки проектами это число возрастает до 392 ГВт, то есть мощности угольных ТЭС могут увеличиться

Отдельные параметры атомной и угольной генерации

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Среднее значение на 1 ГВт установленной мощности ¹	
			АЭС	Угольная генерация
1	Выбросы загрязняющих веществ ² в атмосферный воздух, суммарно	тонн	29,2	27 008,3
1.2	Выбросы твердых веществ ³	тонн	16,9	7186,5
2	Прямые выбросы парниковых газов (охват 1) ⁴	млн тонн CO ₂ -экв.	0,001	5,605
3	Забор воды из водных объектов	млн м ³	152,8	353 470,9
			Значение на станцию	
4	КИУМ	%	более 85	40–63
5	Количество работников	чел.	2730–3400	500–700

¹ На основании данных российской генерации.

² В том числе оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, неорганическая пыль, а также прочие газообразные, жидкие и твердые вещества.

³ Неорганическая пыль, сажа, оксиды металлов и пр.

⁴ Прямые выбросы парниковых газов из источников, принадлежащих организациям или контролируемых ими.

на 23–33% по сравнению с уровнем 2022 года. В целом увеличение угольной генерации в Китае является плановым в рамках поддержки темпов промышленного роста, изменение тренда на сокращение производства электроэнергии на угле ожидается в период 2026–2030 годов. Климатическая стратегия Китая предполагает прохождение пика выбросов парниковых газов к 2030 году, поставлена цель достижения углеродной нейтральности к 2060 году.

Справедливости ради нужно отметить, что первое полугодие 2023 года закрепило тренд на рост популярности технологий «чистого угля». Речь идет о так называемых ультрасверхкритических ТЭС, в паровых котлах которых обеспечивается более высокая температура и давление, что повышает эффективность преобразования тепловой энергии в электрическую: 43% для ультрасверхкритических угольных ТЭС против 34% для субкритических (по оценке Массачусетского технологического института). Чем выше КПД, тем меньше угля требуется для выработки одного и того же количества электроэнергии и тем ниже уровень выбросов. По данным Global Energy Monitor, к июлю 2023 года на долю ультрасверхкритических станций приходился 21% мощностей действующих по всему миру угольных ТЭС, в сегменте строящихся объектов этот показатель достиг 66%, среди запланированных проектов — 79%.

За первое полугодие 2023 года по всему миру было отключено от сети 10,3 ГВт угольных ТЭС, из них 5 ГВт — в США, 4 ГВт — в Австралии

и Великобритании, а во всех остальных странах, включая Китай,— лишь 1,3 ГВт.

Какое топливо выгоднее?

При оценке преимуществ и недостатков разных видов генерации не всегда принимается во внимание такой аспект, как энергоемкость (или удельная теплота сгорания) топлива, то есть количество теплоты, выделившейся при полном сгорании единицы массы или объема топлива. Этот показатель важен еще и потому, что он влияет на ряд дополнительных факторов, например на количество образуемых отходов или транспортную составляющую.

1 кг энергетического урана обогащением 4% при полном расщеплении ядер урана-235 выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 тонн (это примерно два вагона) высококачественного угля. Общая загрузка активной зоны реактора ВВЭР-1000 — это 163 топливные кассеты, в которых содержится примерно 80 тонн диоксида урана, при этом топливный цикл современных ТВС составляет 12–18 месяцев. Угольная станция такой же мощности сжедает около 9000 тонн угля... в сутки!

Следствием высокой энергоемкости (и, соответственно, компактности) ядерного топлива становятся значительно меньшая зависимость атомных станций от транспортной инфраструктуры, многократно меньшая доля транспортных расходов в цене

киловатт-часа, намного меньшее влияние транспортной составляющей на окружающую среду.

Один из факторов, несомненно препятствующих широкомасштабному развитию атомной энергетики в мире,— проблема радиоактивных отходов. При этом количество твердых отходов, образующихся при использовании уранового топлива и угля, примерно одинаково (около 200 г на 1 кг топлива), однако с учетом приведенных выше данных по количеству используемого топлива на единицу мощности, а также доли атомной и угольной генерации в глобальном масштабе, можно составить представление об общем количестве образующихся отходов.

Атомная энергетика — единственная энерготехнология, использующая радиоактивный материал в качестве основного топлива. Однако вклад АЭС в дозовую нагрузку населения (при нормальной эксплуатации) составляет сотые доли процента, что сопоставимо с нагрузкой при полетах на самолетах.

В то же время естественный фон, а также медицинские исследования и процедуры (в развитых странах) отвечают за десятки процентов дозовой нагрузки. Тем не менее к атомной энергетике приковано повышенное общественное внимание, и ионизирующее излучение от эксплуатируемого и отработавшего топлива системно контролируется. При этом многие упускают из вида, что угольные станции также являются источником радиоактивного излучения, так как природный уголь содержит следы урана и тория. Радиоактивные элементы концентрируются в зольной пыли, выбрасываемой при сгорании угля, как в атмосфере, так и на площадках для хранения угольных отходов. Правда, необходимо отметить, что общий уровень излучения, обусловленного работой угольных ТЭС, остается в пределах допустимых норм, а масштабы ущерба от него на несколько порядков ниже уровня других внешних воздействий, возникающих при использовании угля для производства энергии.

Комментарий

Рак легкого в РФ: сравнение рисков радиационной и нерадиационной природы

— По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к основным факторам, определяющим состояние здоровья населения, относится состояние окружающей среды. Влияние этого фактора на состояние здоровья населения определяется ВОЗ в 18–20%.

В структуре онкозаболеваемости населения России значимый вклад (16,9%) вносит регистрируемая патология трахеи, бронхов и легких. Поэтому крайне актуальной проблемой в настоящее время является сравнительный анализ канцерогенных рисков рака легкого, зависящих от возможного радиационного воздействия и экологии внешней среды, определяемой атмосферными выбросами.

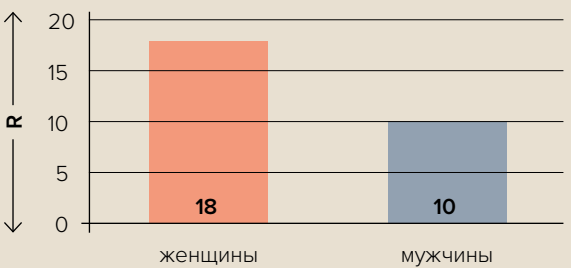
Наличие объективных данных в РФ на национальном уровне по распределению ежегодных выбросов в атмосферный воздух с одной стороны и ведение ракового регистра с другой позволяют определить зависимость показателей онкозаболеваемости от загрязнения воздушной среды.

В соответствии с рекомендациями Научного комитета ООН по действию атомной радиации и стандартов МАГАТЭ в Проектном направлении «Прорыв» разработан программный модуль РОЗА (Радиологическое Обеспечение ЗАщиты), который приказом Министерства цифрового развития включен в единый реестр российских программ (№2442). С использованием

этого программного модуля получены оценки радиационного риска потенциальной индукции рака легкого среди населения различных регионов РФ. Установлено, что фактор загрязнения воздушного пространства (особенно твердыми частицами) по величине канцерогенного риска рака легкого многократно превышает аналогичный показатель, зависящий от радиационного воздействия (для женщин в 18 раз, для мужчин в 10 раз).

Понятно, что объективная оценка влияния на состояние здоровья различных факторов канцерогенного риска населения имеет крайне важное значение в экономическом развитии страны и выборе технологических приоритетов.

Отношение влияния уровня загрязнения воздуха (А) и радиационного воздействия (Б) на риск возникновения рака легкого у населения РФ: R=A/Б



Виктор Иванов

Главный радиозоолог ПН «Прорыв»

Доля различных источников в производстве электроэнергии в 2022 г.

Рис. 1



*Данный статистический обзор исключает гидроэлектроэнергию из расчетов доли ВИЭ. Вместе с гидроэнергетикой доля ВИЭ в 2022 году составила 29% в мировом производстве электроэнергии.
**Геотермальная энергия, биомасса и другие возобновляемые источники.

Источник: The Energy Institute Statistical Review of World Energy (2023), elements.visualcapitalist.com

Кстати, если сравнивать разные источники энергии с точки зрения воздействия ионизирующего излучения, то обнаруживается малоизвестный широкой публике факт: наивысший уровень излучения на единицу выработки электроэнергии дает геотермальная энергетика (по данным Европейской экономической комиссии за 2021 год). В меньшей степени это касается жизненного цикла в фотоэлектрической энергетике, где радиационное воздействие на персонал наблюдается на этапе добычи полезных ископаемых для производства солнечных панелей.

Несмотря на то что солнечные и ветровые станции, не образующие выбросов в процессе эксплуатации, считаются абсолютно зелеными, человечеству в достаточно скором времени предстоит ответить на экологический вызов, заключающийся в необходимости утилизации (в идеале — рециклинге) материалов СЭС и ВЭС при их массовом выводе из эксплуатации. Срок их службы составляет 25–30 лет, и при сегодняшних темпах ввода мощностей, по самым скромным подсчетам, во второй половине текущего столетия в мире ежегодно будут образовываться

Сравнение источников энергии с точки зрения безопасности и экологической чистоты Рис. 2

Смертность от несчастных случаев и загрязнения воздуха Измеряется как количество смертей на ТВт·ч выработанной электроэнергии		Выбросы парниковых газов Измеряется в выбросах эквивалента CO ₂ на ГВт·ч электроэнергии в течение жизненного цикла электростанции
24,6 случаев в 1230 раз выше, чем от солнечной энергетики	Уголь 35,4%*	820 тонн в 273 раза выше, чем у атомной энергетики
18,4 случаев в 613 раз выше, чем от атомной энергетики	Нефть 2,5%*	720 тонн в 180 раз выше, чем у ветровой энергетики
2,8 случаев	Природный газ 22,7%*	490 тонн
4,6 случаев	Биомасса 2%*	78–230 тонн
1,3 случаев	Гидроэнергетика 14,9%*	34 тонны
171 000 случаев в результате прорыва плотины Баньцяо в Китае в 1975 году		
0,04 случаев	Ветер 7,2%*	4 тонны
0,03 случаев	Атомная энергетика 9,2%*	3 тонны
включая число случаев в результате аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима»		
0,02 случаев	Солнце 4,5%*	5 тонн

*от глобальной электрогенерации в 2022 г.

Примечание. Показатели смертности от ископаемого топлива и биомассы основаны на данных о современных заводах в ЕС с контролем загрязнения, а также на более старых моделях воздействия загрязнения воздуха на здоровье.

Источники: OurWorldinData.org, Markandia & Wilkinson (2007); UNSCEAR (2008; 2018); Sovacool et al. (2016); IPCC AR5 (2014); Pehl et al. (2017); Ember Energy (2021)

миллионы тонн отходов от станций, выработавших свой ресурс.

В то же время мировая атомная отрасль ведет активную работу в направлении замыкания ядерного топливного цикла, то есть повторного вовлечения делящихся материалов из отработавшего ядерного топлива в фабрикацию свежего. И Россия здесь — один из признанных лидеров. С развитием технологий ЗЯТЦ атомная энергетика обещает перейти в разряд возобновляемых источников.

Чисто и безопасно

Ископаемое топливо по-прежнему доминирует в структуре энергопотребления, и чтобы сделать сравнение влияния разных источников энергии на жизнь и здоровье людей более наглядным, нужно смотреть не на абсолютные, а на относительные цифры. Портал Our World in Data систематизировал данные масштабных исследований по этой теме и сравнил разные источники, основываясь на предполагаемом количестве смертей на единицу выработки электроэнергии — 1 ТВт·ч (это примерное годовое потребление электроэнергии 150 000 жителей ЕС). Анализировались случаи смерти от загрязнения воздуха и несчастные случаи на протяжении всего жизненного цикла электростанции, то есть не только при эксплуатации, но и при добыче полезных ископаемых, транспортировке, техническом обслуживании. Какой бы безопасной ни казалась энергия солнца или ветра, уровень смертности от этих источников не равен нулю, так как в общую статистику попадает небольшое количество людей, которые погибают в результате несчастных случаев, не связанных напрямую с производством электроэнергии,— от столкновения вертолета с ветротурбиной до прорыва резервуара с водой на фабрике по производству солнечных панелей (рис. 2).

Чтобы сделать этот анализ менее абстрактным, можно представить условный европейский город с населением 150 000 человек. Если этот город полностью обеспечивается энергией с помощью угля, то по меньшей мере 25 человек за год умрут преждевременно, в основном от загрязнения воздуха. Если же город будет снабжаться энергией только от АЭС, то, согласно статистическим данным, от этого преждевременно умрет 1 человек за 33 года. Анализ показывает, что атом как источник энергии вызывает смертей на 99,8% меньше, чем уголь, на 99,7% меньше, чем нефть, и на 97,6% меньше, чем газ. Ветер и солнце имеют сопоставимые с атомом показатели.

При этом очевидно, что на представления о высоких рисках атомной энергетики определяющее влияние оказали две аварии — в Чернобыле и Фукусиме. Несомненно, это были трагические события, однако среднестатистический потребитель энергии до сих пор в первую очередь думает о них, а не о миллионах людей, которые ежегодно умирают от использования ископаемого топлива. Столь же парадоксальным является повышенное общественное внимание к любым упоминаниям об инцидентах на АЭС и объектах ЯТЦ

(хотя утечки радиации, а тем более человеческие жертвы на них крайне редки) при гораздо меньшем внимании к сообщениям об авариях на угольных шахтах, в которых, судя по анализу событий за последнее десятилетие, в среднем ежегодно гибнет несколько десятков человек. В этой связи очевидно, что одной из важнейших задач мировой атомной отрасли должна стать популяризация знаний о ядерных технологиях, без этого победить укоренившуюся радиофобию населения крайне сложно.

Кстати, еще одним источником, на который так же сильно влияют несколько крупномасштабных аварий, является гидроэнергетика. Более того, показатели безопасности ГЭС практически полностью определяются одним событием — прорывом плотины Баньцяо в Китае в 1975 году, в результате которого, по разным оценкам, погибло от 130 тыс. до 230 тыс. человек. Если исключить это событие, то гидроэнергетика по уровню безопасности сопоставима с ядерной, солнечной и ветровой.

Скорее всего, оценки вреда для здоровья от выбросов при использовании ископаемого топлива, приведенные на рисунке 2, очень консервативны. Они основаны на экстраполяции данных, полученных в Европе, где существуют и, очевидно, выполняются строгие нормы по наличию санитарной зоны вокруг объектов генерации и контролю за допустимыми нормами выбросов в атмосферу, в том числе при использовании транспорта с ДВС. Глобальный уровень ущерба от ископаемого топлива, вероятно, еще выше. Но на ключевой вывод это не влияет: ископаемое топливо, прежде всего уголь, наносит огромный ущерб благополучию людей, а атомная энергия и ВИЭ являются одинаково безопасными предпочтительными альтернативами.

Энергия роста

Несмотря на кризисные явления в мировой экономике, глобальная потребность в электроэнергии продолжает расти. В 2022 году спрос вырос почти на 2%, вернувшись к допандемийным темпам. Примерно такой уровень роста ожидается в текущем году, а на следующие два года прогнозируется рост спроса на уровне около 3%.

Пока человечество не в состоянии отказаться от использования ископаемого топлива, в том числе для производства электроэнергии, но странам и регионам необходимо выстраивать энергетические стратегии и формировать собственные эффективные энергокорзины с учетом различных экономических и технологических параметров. Заявления политических лидеров показывают, что мир готов развивать низкоуглеродную генерацию, и увеличение в энергобалансе доли атомной энергетики — мощного, надежного и стабильного источника — может сыграть в этом важную роль. По мнению Международного энергетического агентства, ВИЭ и атомная энергия будут доминировать среди источников, за счет которых будет обеспечиваться рост глобального электроснабжения в течение следующих нескольких лет.

Текст: Наталья Самойлова
Фото: АО «Концерн «Росэнергоатом»

Каждому городу — свой фестиваль

Фестивали творчества и волонтерства стали площадками не только для развлечений, но и для обмена опытом между представителями атомградов

В рамках отраслевой программы «Люди и города» концерн «Росэнергоатом» проводит серию мероприятий, направленных на повышение имиджа атомной отрасли, электроэнергетического дивизиона и его предприятий среди молодежи, привлечение молодых специалистов в города присутствия АЭС, профориентационную работу со школьниками и студентами и психологическую поддержку населения атомных городов. В этом году в Сосновый Бор,

Удомлю и Волгодонск впервые пришли масштабные фестивали творчества и волонтерства «ATOM LIVE». Тысячи зрителей очно и онлайн, десятки активностей для гостей, розыгрыши призов, обмен опытом между творческими коллективами и яркие выступления любимых артистов — вот краткий итог трех фестивалей, ставших пилотным проектом «Росэнергоатома». А в следующем году фестивали приедут в новые атомные города.



На Невском взморье

Старт серии творческих фестивалей «ATOM LIVE» дал город Сосновый Бор. Мероприятие было посвящено 50-летию Ленинградской атомной станции и стало первым в рамках серии масштабных творческих фестивалей, направленных на развитие атомных городов.

Организаторами фестиваля выступили Координационный совет молодежных организаций электроэнергетического дивизиона госкорпорации «Росатом», Ленинградская АЭС, Первичная профсоюзная организация ЛАЭС при поддержке профкома АО «Концерн Росэнергоатом» и администрации города и общественных объединений Соснового Бора.

Волонтеры центрального аппарата АО «Концерн Росэнергоатом», Ростовской и Калининской АЭС организовали на фестивале площадки со своими активностями. Также в мероприятии приняли участие студенты ключевых вузов «Росэнергоатома».

«Серия фестивалей творчества и волонтерства «ATOM LIVE» — подарок для наших атомных городов и знак того, как для нас, концерна «Росэнергоатом», важно их развитие. Старт фестивалю дал Сосновый Бор, хочу поблагодарить за активное сотрудничество Ленинградскую АЭС и администрацию города. Участие в фестивале — что-то новое и уникальное и для посетителей, и для творческих коллективов: возможность познакомиться с разнообразием интерактивных площадок, научиться чему-то на мастер-классах, обменяться творческим опытом и, конечно, получить необыкновенный заряд эмоций в дружеской атмосфере. И поскольку фестиваль также посвящен теме волонтерства, наши волонтеры из центрального аппарата концерна, с Ростовской и Калининской атомных станций организовали свои площадки — как по обмену лучшими волонтерскими практиками, так и для вовлечения гостей в активности, связанные с экологическими тематиками. Например, одна из локаций добровольцев Ленинградской АЭС — «Экотир». Здесь можно обменять ненужный пластиковый предмет на пулю и пострелять из ружья. Собранный пластик отправится на вторичную переработку. Благодаря всех лидеров молодежных сообществ, координаторов добровольческих инициатив, ребят, которые организовали деятельность на площадках, за активную работу, энергию и эмоции, которые они дарили весь день жителям города. Мероприятие привлекло внимание жителей не только Соснового Бора, но и других атомных городов. Самыми активными были онлайн-зрители из Курчатова, Курска, Балакова, Санкт-Петербурга и Удомли, а в целом фестиваль посмотрели более 85 000 человек», — рассказала организатор серии фестивалей «ATOM LIVE» и куратор добровольческого движения электроэнергетического дивизиона Анна Суслова.

Для зрителей фестиваля были организованы три музыкальные сцены, 30 интерактивных площадок,



квесты, мастер-классы и розыгрыш призов. На мероприятии выступили 23 музыкальных коллектива Ленинградской области, хедлайнером стала певица Линда.

«Целью фестиваля стало объединение и обмен опытом творческих коллективов и волонтерских сообществ атомных городов. Это своего рода «творческая витрина» общественных организаций городов присутствия АЭС, где можно посмотреть на других и показать себя, а также привлечь в свои ряды новых участников, как правило, из представителей молодежи и волонтеров. Жителям Соснового Бора фестиваль дал возможность на один день погрузиться в разнообразие творчества и волонтерства — как объединений города, так и приезжих делегаций из Удомли, Волгодонска, Гатчины, Кингисеппа, Волхова, Киришей, районов Ленинградской области, Санкт-Петербурга и Москвы», — поделился организатор серии фестивалей «ATOM LIVE», председатель Координационного совета молодежных организаций электроэнергетического дивизиона Павел Гредасов.

У тех, кто не смог попасть на фестиваль, а также у жителей других городов была возможность посмотреть онлайн-трансляцию и услышать фестиваль на радио «Балтийский Берег» 103.0 FM. Мероприятие стало рекордным по количеству зрительских просмотров — более 85 000 человек со всей страны присоединились к фестивалю. А на площадке мероприятие посетили более 5000 зрителей.

«Фестиваль «ATOM LIVE» — настоящая «бомба» в культурной жизни нашего города. Благодаря организаторов фестиваля и в первую очередь концерн «Росэнергоатом», Ленинградскую атомную станцию, ППО ЛАЭС, администрацию города и, конечно, волонтеров, молодежь, которые организовали такое количество активностей для жителей Соснового Бора», — отметил заместитель главного инженера по эксплуатации 1-й очереди Ленинградской АЭС Иван Бабич.



По левитановским местам

Затем фестивальную эстафету принял атомный город Удомля. Организаторами выступили Координационный совет молодежных организаций, сообщество волонтеров и молодежи центрального аппарата концерна, Калининской АЭС, атомных городов электроэнергетического дивизиона при поддержке профкома «Росэнергоатома», администрации города и общественных объединений Удомли.

«"АТОМ LIVE" — это энергетика, драйв, хорошее настроение! В мероприятии приняло участие много молодежи, семей жителей города Удомли, юниоров — это наше будущее. Выражаю благодарность организаторам, гостям, которые приехали к нам и поддержали наш праздник: Москва, Балаково, Десногорск, Обнинск и другие. Хочется сказать огромное спасибо волонтерам за организацию интерактивных площадок — на нашем празднике их рекордное количество», — рассказал заместитель директора по управлению персоналом Калининской АЭС Олег Лебедев.

В рамках мероприятия были организованы площадки с активностями волонтеров центрального аппарата АО «Концерн Росэнергоатом», Калининской АЭС, Нововоронежской АЭС, Курской АЭС. Для гостей работали две музыкальные сцены, на которых выступили семь музыкальных коллективов городов присутствия АЭС — Ленинградской, Балаковской, Калининской и Смоленской, а также студенческий коллектив из ИАТЭ НИЯУ «МИФИ» в Обнинске. Хедлайнером фестиваля стала группа «Пилот».

Мероприятие стало рекордным по количеству интерактивных площадок — их было 56. В их числе были

квесты, мастер-классы, стенды движения «Юниоры Росатома», исторические и игровые активности, а также розыгрыш призов. Их участниками стали более 10 000 человек, а онлайн к фестивалю присоединились более 70 000 зрителей.

«Поскольку наш фестиваль организован концерном «Росэнергоатом» и мы провели его в городе присутствия АЭС — Удомле, то и активности нашего фестиваля тоже «атомные». Моя локация называлась «ИЗОтопы». Ее суть заключается в следующем: участник вытаскивает пять карточек. На каждой карточке написано слово, связанное с атомной отраслью и концерном «Росэнергоатом». Например, «градирня», «изотоп», «Росатом». И на основании этих вытасканных карточек он должен нарисовать связанную в единый сюжет картину. Чем лучше участник сможет отразить на бумаге тематику карточек и красивее нарисовать, тем больше у него шансов получить бонусы за эту активность. Принять участие могли все желающие: семьи с детьми и просто взрослые. Идея локации — не только увлечь участников и помочь им проявить свои способности к рисованию, но также познакомить их с брендом Росатома и «Росэнергоатома», дать больше знаний об атомной отрасли», — рассказал представитель команды организаторов фестиваля Евгений Гапотченко.

«Градирня» — одна из самых ярких и веселых активностей для детей: надувной бассейн с разноцветными шариками, в котором малыши могли «поплавать», повеселиться. И, конечно, начать свое знакомство с атомной отраслью. Ведь у каждого из них возникает вопрос: что такое градирня и для чего она нужна? В итоге дети покидали локацию не только

с потрясающими эмоциями, но и с новыми знаниями о том, что градирня — это устройство для охлаждения, в целом охладительная башня для теплообменных аппаратов атомной станции», — продолжил член команды организаторов и волонтер центрального аппарата концерна Александр Драчук.

Строго на юг

Серию масштабных творческих фестивалей «АТОМ LIVE» в атомных городах завершило мероприятие в Волгодонске, которое стало рекордным по количеству очных зрителей. На площадке фестиваля собралось 20 500 человек, а в прямом эфире к трансляции подключились более 70 000 зрителей. Символично, что фестиваль совпал с празднованием Дня города Волгодонска.

«Фестиваль объединил людей, которые занимаются не только рабочими делами, но еще и творчеством. Я спокоен за русский рок! В Волгодонске он есть, это действительно так. Это востребовано, мы четко ощущаем, что рок нужен нам всем: и молодежи, и старшему поколению, и детям, которые стремятся быть похожими на своих родных. Мероприятие совпало с празднованием Дня города Волгодонска: ему исполнилось 73 года, и такой яркий фестиваль стал для него подарком», — подчеркнул заместитель директора по управлению персоналом Ростовской АЭС Михаил Рябышев.

Мероприятие организовали Координационный совет молодежных организаций, сообщество волонтеров и молодежи центрального аппарата «Росэнергоатома», Ростовской АЭС и других атомных городов электроэнергетического дивизиона при поддержке профкома АО «Концерн Росэнергоатом» и администрации города Волгодонска. Открыли фестиваль и провели награждение лучших участников творческих коллективов мероприятия, волонтеров и молодежи заместитель директора по управлению персоналом Ростовской АЭС Михаил Рябышев и глава администрации Волгодонска Сергей Макаров.

Гости фестиваля могли принять участие в 42 интерактивных площадках с активностями волонтеров центрального аппарата АО «Концерн Росэнергоатом», Ростовской АЭС, Нововоронежской АЭС, Курской АЭС, Белоярской АЭС. Также более 130 студентов ВИТИ НИЯУ «МИФИ» организовали интерактивные познавательные локации для жителей города. Посетители могли присоединиться к квестам, мастер-классам, играм и поучаствовать в уже традиционном розыгрыше призов.

Параллельно на мероприятии работали три музыкальные сцены, на которых выступили 14 местных творческих коллективов, восемь рок-групп АЭС, а хедлайнером фестиваля стала группа «Северный Флот».

В следующем году серия фестивалей «АТОМ LIVE» станет еще масштабнее и пройдет на четырех площадках — Смоленской, Ленинградской, Кольской и Нововоронежской АЭС — с активным вовлечением школьников старших классов и студентов ключевых вузов «Росэнергоатома».



Как это было?

Если вы не смогли попасть на фестивали, у вас есть возможность посмотреть их в записи



Фестиваль в Сосновом Бору



Фестиваль в Удомле



Фестиваль в Волгодонске

Текст: Наталия Фельдман

Фото: Томский политехнический университет, фотобанк «Фотодженика»

Изотопы: из первых рук

Эксперты ИЦАЭ доступно и интересно рассказывают о возможностях ядерных технологий

Как заинтересовать школьников наукой и объяснить взрослым людям, чья профессия не связана с технической сферой, суть сложных понятий и процессов? В сети Информационных центров по атомной энергии (ИЦАЭ) нашли удачный рецепт. Рассказывать о реакторах, квантовой физике, радиационных технологиях, разоблачать антинаучные мифы и суеверия можно на научно-популярных ток-шоу. Эксперты доступно, с помощью образных сравнений и аналогий помогают зрителям разобраться в интересующей их теме. В сети ИЦАЭ

за годы работы создана целая линейка таких ток-шоу: «Разберем на атомы», «Научный холодильник», «Вечер научных страшилок», «Физики и лирики», Science Drama и Public Talk. Важная часть научно-популярных ток-шоу — вопросы зрителей, и иногда самые простые вопросы оказываются самыми интересными с точки зрения смыслов. Мы решили устроить виртуальный Public Talk, посвященный изотопам, с экспертами сети ИЦАЭ и заодно обсудить с ними самые распространенные мифы о радиации.



Наш первый спикер — Иван Лебедев, преподаватель Томского политехнического университета, руководитель группы технической документации реактора ИРТ-Т. Иван регулярно выступает в ИЦАЭ Томска, рассказывая жителям и гостям города о своей работе и ядерных технологиях в целом.

— Иван, расскажите, когда и для чего создавался реактор ИРТ-Т?

— Можно сказать, что реактор ИРТ-Т был построен на заре атомной эры: решение о строительстве приняли в середине 1950-х годов. За основу взяли типовой проект реактора ИРТ-1000. Сооружение началось в 1959 году и продолжалось восемь лет. За это время был построен целый научный комплекс: здание реактора, мастерские, спецпрачечная, научный корпус и поселок для сотрудников.

Официальным днем рождения, или датой физического пуска, считается 22 июля 1967 года, когда реактор впервые достиг критичности. На тот момент проектная мощность была 1 МВт, причем, через пару лет нашим инженерам и научным сотрудникам удалось перевести установку на новый тип топливных сборок и повысить мощность в два раза, до 2 МВт. В 1977 году из-за коррозии алюминиевого бака реактор пришлось остановить на реконструкцию. Была построена градирня, добавлен второй контур, мощность повысили до 6 МВт, заменили все системы управления реактором. В 1984 году состоялся физический пуск обновленной установки. С тех пор у нас прошли еще три масштабные модернизации. В 2005 году была полностью обновлена система управления и защиты, в 2014–2015 и 2019–2020 годах

было две волны обновления научного оборудования, благодаря чему реактор ИРТ-Т на сегодня — один из самых современных реакторов не только в России, но и, наверное, в мире.

Реактор в первую очередь был предназначен для подготовки специалистов атомной отрасли и для материаловедческих исследований. Сегодня на реакторе проходят обучение около 400 студентов из России и стран-партнеров. За более чем 50-летнюю историю здесь появились целые научные школы: производство радиофармпрепаратов, легирование кремния, окрашивание полудрагоценных камней и многие другие.

Если говорить об основных сегодняшних достижениях, то это производство изотопов технического и медицинского назначения (фосфора-32, лютеция-177, иридия-192, вольфрама-188, рения-188, иттрия-90, молибдена-99 и многих других), комплекс легирования кремния, состоящий из двух установок (пяти- и восьмидюймовой), комплекс нейтронзахватной терапии и набор оборудования для проведения радиационных и ресурсных испытаний материалов и оборудования.

— В чем заключается уникальность реактора ИРТ-Т?

— Во-первых, он находится в структуре вуза, что для России уже достаточно уникально. У студентов есть возможность пройти курс практических и лабораторных занятий на действующей ядерной установке. Во-вторых, набор научных станций не имеет аналогов в России. У нас есть собственные технологии

На реакторе ИРТ-Т производят изотопы технического и медицинского назначения (фосфор-32, лютеций-177, иридий-192, вольфрам-188, рений-188, иттрий-90, молибден-99 и другие)



и ноу-хау в областях получения изотопов, легирования кремния и радиационных технологий. На сегодняшний день ИРТ-Т — единственная в России установка, используемая для лечения домашних животных методом нейтронзахватной терапии.

— С какими мифами о вашем реакторе и об атомной энергетике в целом вам приходилось сталкиваться? Как вы обычно отвечаете на вопросы, основанные на мифах?

— О! В нашем городе ходит легенда, что под корпусом № 10 Томского политехнического университета есть ядерный реактор (видимо, речь о нашем). Когда реактор строили, в город привезли два корпуса активной зоны: один поставили в здание реактора, а второй увезли в 10-й корпус для обучения студентов. Перевозили их под вооруженным конвоем, поэтому у горожан сложилось ощущение, что в 10-м корпусе строят что-то секретное.

Мы, в свою очередь, стараемся поддерживать эту легенду и иногда лукавим, не отвечая прямо на вопрос, есть он там или нет. Я, например, говорю что-то вроде: «А вы думаете, что пар, идущий из колодца на территории кампуса, — это канализация?»

Второй, очень часто встречающийся миф — это зеленое радиоактивное свечение. На самом деле свечение Вавилова — Черенкова синее. Это мы обычно показываем на экскурсиях. Все-таки в год нас посещают более 3000 человек!

— Случались ли у вас курьезные ситуации на работе? Если да, то какие?

— Однажды во время плановых учений мы выбрали «жертву»: наш ведущий инженер, по легенде, сломал ногу, и его должны были спасти из вентиляционной камеры. Спасатели в суете его благополучно забыли, и он просидел там два часа. Когда все было закончено и официальные лица подводили итоги и докладывали об успешном окончании учений, его появление вызвало фурор! А его обиженное «Я просидел со сломанной ногой два часа, замерз и проголодался» привело к такой истерике, что мероприятие завершилось досрочно.

— Что самое важное в вашей работе?

— Как и во всех других делах, главное — быть профессионалом в своем деле и искренне любить свою профессию. Ну, и как любит говорить наш главный инженер: «Делать надо хорошо, плохо само получится».

«Сегодня на ИРТ-Т проходят обучение около 400 студентов из России и стран-партнеров. За более чем 50-летнюю историю здесь появились целые научные школы: производство РФП, легирование кремния, окрашивание полудрагоценных камней и многие другие».



Наш второй эксперт — Николай Носов, врач-радиолог отделения радиоизотопной позитронно-эмиссионной томографии, аспирант кафедры радиологии, хирургии и онкологии ФГБОУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова» Минздрава РФ (РНЦРХТ им. ак. А. М. Гранова). Он недавно познакомился с сотрудниками ИЦАЭ Санкт-Петербурга, но они уже наметили план научно-популярных лекций, посвященных ядерной медицине.

— Николай, расскажите о своей работе.

— В нашем отделении выполняются радионуклидные исследования у пациентов с онкологическими заболеваниями. Пациентам вводят радиофармпрепарат. Он представляет собой радионуклид с периодом полураспада 1–2 часа, связанный с определенной молекулой, обеспечивающей доставку радиофармпрепарата к необходимым тканям. Препарат распределяется по организму и фиксируется в очагах опухоли. Через 1–1,5 часа начинают сканирование на ПЭТ/КТ-томографе. Этот аппарат внешне похож на обычную установку для компьютерной томографии, но объединяет в себе компьютерный томограф и кольцо детекторов для позитронно-эмиссионной томографии, обеспечивая так называемую гибридную визуализацию. В результате мы получаем две серии послойных снимков: КТ и ПЭТ с возможностью их наложения друг на друга, а также построения 3D-изображений.

Моя работа включает определение показаний к исследованию, контроль за проведением процедуры, но самую важную часть составляет интерпретация, или расшифровка, изображений и составление заключения. На основе этого документа лечащий врач пациента определяет дальнейшую тактику: назначает различные виды лечения, изменяет текущий вид лечения или рекомендует завершить терапию и продолжить наблюдение.

— Какие методы диагностики и лечения относятся к ядерной медицине, а какие нет?

— Ядерная медицина занимается применением радиофармпрепаратов в диагностике и лечении различных заболеваний. Наиболее широко методы ядерной медицины применяются в онкологии и кардиологии. Радионуклидные исследования также проводятся в эндокринологии, неврологии и нефрологии (при заболеваниях почек).

К ядерной медицине относят методы диагностики, при которых используются открытые источники ионизирующего излучения: сцинтиграфия, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). К лечебным методам относится радионуклидная терапия, при которой радиофармпрепараты вводят в организм с лечебной целью. При проведении диагностических и лечебных мероприятий пациент временно становится источником ионизирующего

излучения. А в рентгенологических исследованиях (рентгенографии, флюорографии и др.) и компьютерной томографии используется рентгеновское излучение, которое, по сути, является ионизирующим, но для генерации такого излучения применяют закрытые источники, следовательно, эти методы нельзя по определению отнести к ядерной медицине. Аналогично и с лучевой терапией.

Принцип работы магнитно-резонансной томографии основан на электромагнитных импульсах, излучаемых в сильном постоянном магнитном поле. Этот вид излучения не является ионизирующим и также не относится к ядерной медицине.

— Расскажите, как устроены радиофармпрепараты и как они работают внутри нашего организма.

— Они необходимы для визуализации. Молекулы препаратов представляют собой химические соединения, аналогичные тем, что присутствуют в организме человека. Существует два способа фиксации радиофармпрепаратов в целевых органах и тканях: включение в метаболизм клеток (проникновение внутрь) и фиксация на рецепторах, на поверхности клеток. Основная цель — добиться наибольшего поступления препарата в очаг патологического процесса и наименьшей фиксации в других органах и тканях. Введение радиофармпрепаратов в организм дает хороший контраст изображений. Второй неотъемлемой частью радиофармпрепарата является радионуклид. В сцинтиграфии и ОФЭКТ применяют гамма-излучающие радионуклиды технеций-99m и йод-123, в ПЭТ — позитрон-излучающие фтор-18, галлий-68, углерод-11. Они позволяют точно локализовать патологический процесс и установить его распространенность по организму.

В радионуклидной терапии используют радиофармпрепараты с радионуклидами, у которых очень короткий период полураспада — от нескольких часов до нескольких суток (стронций-89, радий-223, лютеций-177, актиний-225). Этот вид терапии может помочь, когда возможности других видов лечения исчерпаны. Радионуклидная терапия также позволяет избежать применения химиотерапевтических препаратов, которые обладают выраженными побочными эффектами.

— О чем вас чаще всего спрашивают люди, когда узнают, где и кем вы работаете?

— Как правило, собеседники проявляют живой интерес к моей работе. Радиология — относительно молодая специальность, которая начала развиваться в России с конца 1990-х годов, поэтому о ней мало известно людям, которые не сталкивались с радиационными технологиями и ядерной медициной. В медицинских вузах методы ядерной медицины вошли в образовательную программу, начиная со студентов, которые поступали всего 10 лет назад. Поэтому даже коллег из других сфер медицины иногда приходится знакомить с нашей специальностью.

Чаще всего люди спрашивают, какие заболевания и с какой точностью мы можем видеть. Обычно я знакомлю собеседников не только с ядерной медициной, но и с широкими возможностями лечения онкологических заболеваний, доступными сегодня.

— С какими самыми распространенными мифами о радиации и ядерной медицине вы сталкивались? Что обычно отвечаете на такие высказывания?

— Один из самых частых вопросов, который окружен множеством мифов, касается безопасности радионуклидных исследований. Иногда приходится слышать, что подобные процедуры, особенно при неоднократном проведении, несут высокий риск развития новых онкологических заболеваний. Но это не так. Все исследования в ядерной медицине дают лучевую нагрузку, но влияние излучения на организм очень мало. Радионуклидные исследования обеспечивают получение данных о заболевании, что позволяет лечащему врачу более оперативно корректировать схему лечения. Если не выполнить очередное исследование и не получить информацию о заболевании, это может привести к более серьезным последствиям, чем риск от излучения.

Пациенты иногда задают вопрос, не будут ли опасны их личные вещи и одежда после исследования. Радиофармпрепараты вводятся с большой осторожностью через внутривенный катетер, их попадание на одежду исключено. После сканирования одежда не становится источником излучения. Встречаются вопросы, какую лучевую нагрузку получает персонал отделения. Врачи-радиологи получают в несколько раз ниже предельно допустимой дозы для персонала группы А (кто непосредственно работает с источниками). Рентгенолаборанты, которые

непосредственно контактируют с пациентом во время процедуры, получают примерно столько же. Чуть больше доза у медсестер, которые вводят радиофармпрепараты.

Чтобы уменьшить получаемую дозу, персонал отделений имеет дополнительные дни отпуска и сокращенный рабочий день. В отделениях радионуклидной диагностики ведется обязательный контроль за получаемой дозой. У всех сотрудников есть индивидуальные дозиметры, которые размещаются на одежде на уровне органов, наиболее чувствительных к облучению. У мужчин один дозиметр на уровне пояса, у женщин — по одному на уровне пояса и груди. Дозиметры проверяют на полученную дозу несколько раз в год. Беременным женщинам для минимизации рисков обеспечивают изолированное рабочее место в отделении, где будет исключен контакт с пациентами. При невозможности выделения такого места их могут перевести на временную работу в другие подразделения, где отсутствуют вредные факторы.

«Исследования в ядерной медицине дают лучевую нагрузку, но ее влияние на организм очень мало. Радионуклидные исследования обеспечивают получение данных о заболевании, что позволяет врачу более оперативно корректировать схему лечения».



На фото

При ПЭТ-сканировании применяют позитрон-излучающие изотопы фтор-18, галлий-68, углерод-11



Федор Буйновский,
обозреватель «Вестника атомпрома»

Престиж против доминирования

Что дает эволюционный подход к изучению психологии и поведения человека с учетом культурной природы нашего вида

Вопрос, чем Homo sapiens настолько уникален и в чем загадка его непостижимого эволюционного успеха, исследуется учеными постоянно и не перестанет занимать их до конца времен. Профессор Гарварда Джозеф Хенрик предлагает важнейшее

изменение в подходе к этому вопросу, доказывая, что необходимо учитывать влияние культуры на нашу биологию и генетику: тесно переплетаясь, они вместе генерируют уникальный комплекс процессов, формирующих наше поведение и развитие.

Издательство Corpus опубликовало книгу «Секрет нашего успеха. Как культура движет эволюцией человека, одомашнивает наш вид и делает нас умнее». Ее автор Джозеф Хенрик — авторитетный антрополог с мировым именем, профессор Гарвардского университета, заведующий кафедрой эволюционной биологии человека, автор научно-популярных книг, завоевавших любовь читателей и расширивших горизонты научного понимания человеческой истории. На увлекательных примерах, с привлечением огромного массива научных данных из самых разных дисциплин, изучающих человека, Хенрик выстраивает расширенную и обогащенную картину нашего эволюционного пути.

Неожиданно для себя мы находим в книге множество ответов на вечно мучающие нас вопросы: «Почему в тех или иных ситуациях люди ведут себя так, а не иначе? Откуда в них те или иные черты? Почему они такие одинаковые — и такие разные?» Привлекая огромный массив этнографических исследований и научных данных, Хенрик демонстрирует невероятную адаптивную мощь человеческой культуры.

Космос внутри человека

Отучившись в Университете Нотр-Дам (штат Иллинойс) и получив степень бакалавра сразу в двух областях — антропологии и аэрокосмической техники, — Джозеф Хенрик после нескольких лет раздумий все-таки решил связать свою жизнь не с космосом, а с человеком.

«Отчасти антропология привлекала меня тем, что эта наука предполагает глубокие долгосрочные полевые исследования, без которых, как считал я тогда, невозможно понять, как люди принимают решения

и почему ведут себя так, а не иначе и с какими трудностями они сталкиваются. Это что касается «прикладной» части. А с интеллектуальной точки зрения меня увлекала эволюция человеческих обществ, особенно ее главный вопрос: как люди за последние 10 тыс. лет перешли от относительно небольших сообществ к сложным национальным государствам», — пишет ученый.

Получив докторскую степень в области антропологии в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, Хенрик решил «объединить достижения самых разных общественных и биологических дисциплин и создать эволюционный подход к изучению психологии и поведения человека с самым серьезным учетом культурной природы нашего вида». Для этого он задействовал весь арсенал доступных методов: от этнографии и исторических данных до интервью и экспериментов. Так появилась его книга «Секрет успеха».

Как земледелие сделало людей голубоглазыми

Одна из основных тем книги может быть выражена следующей цитатой: «Культурная эволюция формирует нашу среду обитания, а следовательно, способна направлять генетическую эволюцию». Прекрасный пример того, как это работает, приведен в главе «Почему у некоторых из нас голубые глаза».

«В наши дни накоплено достаточно данных, показывающих, что тон цвета кожи у разных популяций на планете, от темного до светлого, — это генетическая адаптация к тому, насколько часто человек подвергается воздействию ультрафиолетового излучения, как длинноволнового, так и коротковолнового, и насколько это излучение интенсивно», — начинает объяснение автор книги. Ближе к экватору круглый год солнечно, ультрафиолетовое излучение разрушает фолиевую кислоту в нашей коже, а фолиевая кислота нужна и мужчинам и женщинам для одной из основных биологических функций — продолжения рода. Поэтому в эпидермисе начинает вырабатываться защитный меланин, побочным эффектом которого становится темная кожа. Ну а жителям высоких широт, где солнечных дней заметно меньше, такое количество меланина не только не нужно, но и вредно, ведь он блокирует слишком много ультрафиолета, что препятствует синтезу витамина D. У популяций, имеющих доступ к рыбе и морепродуктам, количество меланина не обязательно снижать радикально, они получают витамин D из продуктов питания.

Но вот к обитателям высоких широт, населяющих область южнее Балтийского моря, приходит земледелие и приживается там. Основой рациона становятся злаковые растения. И естественному отбору надо искать способ увеличить синтез витамина D. Проще всего это оказалось сделать, еще уменьшив количество меланина, тем самым обеспечив очень светлую кожу. Вот только отвечающий за это ген HERC2 уменьшил количество меланина не только в коже, но и в сетчатке глаза.

Справка

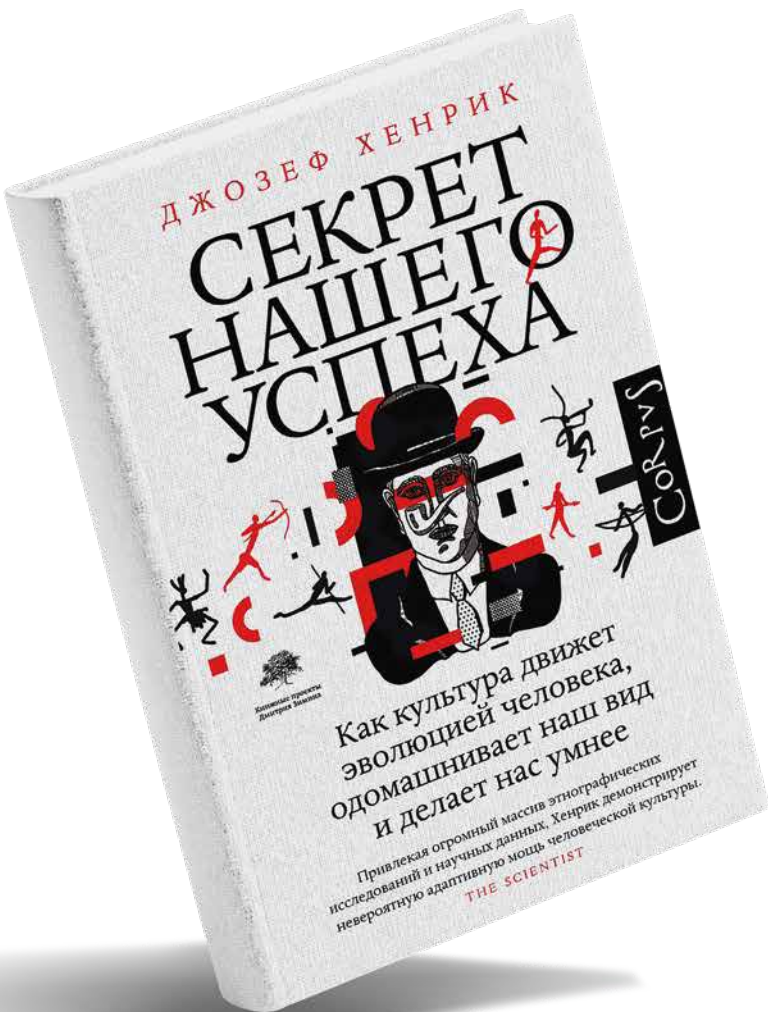
Джозеф Хенрик (род. 1968) — в настоящее время профессор эволюционной биологии человека в Гарвардском университете (США). Основные вопросы, которые его интересуют в профессиональной деятельности: как люди превратились из «относительно ничем не примечательных приматов, какими они были несколько миллионов лет назад, в самый успешный вид на земном шаре» и как культура повлияла на генетическую эволюцию нашего вида.

В сфере научных интересов и исследований Хенрика — проблематика, связанная с технологическими изменениями и принятием экономических решений, культурология, социальная стратификация, эволюция сотрудничества, моногамного брака и религии. Так, в исследовании о происхождении и эволюции религий Хенрик утверждает, что верования, ритуалы и обряды, составляющие религиозные традиции, сформировались не только в результате развития особенностей человеческого разума, но и в результате конкуренции между группами: межгрупповая конкуренция способствовала появлению сверхъестественных верований и ритуальных практик, которые увеличивали внутригрупповое сотрудничество и солидарность. Опираясь на наблюдение о том, что в большинстве человеческих обществ была разрешена полигамия, Хенрик утверждает, что нормативная моногамия распространилась благодаря тому, что она уменьшает конкуренцию между мужчинами и тем самым способствует успеху в конкуренции с другими обществами.

Среди работ ученого: «Основы человеческой социальности: экономические эксперименты и этнографические данные пятнадцати малых обществ», «Почему люди сотрудничают: культурное и эволюционное объяснение», «Экспериментируя с социальными нормами: справедливость и наказание в межкультурной перспективе», «Самые странные люди в мире: как Запад стал психологически своеобразным и очень успешным».

В книге «Секрет нашего успеха» Джозеф Хенрик отвечает на вопрос, что позволило людям как виду доминировать на планете (хотя как одиночки в дикой природе мы практически беспомощны). Книга показывает, что секрет нашего успеха заключается не во врожденном интеллекте, а в коллективном разуме — в способности человеческих групп социально взаимодействовать и учиться друг у друга на протяжении поколений.

Способность учиться привела человека к множеству культурных инноваций, таких как использование огня, приготовление пищи, создание орудий труда, что, в свою очередь, помогло дальнейшему развитию человеческого мозга и решающим образом изменило нашу физиологию, анатомию и психологию. Позже коллективный разум создал рычаг, колесо, винт, письмо, а также социальные институты, которые продолжали совершенствовать мотивацию и восприятие. Хенрик показывает, как генетика и биология неразрывно переплетаются с культурной эволюцией и как взаимодействие культуры и генов вывело наш вид на необычайно успешную эволюционную траекторию.



«То есть голубые и зеленые глаза,— заключает Джо-зеф Хенрик,— это побочный эффект естественного отбора, благоприятствующего светлой коже у популяций, живущих в высоких широтах и питающихся злаками. Если бы культурная эволюция не породила земледелие, а точнее, приемы и технологии, подходящие для высоких широт, у людей не было бы ни зеленых, ни голубых глаз».

Таким образом Хенрик показывает, что биологическая и культурная эволюция напрямую связаны — до сих пор. А потому мнение о том, что около 50 тыс. лет назад наша биологическая эволюция остановилась и теперь мы эволюционируем только культурно, ошибочно. Наша культура по-прежнему оказывает влияние на наши гены.

Для себя и для социума

Отдельного интереса заслуживают те части книги, в которых разбираются модели нашего поведения и влияние этих моделей на нас самих и на окружающий социум. Один из интересных примеров — разница между доминантностью (эволюционно появившейся раньше) и престижем (появившемся позже).

«Мы сформировали маленькие группы из незнакомых между собой людей и попросили их выполнить групповое задание под названием «Потерявшиеся на Луне». Каждая группа должна была представить себе, что их звездолет только что потерпел крушение на Луне, и расставить по важности набор предметов», — описывает один из экспериментов Хенрик.

Сначала каждый участник ранжировал заданные предметы по важности в своем собственном списке, а затем команда готовила общий список. Благодаря хитрой (и невероятно логичной) системе оценок полученных результатов, разработанной Хенриком, выяснилось следующее.

«Доминантные личности были склонны (1) вести себя властно, (2) приписывать себе все заслуги, (3) прибегать к насмешкам, чтобы унизить других, и (4) манипулировать товарищами по группе. В то же время обладатели престижа (1) прибегали к самоиронии, (2) приписывали успех группе и (3) шутили». Более того, «...те, кто прибегал к стратегии доминантности, (1) занимали больше места, (2) шире расставляли ноги и (3) держали руки дальше от корпуса, чем те, кто стремился завоевать престиж. Между тем обладатели престижа были больше склонны высоко держать голову, выпячивать грудь и улыбаться. Кроме того, мы обнаружили, что доминантные личности (но не обладатели престижа) в ходе взаимодействия понижали тон своего голоса», — приводит результаты исследования ученый.

Что же касается демонстрации низкого статуса, то Хенрик увидел такие закономерности: «В отношениях доминирования позы подчинения у низших во многом противоположны демонстрациям доминантных индивидов. Носители низшего статуса

словно «жмутся»: стараются минимизировать и свои габариты, и позу, и присутствие. Кроме того, они отводят взгляд от доминантной особи, хотя отслеживают ее местонахождение, чтобы случайно не навлечь на себя агрессию. Демонстрация подчиненности связана с эмоциональным состоянием стыда. Напротив, в иерархии престижа носители низшего статуса чувствуют потребность быть как можно ближе к обладателю престижа и общаться с ним, постоянно находиться поблизости и активно и открыто выражать почтение. Особенно при этом действенны публичные выражения почтения, поскольку они повышают престиж у реципиента. Помимо близкой дистанции, внимания и открытой позы, этот паттерн не особенно бросается в глаза, однако он контрастно отличается от других демонстраций, рассмотренных выше. С ним связаны эмоции восхищения, благоговения и уважения, не основанного на страхе».

Опираясь на результаты исследований, Хенрик выводит основу множества явлений и культурных паттернов. Например, доминантные личности, в отличие от обладателей престижа, не склонны к щедрости.

«Причина — в нашей культурной природе. Если особенно продуктивный охотник получает от сородичей признание за свои способности (престиж), то, когда он активно сотрудничает с соплеменниками — участвует в охоте на черепаху, обеспечивает провизию для общего пира, — остальные подражают его действиям, наклонностям и мотивам. Таким образом, поскольку обладатель престижа служит примером для подражания, своим альтуизмом он повышает общий уровень просоциальности в своей локальной группе или в своей части социальной сети. Разумеется, из этого следует, что любой альтуизм — это альтуизм лишь в краткосрочной перспективе. В долгосрочной перспективе обладатели престижа, проявляющие щедрость, окружают себя социальной сетью, которая благодаря их же собственным поступкам становится со временем все более щедрой и расположенной к сотрудничеству. Скажем, Брук Астор (была известна как благотворитель и филантроп, попечитель Метрополитен-музея, часто совершала пожертвования для Нью-Йоркской публичной библиотеки. — Прим. ред.), поощряя окружающих жертвовать на благотворительность, в конце концов благодаря своей же деятельности обеспечила себе возможность жить в городе, который стал лучше хотя бы потому, что теперь в нем есть великолепная публичная библиотека», — объясняет исследователь.

Изучение секретов успешности человека через культурные аспекты приводит к очень интересным выводам и с легкостью может быть отнесено к деятельности организаций. Выводы Хенрика, несомненно, применимы для организаций, которые хотят выглядеть в глазах людей престижными, а не агрессивными. Именно поэтому человекоцентричные проекты имеют больше шансов на привлечение квалифицированных кадров, дефицит которых ощущается все сильнее и сильнее.

СЕМЬ ПЯДЕЙ В САРОВЕ

СПЕЦПРОЕКТ НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ И ГАЗЕТЫ «СТРАНА РОСАТОМ»

От суперкомпьютерного моделирования до газодинамики взрыва, от искусственного интеллекта до лазерных технологий — НЦФМ ежегодно проводит школы по своей научной программе.

Слушатели общаются со звездами российской науки:

Александром Сергеевым, Игорем Каляевым, Львом Зеленым и др., представляют свои исследования, получают консультацию и поддержку. В спецпроекте мы рассказываем и показываем, как это происходит.



Записи лекций, справочная информация, статьи по темам — все собрано на strana-rosatom.ru/ncphm. Заходите и изучайте!

Аудитория

Студенты старших курсов бакалавриата, специалитета, магистратуры, аспиранты, ученые в возрасте до 39 лет

Лекторы

Ведущие ученые институтов Российской академии наук, МГУ им. Ломоносова, РФЯЦ-ВНИИЭФ, ОИЯИ, Курчатовского института и многих других известных организаций и компаний

ХОТИТЕ В ШКОЛУ НЦФМ?

Регистрация свободная. Школы проходят в Сарове. Участие, проживание и питание бесплатное. Компенсация транспортных расходов. Уникальные экскурсии: предприятия «Росатома» и достопримечательности Нижегородской области.

