

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№ 10

декабрь

2023

Главная тема

Уран: в начале ЯТЦ

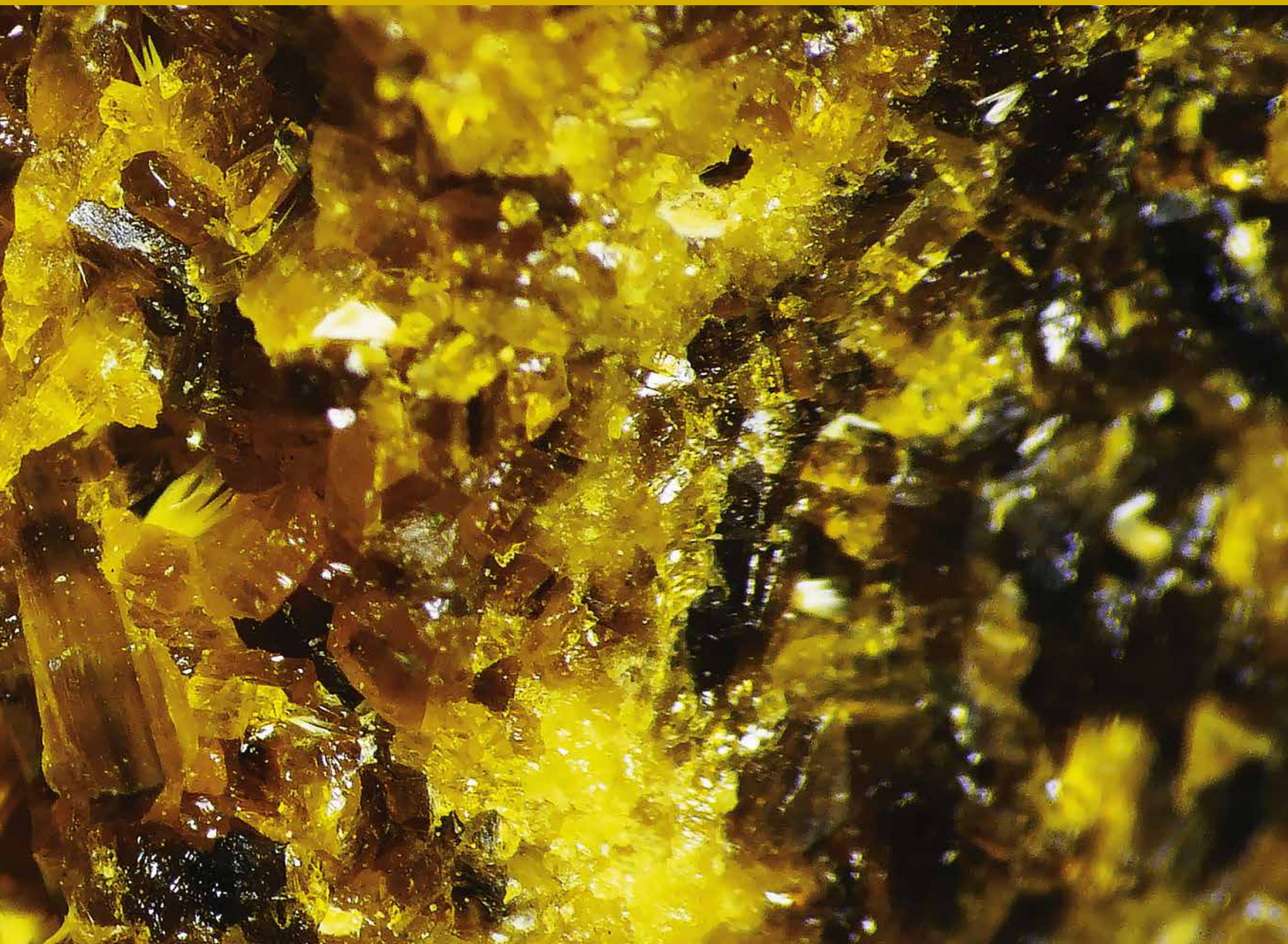
Технологии добычи, перспективы
производства, экологические аспекты,
тенденции рынка

В номере

Итоги года	32
------------	----

Прогнозы МАГАТЭ	42
-----------------	----

Белорусская АЭС	44
-----------------	----



Уважаемые читатели!

Главная «работа» урана в наше время — служить основой ядерного топлива для реакторов АЭС. Горнорудный дивизион Росатома (управляющая компания — АО «Атомредметзолото») входит в число крупнейших производителей природного урана в мире. Предприятия дивизиона осуществляют весь комплекс работ в области уранодобычи — от геолого-разведки, опытных и проектных работ до рекультивации и вывода производственных объектов из эксплуатации.

Материалы главной темы номера рассказывают о том, как ведется работа по восполнению отработанных запасов и наращиванию объемов добычи урана, какие технологии при этом используются и как обеспечивается экологическая безопасность, каковы планы по развитию Краснокаменска — «урановой столицы» России — и какие тенденции влияют на рост цен на уран.

Также мы подводим итоги уходящего года, делимся мнениями экспертов о том, какие преимущества дает Беларуси работа АЭС, публикуем прогноз МАГАТЭ о глобальных перспективах развития атомной энергетики до 2050 года и рассказываем об этических проблемах, которые ставит перед человечеством развитие технологий искусственного интеллекта.

До встречи в новом году!

ВЕСТНИК АТОМПРОМА № 10, декабрь 2023 года Информационно-аналитическое издание Фото на обложке wikipedia.org	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: 11.12.2023 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. Зюбинская, д. 6, стр. 2. Тел.: +7 (968) 724-35-91 № заказа: Аф-010/23.
---	--	---	---

	Содержание		
Главная тема	коротко	Энергичный металл4 Уникальный элемент, без которого невозможно функционирование современной атомной энергетики	Международное сотрудничество На лидирующих позициях44 1 ноября 2023 года энергоблок №2 Белорусской АЭС принят в промышленную эксплуатацию
	производство	Уран в запасах6 Как «Атомредметзолото» обеспечивает Россию стратегическим металлом	Взгляд в будущее Моральный кодекс для роботов48 Этические проблемы, которые ставит эпоха бурного развития искусственного интеллекта
наука и технологии		Эффективно и безопасно10 Как добывают уран без шахт и карьеров	ИЦАЭ Секретность vs традиция52 Почему ледокол атомный, а топливо ядерное?
		Руды беднеют, а предприятие развивается16 Приаргунское производственное горно-химическое объединение: научно-технологические приоритеты	Книжная полка Взгляд сквозь пять веков56 Как взаимодействуют цивилизации: движущие силы исторических изменений
	перспективы	Все идет по мастер-плану20 Что намечено сделать для развития Краснокаменска — «урановой столицы» России	
	обзор	Дело не только в цене24 Обзор процессов на урановом рынке	
	Итоги-2023	Атомный год: сложно, но возможно32 Достижения и новые проекты Росатома, которые станут фундаментом для будущего развития отрасли	
	Прогнозы	МАГАТЭ: поводы для сдержанного оптимизма42 Агентство рассматривает два сценария развития атомной энергетики до 2050 года	

Энергичный металл

С чего начинается атомная энергетика? Ответ очевиден: с добычи урана. Многие думают, что это редкий элемент, но на самом деле уран довольно широко распространен в земной коре: он встречается примерно в 500 раз чаще, чем золото. В небольших количествах уран есть практически везде: в горных породах, почве, морской воде и даже в человеческом организме.

При этом уран — металл с исключительными свойствами. Это единственный элемент таблицы Менделеева, у которого есть встречающийся в природе изотоп — уран-235, дающий возможность для осуществления управляемой цепной реакции деления в ядерных реакторах. По расчетам МАГАТЭ, из уранового топлива объемом с одно куриное яйцо можно произвести такое же количество электроэнергии, как из 88 тонн угля, — и это примерно столько, сколько потребляет среднестатистический житель планеты за всю жизнь. Особенно важно, что использование уранового топлива, в отличие от ископаемых углеводородных источников энергии, не вызывает выбросов парниковых газов, то есть позволяет сдерживать темпы глобальных климатических изменений.

В естественных условиях встречаются три изотопа урана: 234, 235 и 238. Наиболее распространен уран-238: на него приходится около 99% всего природного урана на Земле, в то время как содержание урана-235 составляет всего 0,72%. Уран присутствует в составе различных руд, их на сегодняшний день известно более 100, практический интерес представляют около 20. В состав руд обычно входит уран в форме разнообразных оксидов или солей, а также вмещающая порода — это могут быть карбонаты, силикаты, сульфиды, оксиды железа или каустобиолиты.

Перед тем как стать ядерным топливом, уран успевает побыть в твердом, жидком и газообразном состоянии и пройти обогащение по изотопу уран-235 (этот процесс требуется для работы большинства действующих сегодня реакторов). Главная тема этого номера рассказывает о первом переделе ядерного топливного цикла. Читайте о том, как добывают уран в России, на сколько хватит его запасов и что происходит с мировыми ценами на этот уникальный металл.

Уран в запасах

Как «Атомредметзолото» обеспечивает Россию стратегическим металлом



АО «Атомредметзолото» (АРМЗ) ведет геологоразведку для восполнения отработанных запасов и ставит задачу нарастить объем добычи. Все это — в условиях санкций, конкуренции за кадры со стороны других горных предприятий и роста цен на уран, которые побили 12-летний

(дофукусимский) рекорд. Первый заместитель генерального директора — исполнительный директор АРМЗ Виктор Святецкий поделился, как российский горнодобывающий холдинг справляется с вызовами и использует имеющиеся у него возможности.

Геологоразведка

АРМЗ не ведет масштабных геологоразведочных работ на действующих рудниках. Зато идет разведка локальных участков — флангов месторождений, нижних горизонтов. Эксплуатационная разведка позволяет точнее определить качество и количество запасов для среднесрочного и долгосрочного планирования. Входящий в горнорудный дивизион «Русбурмаш» бурит из подземных выработок, уточняет контуры залегания рудных тел на обоих действующих рудниках Приаргунского производственного горнохимического объединения (ППГХО), благодаря чему предприятие минимизирует затраты на подготовительные работы.

Но нельзя сказать, что АРМЗ не думает о приросте запасов. ППГХО разработало геологоразведочный проект «Кальдера». Предполагается, что он позволит поставить на баланс и вовлечь в отработку порядка 30 тыс. тонн урана. К «Кальдере» приступят после того, как начнется добыча на руднике №6, поскольку сейчас все силы направлены на его строительство и подготовку к отработке. Это ключевой уранодобывающий проект в России, важный как для развития Краснокаменска, так и для обеспеченности сырьем всей российской атомной отрасли. «К началу 2030-х годов мы должны вывести его на проектную мощность. Ищем сейчас варианты ускорить процесс строительства, чтобы первый уран пошел раньше», — комментирует Виктор Святецкий.

«Хиагда» планирует в следующем году лицензировать месторождение Тетрахское. Для него подготовлена большая программа геологоразведочных работ (ГРП), будут уточняться запасы и проводиться гидрогеологические исследования. На перспективу АРМЗ вместе с «Росгеологией» и Всероссийским научно-исследовательским институтом минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ВИМС) планирует большую программу разведочных работ на объектах Витимского урановорудного района. Дело в том, что месторождения Хиагдинского рудного поля — сырьевая база «Хиагды» — уже заканчиваются, остались только три небольших, порядка 3–4 тыс. тонн урана каждое, месторождения — Тетрахское, Намаруское и Кореткондинское. Все они будут введены в эксплуатацию в 2030–2035 годах. «Поэтому нам необходимо уделять большое внимание ГРП на Витимском урановорудном районе», — резюмирует Виктор Святецкий. АРМЗ намерен детально изучить и поставить на баланс новые объекты, выявленные в результате поисковых работ, проведенных Роснедрами. «Далур» завершает разведку Добровольного месторождения. Буровые работы уже проведены, построена установка для опытно-промышленных работ. После их завершения, примерно через полтора-два года, предприятие будет строить промышленную установку.

В целом, «Далур» обеспечен запасами до 2044 года. На ППГХО действующих запасов хватит примерно до 2030-х годов, с учетом ввода рудника

Прямая речь



Виктор Святецкий

Первый заместитель генерального директора — исполнительный директор АРМЗ:

— В целом, «Далур» обеспечен запасами до 2044 года. На ППГХО действующих запасов хватит примерно до 2030-х годов, с учетом ввода рудника №6 — примерно до 2050-х годов. «Хиагда» обеспечена до 2045 года.

№6 — примерно до 2050-х годов. «Хиагда» обеспечена до 2045 года.

Планы на вырост

АРМЗ ожидает небольшое перевыполнение плана в этом году. Рост производства по сравнению с прошлым годом, предположительно, составит 8%. В перспективе ввод рудника №6 позволит увеличить добычу — после запуска объем производства ППГХО вырастет минимум в полтора раза. Общий объем производства по стране тоже вырастет.

Еще одна задача — получить лицензию на Шиرونдукуйское месторождение. Оно находится в пределах производственной площадки Приаргунского комбината, ранее лицензия на него была сдана, потому что отрабатывать его не планировали из-за невысоких объемов запасов и содержаний. Но растущие спотовые цены на уран сделали отработку даже таких объектов рентабельными.

Бедные руды из залежей на флангах на ППГХО будут отрабатывать по технологии кучного выщелачивания. Уже закупили новое оборудование, смонтировали его, создав производительную и эффективную технологическую цепочку. Извлекать уран таким образом гораздо дешевле, чем на гидрометаллургическом заводе.

«В целом задача «Далура» — поддержание существующих объемов производства; «Хиагды» — постепенное увеличение свыше 1000 тонн в год. Дальше посмотрим. Возможно, будем держаться на этом уровне, но не исключено, что сможем выйти на большую производительность. Есть наработки по современным эффективным сорбентам, которые позволяют увеличить сорбционные мощности. Можно увеличить

На фото

АО «Далур» входит в тройку лучших ПСР-предприятий атомной отрасли



извлечение, не меняя технологическую цепочку», — отмечает Виктор Святецкий.

Новые технологии

АРМЗ распространяет применение «Умного полигона» на своих предприятиях. Сначала его попробовали на маленьком блоке на «Хиагде», потом — на большой залежи на «Далуре». Опыт показал, что цифровое управление продуктивными растворами выравнивает добычу и снижает затраты. Производство становится стабильным, влияние ошибок операторов минимизируется. Система сама видит отклонения и регулирует баланс продуктивного раствора, закачку и откачку. Как следствие, повышается среднее содержание урана в растворе, средний объем его откачки и общий объем производства. «Так мы можем отработать месторождения быстрее, улучшая экономику рудников. Мы планируем "Умный полигон" использовать на всех залежах "Далура" и "Хиагды"», — комментирует Виктор Святецкий.

Обязка всех новых залежей «Далура» уже включает элементы «Умного полигона». На «Хиагде» Дыбынское месторождение, с которого уже идут первые килограммы урана, тоже спроектировано с элементами цифровизации и автоматизации. «Далур» вошел в тройку лучших ПСР-предприятий отрасли, а «Хиагда» впервые достигла статуса «Цифровой лидер ПСР». «Подобный статус имеют всего восемь предприятий атомной отрасли», — отмечает Виктор Святецкий.

АРМЗ вместе с партнерами разработали мобильную сорбционную установку для отработки маломощных залежей и блоков. Она представляет собой

конструкцию из нескольких модулей, изготовленных в заводских условиях. На площадке их только соединяют между собой — на это требуется всего около месяца. «Подобных, насколько я знаю, в мире нет. Мы уже работаем на этой установке несколько месяцев, она показывает себя отлично. Ближайшая задача — посмотреть, как пройдет эксплуатация в зимнее время, тогда у нас будет полная картина. Наверняка будут еще какие-то улучшения конструктива, но мы уже понимаем, что принципиально наша установка может работать на любой площадке. Ее можно разобрать, погрузить на машину, перевезти, снова собрать — и она будет дальше добывать уран», — говорит Виктор Святецкий.

Первая установка работает на Дыбынском месторождении, затем ее будут использовать на других месторождениях «Хиагды». Такую же установку хотят поставить на объектах «Далура». Виктор Святецкий уверен, что потребуется еще несколько таких. Экономический эффект установки обусловлен тем, что предприятия получили возможность отрабатывать мелкие залежи, получая уран при минимуме затрат. Раньше задача считалась нерешаемой из-за высоких затрат на логистику, получения разрешений, обходов газопроводов и ЛЭП.

Новые разработки приходится вести и в связи с необходимостью импортозамещения. АРМЗ эксплуатирует два сернокислотных завода, созданных по иностранным технологиям. Теперь аналогичное оборудование закупщики АРМЗ ищут в дружественных странах и используют возможности «Атомплана», чтобы разместить заказы на оборудование и запчасти на отраслевых предприятиях. Кроме того, запустили исследования отечественного катализатора взамен

импортного. «Уверен, что подберем», — комментирует Виктор Святецкий.

Для погрузочно-доставочных машин, которые производили на «АРМЗ Горные машины», прорабатываются варианты поставки машинокомплектов, в том числе и китайских производителей. «Для комбината важно, чтобы машины уже в этом году были вовлечены в работу», — отмечает Виктор Святецкий.

Вывод из эксплуатации

Горнорудный дивизион Росатома как ответственный недропользователь уже сейчас готовится к выводу из эксплуатации производственных объектов рудников и разрабатывает соответствующие регламенты. Они будут отличаться из-за разницы в методах добычи.

Объекты «Далура» и «Хиагды» проще рекультивировать, потому что ландшафт там нарушен минимально, природа нетронута, животный мир находится в естественных условиях. Надо лишь демонтировать трубопроводы и изолировать каждую скважину, что не составляет большого труда: вытащить оголовок, залить бетоном, сверху засыпать землей, провести лесовосстановление. Через 15 лет никто не отличит бывшую промплощадку от обычного леса. «Для многих, к сожалению, удивительно звучит, но добыча урана экологична. В недрах же, по нашему опыту и по исследованиям, растворы мигрируют очень медленно, в год от силы на метр, поэтому растекание ограничено. Одновременно идет реакция восстановления, через восемь лет полностью происходит нейтрализация и деминерализация растворов. Долгосрочного влияния остаточных растворов на недра не будет», — рассказывает Виктор Святецкий.

На ППГХО сложнее: там два хвостохранилища, огаркоохранилища, золошлакоотвал. Для них будут разработаны проекты рекультивации, учитывающие все особенности. Кроме того, предпринимаются усилия по уменьшению отходов. Ведутся исследования по сгущению пасты из хвостов рудника № 6, которую планируют использовать как технический грунт для рекультивации хвостохранилищ и выработанного пространства. Переработка части отвалов на кучном выщелачивании дает не только дополнительные тонны урана, но и снижение радиоактивности в несколько раз. После завершения извлечения урана материал перейдет в категорию промышленных отходов, поэтому затраты на рекультивацию будут гораздо ниже. На площадке уже есть отвал, который был сформирован много лет назад. Там растут деревья, он стал частью леса.

Что касается шахт, то для каждой будет разработан собственный проект ликвидации или консервации, где будут предусмотрены все необходимые мероприятия.

Борьба за кадры

Квалифицированных сотрудников не хватает. «Провели анализ кадров и выяснили, что на руднике № 8

Виктор Святецкий: «Для работника важно, чтобы у его ребенка был отличный садик, школа, медицина, спорт. Второй момент — образовательные возможности. И, конечно, техническое перевооружение производства, где люди могут безопасно и производительно трудиться и получать достойное вознаграждение».

ППГХО рабочих со стажем около года — 51%. Фактически это ученики рабочих. Мы их набираем, они обучаются и увольняются», — сетует Виктор Святецкий. Уходят по разным причинам. Одна из них — переход на крупные горнодобывающие проекты — Быстринский ГОК, Удокан, золотые рудники. В АРМЗ волшебной палочки не ищут, используя комплекс мер.

Одна из них — улучшение городской социальной среды и инфраструктуры. В холдинге надеются, что поможет комплексный мастер-план развития Краснокаменска. «Для работника важно, чтобы у его ребенка был отличный садик, школа, медицина, спорт. Если в Краснокаменск снова будут регулярно летать самолеты, это мобильность и доступность больших городов — Читы, Иркутска. Второй момент — образовательные возможности. Необходимо улучшить материальную базу нашего техникума, решить вопрос с открытием в Краснокаменске филиала вуза. Губернатор и глава Росатома эту задачу обозначили. И, конечно, техническое перевооружение производства, где люди могут безопасно и производительно трудиться и получать достойное вознаграждение», — подытожил Виктор Святецкий.



Текст: Алексей Комольцев
Фото и инфографика: АРМЗ

Эффективно и безопасно

Как добывают уран без шахт и карьеров



Директор программ инновационного и технологического развития АО «Атомредметзолото» доктор геолого-минералогических наук Игорь Солодов уверен, что Россия обеспечена урановым сырьем на перспективу столетия. Уран не такой уж и редкий, но подвижный в кислородной атмосфере элемент. Его можно извлекать даже в тех случаях, когда доля его содержания в горной породе меньше процента. Помощники в этом процессе — наука, технологии и сама природа.

— Игорь Николаевич, каковы, с учетом освоенных методов добычи, рентабельные запасы уранового сырья на территории России?

— В России есть два крупных региона с запасами, которые позволят вести добычу урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) как минимум до конца текущего столетия. Во-первых, это ураноносный пояс на южной окраине Западно-Сибирской платформы, от Центрального Урала к югу до границы с Казахстаном и до предгорий Алтая, — группа месторождений, включающая Малиновское месторождение на границе Новосибирской и Кемеровской областей. Во-вторых, это богатейшее Забайкалье с его Ангаро-Витимским гранитоидным батолитом — источником урана в месторождениях витимского типа. Забайкальский урановый регион (16 урановых рудных районов) — основа сырьевой базы РФ для добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания. В стадии освоения находится Витимский урановорудный район. Из восьми месторождений Хиагдинского рудного поля пять отрабатываются методом СПВ.

Конкретно оценить ресурсы урана в этих регионах на данный момент пока сложно, поскольку детально изучены и осваиваются только несколько районов. «Далур» работает в Курганской области, «Хиагда» — в Бурятии. На юге Забайкальского края ППГХО им. Е. П. Славского добывает урановую руду горным способом, «Далур» и «Хиагда» ведут добычу методом скважинного подземного выщелачивания.

В горнодобывающей промышленности сложился парадокс: добывать уран из бедных руд с содержанием урана в доли процента методом СПВ выгоднее, чем открытым и подземным горными способами из богатых урановых руд — с содержанием урана 1–10% (есть и пример добычи урана подземным горным способом в Канаде на месторождениях с уникально богатыми рудами с содержанием 10–20%). На наших месторождениях содержание урана в породе составляет сотые доли процента, но добыча методом СПВ экономически более выгодна. При горном способе вскрышные работы, разработка карьера, проходка и эксплуатация горных выработок обходятся дорого. При использовании методов подземного выщелачивания мы хоть и тратим средства на сооружение скважин и временные наземные коммуникации, но зато избегаем капитальных затрат добычи горным способом. При бескерновом бурении технологических скважин мы обходимся практически без извлечения пустых и рудоносных пород. На наших предприятиях с применением метода СПВ не образуются отвалы пустых пород и забалансовых урановых руд, отходы гидрометаллургического производства, хвостохранилища. Фактически часть гидрометаллургического процесса переработки урановых

руд — выщелачивание разбавленными растворами серной кислоты — осуществляется в недрах на месте залегания урановых руд. Руда не извлекается на поверхность, персонал рудника не контактирует с радиоактивными рудами. При горном способе добычи руду нужно извлечь из горной выработки на поверхность, раздробить и измельчить и затем переработать на гидрометаллургическом заводе. При СПВ на поверхность выкачивается только продуктивный раствор, из которого нужный нам продукт концентрируется (это не сложно) и направляется на дальнейшие переделы в ядерно-топливном цикле.

— Следует ли считать, что метод скважинного подземного выщелачивания вытеснит остальные методы добычи?

— Внимание к этому методу растет, и в мире предпочитают развивать именно СПВ, находя и осваивая соответствующие месторождения. Сегодня уже более половины объема урана в мире добывается так, а горные методы отходят на второе место. В России подземным выщелачиванием добывается уже более 60% урана, и эта доля будет расти. Но тем не менее при существующих ценах на природный уран его добыча горными способами экономически выгодна и будет использоваться в дальнейшем.

В последнее время активно разрабатываются технологии СПВ для добычи цветных и благородных металлов. Например, на восточном склоне Урала таким методом идет добыча золота. В мире активно разрабатываются эти технологии для добычи скважинным подземным выщелачиванием цветных металлов — меди, никеля, кобальта. Но метод СПВ применим не на всех месторождениях: важно, чтобы руды были приурочены к обводненным водопроницаемым породам.

Природный уран иногда ошибочно относят к редким металлам, но это не так — в земной коре его сравнительно много, почти как меди. Но уран неустойчив в кислородной атмосфере. Если изначальные (восстановленные) его формы практически нерастворимы в воде (произведение растворимости от 10^{-52} до 10^{-45}), то при его окислении произведение растворимости становится практически таким же, как у кальцита. Это имеет фундаментальное значение как при рудообразовании гидрогенных месторождений урана, так и при их освоении методом СПВ. Для интенсификации извлечения урана из руд в «Далуре» и «Хиагде» используется искусственный окислитель — нитрит натрия. Он окисляет железо в выщелачивающих растворах до трехвалентного состояния, а окисдное железо окисляет четырехвалентный уран в рудах и переводит его в хорошо растворимое шестивалентное состояние. Внедрение этой технологии на наших предприятиях позволило достичь экономического эффекта более 1 млрд рублей. Мы первыми в СНГ применили эту технологию, она разработана Уральским федеральным университетом.

— Есть ли побочные продукты, которые из раствора можно также извлечь с выгодой?

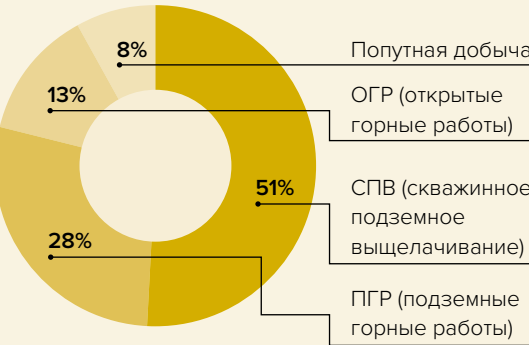
— На «Далуре» попутно с ураном добывают скандий. На «Хиагде» у нас сейчас в стадии разработки проект по попутному извлечению редкоземельных элементов и радиоактивных изотопов, которые востребованы ядерной медициной и сегодня производятся реакторным способом, но это дорого. Если будет возможность извлекать их из недр, это станет прорывной технологией, существенно меняющей рынок.

— Безопасен ли метод СПВ для окружающей среды?

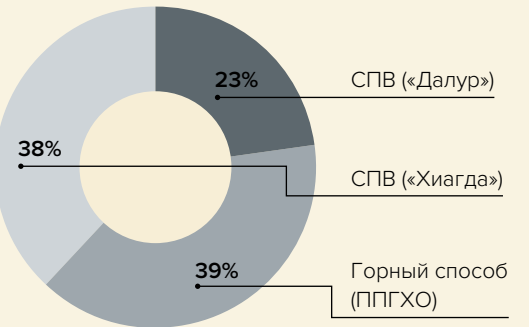
— С экологической точки зрения СПВ предпочтительнее горного способа добычи. Начну с того, что утечка радиоактивности минимальна. Гамма-излучение урановых месторождений обусловлено не ураном-238,

Рис. 1. Методы добычи урана

МИР В ЦЕЛОМ



ДОЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА В РОССИИ В 2022 Г.



Доля добычи урана в мире методом СПВ к 2025 г. достигнет 60%

В странах мира действуют 28 рудников СПВ:

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1. Казахстан (13) | 4. Россия (2) |
| 2. США (8) | 5. Австралия (1) |
| 3. Узбекистан (4) | |

«В России подземным выщелачиванием добывается уже более 60% урана, и эта доля будет расти. Но тем не менее при существующих ценах на природный уран его добыча горными способами экономически выгодна и будет использоваться в дальнейшем».

период полураспада у которого примерно равен возрасту Земли, а продуктами радиоактивного распада радия, который, в свою очередь, является продуктом распада урана. Полураспад радия занимает примерно 1600 лет, а продукты его распада живут от нескольких минут до нескольких суток — они и создают гамма-излучение. Но в отличие от окисленного урана радий очень плохо растворяется в сернокислых растворах, которые мы используем. Радий с сульфатом серной кислоты труднорастворим; как следствие, основная радиоактивность остается в недрах. Как я уже отмечал, работающий на поверхности персонал рудников не контактирует с радиоактивной рудой и сами растворы, которые обрабатываются наверху, тоже безопасны в отношении радиоактивности.

По данным МАГАТЭ, за полвека добычи урана методом подземного выщелачивания не было зарегистрировано ни одного случая заболевания лучевой болезнью. Проводя гамма-каротаж (приборное обследование пород) скважин после полной отработки рудных залежей, мы видим лишь небольшие искажения гамма-активности, но в целом уровень интенсивности гамма-излучения сохраняется. Это даже позволяет нам оценивать (реконструировать)

исходное содержание урана в недрах. По оценкам наших ученых, из руды извлекается не более 5% радия, а 95% остаются в недрах нетронутыми.

Кстати, термин «выщелачивание» не имеет отношения к щелочи. Так называются методы избирательно-го извлечения ценных металлов из руды щелочными или кислыми растворами. При этом порода, содержащая ценный металл, остается практически без изменения. Мы не используем щелочные реагенты (обычно это сода), так как при этом способе радий становится подвижным и происходит радиоактивное загрязнение наземного оборудования.

Добавлю, что еще один фактор экологической предпочтительности подземного выщелачивания — отсутствие отвалов и хвостохранилищ на поверхности. При горном способе происходит извлечение бедных руд — их не всегда выгодно направлять на обогащение, поскольку содержание урана мало. Они тем не менее извлекаются на поверхность — и затраты на рекультивацию могут быть значительными. При подземном выщелачивании рекультивация сводится к сравнительно недорогим работам по ликвидации технологических скважин, оценке наличия химических загрязнений поверхности (кислотные пятна нейтрализуются, радиоактивный грунт изымается на захоронение). Выполняется лесовосстановление, если при освоении делались вырубки, и восстановление почвенного покрова — собственно, это и составляет основную стоимость работ.

— С восстановлением поверхности понятно, а что происходит в недрах?

— После отработки рудных залежей методом СПВ на месте их залегания остаются линзы остаточных сернокислых растворов, грубо говоря, содержащие почти всю таблицу химических элементов Менделеева. Это искусственные компоненты — сульфат, нитрат и аммоний. Остальные вещества извлечены из горных пород, вмещающих урановые руды. Из горных пород помимо урана извлекаются макрокомпоненты — алюминий, железо, магний, кальций, натрий, калий и так далее, но они возвращаются обратно в рудоносный горизонт. На перерабатывающей установке выделяется только уран. Однако со временем концентрации практически всех этих искусственных и возрожденных из пород компонентов не остаются неизменными, так как геологическая среда, вмещающая эти остаточные растворы, обладает способностью к «самоочищению». То есть геологическая среда обладает способностью самовосстанавливаться. Это открытие сделано отечественными учеными, в том числе мною.

Главный фактор самовосстановления — защитные геохимические свойства геологической среды: нейтрализационная, восстановительная и сорбционная емкости. Часть минералов вступают в реакцию с кислотой, в итоге элементы из раствора обратно переходят в твердую фазу, возвращаются в породу. Второй фактор — микробиологический, в котором

Рис. 2. Схема приготовления и движения выщелачивающих и продуктивных растворов



колоссальную роль играет естественная подземная микрофлора и деятельность природных бактерий.

Недра на глубине нескольких сотен метров не стерильны: в водоносных и рудоносных горизонтах содержится биоактивная естественная подземная микрофлора, огромное множество бактерий. В наших процессах интересны два их вида: сульфатредукторы и денитрификаторы. Первые в процессе жизнедеятельности преобразуют сульфаты из серной кислоты в сероводород, который, в свою очередь, восстанавливает железо и медь, никель и кобальт — они осаждаются уже в виде сульфидов, которые существуют и в природном состоянии недр. Вторая группа бактерий — денитрификаторы, они восстанавливают азот из соединений, используемых для сорбции урана в продуктивных растворах (нитрат аммония). Когда отработанный раствор попадает в пласт, бактерии активизируются и переводят азот из нитрата аммония в газообразную форму, а газ этот безвреден, из него примерно на три четверти состоит атмосфера Земли. Наблюдения за отработанными блоками месторождений в России, Казахстане, Узбекистане показали, что процессы автоочистки растворов от техногенных загрязнителей в течение нескольких лет приводят от десятикратного превышения ПДК к практически

необнаруживаемому уровню. Есть еще водородпродуцирующие бактерии, но это отдельная тема.

— Работы бактерий оказывается достаточно для очистки недр?

— Да, об этом говорят данные мониторинга за выработанными блоками месторождений. Раньше рассматривались идеи очистки растворов, но все технологии были очень дорогими: необходимо очищать миллионы кубометров раствора. Но когда мы доказали, что среда обладает защитными геохимическими свойствами, и подтвердили это в ходе многолетнего экологического мониторинга, этот подход стали использовать в ряде уранодобывающих стран — в Австралии (месторождение Беверли), Казахстане, Узбекистане. На очистке растворов настаивали американцы, но дело в том, что они как раз используют не кислоту, а соду, то есть щелочное выщелачивание. В щелочной среде тот самый радий, который при работе с кислотой остается в недрах, становится подвижен, и происходит радиоактивное загрязнение скважин, оборудования.

— Есть ли месторождения, потенциально пригодные для СПВ, где уран в интересном для добычи

На фото

«Умный полигон» скважинного подземного выщелачивания (АО «Хиагда»)



Оборудование для добычи урана методом СПВ, АО «Далур»



объеме уже есть, а на помощь бактерий для последующей очистки рассчитывать не приходится: глубоко, горячо, радиоактивно и так далее? Можно ли искусственно «засеивать» бактериями необжитые глубины? А если такие бактерии пока не вывелись в природе, можно ли их «натренировать», поручив такую работу ученым?

— Действительно, один из критериев, по которым в геологии разделяют экзогенные и эндогенные месторождения урана, сама граница между эндогенным и экзогенезом — это граница жизнедеятельности бактерий и их исчезновения. Возможности развития микроорганизмов заканчиваются на глубине около километра. Наши месторождения в Забайкалье залегают от поверхности примерно на глубине 300 м, в Зауралье — около 600 м, в Казахстане есть рудные залежи на глубине уже 700 м.

Выводить, даже искусственно культивировать микроорганизмы, которые существуют в недрах, очень сложно — они весьма капризны. Выращивание их в нужном количестве — это большие затраты. Нужные нам для бактериального выщелачивания бактерии — гетеротрофы, они питаются органическим веществом, то есть их надо кормить. Мы на Урале экспериментировали с выщелачиванием меди микробиологическим способом и кормили бактерии опилками: оказалось, что не каждый сорт древесины им по вкусу. Одна из причин, почему у нас

сложно развиваются микробиологические методы, — суровые климатические условия. В Бурятии уран мы добываем ниже мерзлоты, и температура подземных вод всего 2–4 °С. А бактерии любят теплую среду. Микроорганизмы есть и в холодной среде, но их активность сильно подавлена низкой температурой. Не случайно открытие и изучение деятельности микроорганизмов на гидрогенных месторождениях состоялось в теплых регионах — Ферганской долине Узбекистана, Кызылкумском урановорудном районе, затем в Южном Казахстане. Тем не менее интересные нам группы бактерий присутствуют и в холодных водах, и их очищающая способность также проявляется, но с меньшей скоростью.

Актуальные для нас бактерии выращивать и «засеивать» в пласты не нужно — они там уже есть. Как только мы создаем питательную среду, внося сульфаты с возвращенным в недра оборотным раствором, то активизируются сульфатредуцирующие бактерии, начинают его перерабатывать, быстро размножаются. Когда сульфаты переработаны, микроорганизмы опять впадают в анабиоз. Причем если сульфатредуцирующие бактерии расположены зонально, то денитрификаторы вообще повсеместны — они весьма непривередливы. Мой опыт исследований в Казахстане показал, что через шесть лет после завершения отработки залежей нитрат в пласте был съеден — и причина может быть только микробиологическая, потому что он не сорбируется породами.

— В какой мере обеспечена технологическая независимость добычи методом СПВ?

— В технологии скважинного подземного выщелачивания и Советский Союз, и Россия не уступали, а зачастую опережали конкурентов. Единственное, где пришлось догонять, — в поиске сорбентов для извлечения урана, но просто потому, что зарубежные коллеги раньше нас начали заниматься этой тематикой. Затем и в производстве сорбентов мы вышли на лидирующие позиции, но завод по производству ионообменных смол остался на территории Украины. Сейчас эта отрасль начинает возрождаться в России. В качестве материала обсадных труб для скважин используется в основном непластифицированный поливинилхлорид — мы тоже полностью обеспечены российской продукцией.

Также используем российский инструмент и комплектующие для бурения скважин; ранее часть такого оборудования закупали, но сегодня можно опереться на отечественную промышленность. Эта область активно развивается благодаря нефтегазодобыче. Сегодня появились аналоги, заменяющие буровые станки США, — они могут быть заменены отечественными станками ЗИФ и УРБ. Есть на рынке отечественные погружные насосы, их используют для откачки продуктивных растворов: Электромеханический завод в г. Лермонтове работает еще с советских времен, изготавливает титановые погружные насосы (титановый корпус позволяет работать в агрессивной сернокислой среде).

Никаких сложностей нет с серной кислотой. ППГХО и «Хиагда» имеют собственные сернокислотные производства и кислоту производят на месте. В качестве сырья применяется комовая (элементная) сера — она является отходами нефтехимии, на рынке имеется в достаточном количестве. Для месторождений в Зауралье (Далматовское, Хохловское и Добровольное) «Далур» закупает кислоту на отечественных предприятиях. Также ведутся исследования по оценке возможности извлекать совсем дешевую кислоту из отходов нефтехимического производства. «Далур» в перспективе может быть частично обеспечен серной кислотой таким способом. Кстати, одно из направлений по снижению стоимости производства серной кислоты на собственном заводе — преобразование избыточного тепла в электрическую энергию.

Нитрат натрия, который используется в качестве окислителя урана в рудах при СПВ, также полностью обеспечивается предприятиями химической промышленности России.

— Обеспечено ли направление кадрами? Где учат ведению работ, развитию технологий скважинного подземного выщелачивания?

— Технологов для наземной переработки продуктивных растворов СПВ готовят два университета: Уральский федеральный и Томский политех. Большинство технологгов этого направления в Советском

Союзе учились именно в Томске. Сегодня проблем с кадрами по переработке нет: достаточно подать заявку, и специалисты для наземного комплекса работ будут обучены. С подземной частью работ сложнее; буровики — в большом дефиците, несмотря на работу кафедры бурения в Московском геологоразведочном институте. Мы недавно взаимодействовали с этим вузом, обсуждали задачу подготовки специалистов-буровиков для наших предприятий, нашли взаимопонимание и рассчитываем, что дефицит сможем преодолеть. Наши специалисты-буровики (их, к сожалению, немного) подготовили программу обучения.

Что касается геотехнологов (тех, кто непосредственно следит за процессами подземного выщелачивания, регулирует режим кислотности растворов, работу технологических скважин, ремонтно-восстановительные работы на скважинах и так далее) — тоже ситуация непростая. Забайкальский государственный университет готовит гидрогеологов и горняков, и таким специалистам приходится существенно повышать квалификацию. Впрочем, геотехнологи не требуются в большом количестве — нам достаточно в год несколько человек. Поэтому мы не планируем создавать отдельную кафедру и рассчитываем тоже на Московский геологоразведочный, тем более что там трудился основоположник направления Дмитрий Лобанов (я сам оканчивал его кафедру геотехнологии, где учили не только подземному выщелачиванию, но и массе других методов, тем же микробиологическим). К сожалению, кафедра эта прекратила свое существование, но направление необходимо сохранить. Пытаемся ликвидировать этот пробел своими силами, выходим из положения таким образом: я читаю студентам лекции в «открытом» варианте, выезжаем с докладами на предприятия и в проектный институт (ВНИПИпромтехнологии). Результат будет эффективнее, когда лекционный курс мы сможем дополнить экзаменационной программой.

Работа химико-аналитической лаборатории АО «Хиагда»



Текст: Алексей Комольцев
Фото: chita.ru, Росатом, Игорь Ягубков

Руды беднеют, а предприятие развивается

Приаргунское производственное горно-химическое объединение:
научно-технологические приоритеты

ПАО «ППГХО им. Е. П. Славского» — крупнейшее в Забайкальском крае горнодобывающее и перерабатывающее предприятие, флагман российской уранодобывающей отрасли. Оно было создано

в 1968 году для добычи урана Стрельцовского рудного поля. О том, как развивается предприятие сегодня, рассказал директор по науке ППГХО доктор технических наук Александр Морозов.

Об уране и недрах

— Александр Анатольевич, каковы приоритеты научного и технологического сопровождения развития ППГХО в аспекте добычи урана?

— На сегодняшний момент ключевое направление — это подготовка к запуску рудника № 6. В отличие от опыта прежних десятилетий, нам предстоит работать с новыми рудовмещающими породами — карбонатными. Исторически комбинат перерабатывал

алюмосиликатные руды, но их запасы в целом выработаны. Рудник № 6 будет добывать карбонатные руды, поэтому предстоит переход на технологию карбонатного вскрытия и переработки сырья. Должна быть полностью выстроена и освоена новая технология добычи и переработки карбонатного рудного материала. В настоящее время на действующих рудниках при ведении горных работ подземным способом мы используем слоевую выемку с твердеющей закладкой — это послойное изъятие руды с последующим заполнением и работа под защитой создаваемого таким образом монолитного перекрытия. Но на руднике № 6, где рудные тела достаточно мощные, мы будем использовать камерные системы — это выработка более широких пространств-камер. Соответственно, требуется научное сопровождение работ по такой системе — обеспечение устойчивости, последующая закладка и так далее. Потребуется и другая технология переработки добываемого сырья, то есть научное и технологическое сопровождение всей производственной цепочки. Будет использоваться автоклавное вскрытие карбонатного сырья, дальше сорбция из пульпы и прочие операции, которые предшествуют получению нашего конечного продукта — закиси окиси урана.

— Ведутся ли работы по повышению отдачи от добываемого сырья, а также прежде возникших отвалов и хвостов?

— Мы уже сегодня ведем масштабную работу по переработке бедного и забалансового сырья методом кучного выщелачивания (это складирование добытой руды в кучи, обработка куч активным раствором серной кислоты для выщелачивания урана, его сбор и последующая переработка). Действующие рудники сегодня дают нам только бедное сырье, но освоение технологии кучного выщелачивания позволило нам расширить экономически целесообразную сырьевую базу. Без кучного выщелачивания можно было бы считать запасы алюмосиликатного сырья действующих

Буровые работы на подземном урановом руднике ППГХО



рудников исчерпанными. Но кучное выщелачивание позволило продлить жизнедеятельность рудников с получением урана из более бедного сырья.

Для переработки забалансового сырья мы также внедрили комплексную технологию и на сегодняшний день перерабатываем накопленные отвалы. Технология заключается в сортировке сырья, получении более богатого концентрата и также последующей переработке методом кучного выщелачивания. На сегодняшний день уже переработано более 50% накопленных забалансовых отвалов, почти 4 млн тонн рудной массы. Это не только позволяет с приемлемой стоимостью получать урановую продукцию, но и снижать экологическую нагрузку на окружающую среду.

— Есть ли еще какие-либо возможности повысить рентабельность — использовать открытый способ добычи, менее энергоемкие методы извлечения?

— Возможностей для добычи открытым способом у нас точно нет: ресурсы действующих рудников и верхние слои запасов полностью отработаны, а запасы рудника № 6 залегают достаточно глубоко. Чтобы продолжать осваивать алюмосиликатные руды, мы идем на большие глубины, на отработку бедных руд. Поскольку на руднике № 6, кроме основных карбонатных пород, есть и привычная для нас

алюмосиликатная рудная составляющая, для ее переработки продолжим использовать действующую технологию кучного выщелачивания. Карбонатные же руды, как было отмечено выше, пойдут на карбонатное автоклавное вскрытие.

О металлах и расстояниях

— Какие дополнительные продукты может производить ППГХО?

— Переработка бедных и забалансовых руд — не единственный способ повысить эффективность. Сегодняшняя тенденция в мире — освоение комплексного подхода к разработке месторождений. Росатом стремится увеличить долю новых бизнесов, и мы видим возможность перейти от предприятия узкой направленности, выпускающего только урановую продукцию, к более широкому спектру деятельности. Готовясь к переработке карбонатных руд, мы ведем НИР, чтобы оценить возможность получения магнийсодержащих продуктов из карбонатного сырья после извлечения урана. Урансодержащие карбонатные породы рудника № 6 представлены в основном доломитами, которые насыщены магнием, и после извлечения урана мы хотели бы переработать хвосты, извлекая магний. Это даст дополнительную продукцию в виде магнийсодержащих компонентов, сократит отходы.

«Забайкалье богато разведанными запасами цветных и редких металлов, полиметаллов. В Краснокаменске можно создать комплекс перерабатывающих производств, увязывающих ряд горнодобывающих предприятий, с получением более высокотехнологичной продукции».

Есть и другие возможности повысить рентабельность. Например, мы хорошо продвинулись в переработке отработанных ванадиевых катализаторов — это дорогостоящий компонент производства серной кислоты. На сегодняшний день получены образцы и опытные партии пентаоксида ванадия с качеством выше рыночного — более 99% основного вещества. Можно говорить о том, что при развитии этой технологии мы выйдем на безотходность в части катализаторов.

— Насколько для ППГХО интересно развивать магниевое направление, добавляя переделы на гидрометаллургическом заводе? Или перспективнее кооперация с Соликамским заводом АРМЗ?

— Мы прорабатываем возможности взаимодействия с предприятиями дивизиона, но следует учитывать логистику. Наше предприятие находится на Дальнем Востоке, Соликамский завод — это Пермский край, север европейской части страны. Там наработаны технологии, опыт производства магниевых продуктов, и было бы замечательно наладить здесь для них производство концентратов. Краснокаменск и Соликамск обеспечены железнодорожным транспортом, но цена перевозки от нас в Соликамск позволит работать рентабельно лишь при больших объемах и еще ряде факторов. Но соликамское предприятие ориентировано на поставки в европейский регион, а мы здесь имеем возможность работать с развитыми странами Азии. Углубляя переработку, лучше изучить возможность строительства предприятий по дальнейшим переделам на Дальнем Востоке — химическая продукция будет востребована для экспорта.

— Вероятно, на страны АТР ориентируются и те инвесторы, что интересуются Краснокаменском как потенциальной площадкой для развития горного кластера?

— Забайкалье богато разведанными запасами различных цветных металлов, полиметаллов, редких металлов. В Краснокаменске действительно можно создать комплекс перерабатывающих производств, увязывающих ряд горнодобывающих предприятий, с получением более высокотехнологичной продукции. Это даст импульс развитию города и региона, упростит

логистику для горнодобывающих предприятий. Здесь близко расположен большой рынок, и технологичную продукцию туда продавать выгоднее, чем первичные концентраты. Будут и налоги для местной экономики (не секрет, что многие горнодобывающие холдинги зарегистрированы в столице, и налоги не остаются в регионах добычи).

Идея такого кластера обсуждалась давно, она нашла отражение и в мастер-плане Краснокаменска, который был утвержден президентом России. Экономическая ситуация притормозила многие планы еще прошлых десятилетий, но выстраивание новых связей со странами Азии, которые активно развиваются, позволяет вспомнить о диверсификации. Например, актуально развивать производство сурьмы: почти 40% российских запасов находятся в нашем регионе. Будет выгодно получать здесь конечную высокотехнологичную продукцию в виде металлической сурьмы: она стоит в сотни раз дороже рудного концентрата. Сурьма используется в электронике, как добавка к сплавам и т. д. Есть и проекты сторонних инвесторов: так, обсуждают проект гидрометаллургического производства по редкоземельным элементам Томторского месторождения, проект медного производства.

О науке и людях

— Как развивается обеспечение научно-технологического сопровождения добычи урана? Следует ли задействовать для этого возможности других научных структур как Росатома, так и внешних — РАН, других отраслей, дружественных государств?

— ППГХО, как и весь горнорудный дивизион Росатома, — неотъемлемая часть госкорпорации, но в нашей деятельности есть значительная специфика, поэтому мы можем опираться лишь на часть потенциала отраслевой науки. Научный дивизион Росатома, научные подразделения дивизионов преимущественно направляют свои усилия на получение более совершенных видов топлива для АЭС, разработку более стойких материалов, на безопасность, проблематику переработки радиоактивных отходов. Своя специфика — у федеральных ядерных центров. Мы взаимодействуем с научными структурами АО «ТВЭЛ» и хотели бы выстроить более тесное сотрудничество с наукой других дивизионов. Но в целом поскольку наша специфика — горная добыча и переработка минералов, ППГХО по большей части взаимодействует с основным институтом нашего дивизиона — это инженеринговый центр АО «ВНИПИпромтехнологии», специализирующийся на проектировании и строительстве промышленных объектов нашего направления под ключ. Также это ВНИИХТ и «Гиредмет», которые вошли в химико-технологический кластер АО «Наука и инновации». Участие специалистов этих институтов для нас актуально в части совершенствования технологий переработки карбонатных руд. Если говорить о действующей сегодня технологии кучного выщелачивания, мы, по-видимому, достигли предела эффективности и уже сложно

найти решения, которые позволили бы еще более удешевить процесс и снизить себестоимость. Если такие идеи и предложения возникнут, мы обязательно их изучим.

Что касается дружественных стран, там основное направление научных поисков связано в основном с обогащением уже добытого природного урана. Для нас актуальны добыча горным способом и обогащение бедных руд: большинство «урановых» держав либо занимаются скважинным подземным выщелачиванием, либо добывают горным способом на очень богатых рудниках. В целом зарубежный опыт интересен нам в части автоматизации процессов, применения механизмов с дистанционным управлением, формирования «цифрового рудника» и т. д. Но все эти инновации сильно сказываются на себестоимости урана, и на сегодняшний день мы не готовы системно вкладывать в такое оборудование, хотя опыт интересен. Вообще, в части горной добычи в мире сложно ожидать революционных изменений. Мы, со своей стороны, готовы делиться с дружественными странами нашим опытом подготовки, переработки, кучного выщелачивания бедного сырья.

— Насколько ППГХО обеспечено кадрами в части научно-технологической деятельности? Как мотивировать специалистов работать на комбинате?

— Тенденция последнего десятилетия в том, что если молодые люди и выбирают науку, то идут в профильные научные организации. У нас же центральная научно-исследовательская лаборатория — вспомогательное подразделение, оно, в отличие от РАН или больших отраслевых институтов, не на слуху. Поэтому нам сложно привлекать молодежь, хотя зарплату

мы обеспечиваем для Краснокаменска (и региона в целом) неплохую. Но есть ряд проектов вне атомной отрасли, где вахтой можно заработать быстрее и больше. А молодые люди, как известно, хотят быстрого дохода. Причем из обычного специалиста в научного работника нужно расти как минимум лет пять. Мы тем не менее смогли до половины коллектива лаборатории обновить за счет приема молодежи, но пока эти специалисты растут, и бывлой продуктивности по научно-исследовательской работе мы не достигаем. Если лет десять назад мы уверенно вели в год до 20 НИР, теперь в лучшем случае пять. Вижу еще одну сложность: в таких структурах, как наша лаборатория при комбинате, нет мотивации защищать кандидатские и докторские. За научную степень платят в институтах высшего образования, военным ученым, поддерживают в «Науке и инновациях», в РАН, но мы вне этого процесса. Если будет найдена возможность материально поддержать соискателей, это даст импульс для развития нашей прикладной науки. Тогда, возможно, будут найдены и другие прорывные решения по добыче и переработке.

— Как можно простимулировать молодых специалистов силами предприятия? Например, жильем?

— Если специалист нам нужен, мы предоставляем жилье, есть и соцпакет, и так далее. Но это не является сегодня главным аргументом, чтобы молодые люди выбирали наш комбинат и Краснокаменск. По моим наблюдениям, для молодежи важны не столько деньги, сколько возможность работать на современном оборудовании, на новых проектах. Мы готовим к эксплуатации новый рудник, строится новое перерабатывающее производство для карбонатной руды — думаю, все это привлечет к нам пополнение.



На фото

Подъемная машина рудника №8 ППГХО

Текст: Евгений Рожков
 Фото: ПАО «ППГХО», Евгений Целуйко, Игорь Ягубков

Все идет по мастер-плану

Что намечено сделать для развития Краснокаменска — «урановой столицы» России

В начале ноября 2023 года президент РФ Владимир Путин утвердил перечень поручений по развитию дальневосточных городов, в том числе и концепцию мастер-плана Краснокаменска до 2030 года. Разработчики мастер-плана и руководители Приаргунского производственного горно-химического объединения (ППГХО) рассказали, чего не хватает краснокаменцам для счастья, зачем городу две новые гостиницы и аэропорт и какие основные проблемы ждут решения.

В 1967 году в этих местах нашли богатое месторождение урановых руд. За два года построили уранодобывающее производство и город Краснокаменск.

С тех пор главный работодатель здесь — ППГХО. Но население сокращается — молодежь уезжает учиться и не возвращается, а новые специалисты в город не спешат. Чтобы изменить эту тенденцию, в 2022 году началась разработка мастер-плана — комплексного документа развития территории, над которым трудились чиновники и жители, представители Росатома и специалисты Сибирской лаборатории урбанистики.

Краснокаменск сегодня: плюсы и минусы

Мастер-планирование отталкивается от портрета горожанина: какой у него образ жизни, где он работает и отдыхает, чего ему не хватает в городе. Составлять такой портрет начали летом 2022 года: проводили фокус-группы, соцопросы, стратегические

сессии. Выяснилось, что краснокаменцам нравится компактность и спокойствие атомграда, но не хватает кинотеатров, спортзалов и аэропорта (нынешний нуждается в реконструкции.— *Прим. ред.*).

«Когда мы проводили соцопрос, почти 80% жителей ответили, что им нравится жить в Краснокаменске. Многие говорили о развитой социальной инфраструктуре, безопасной среде и спокойной обстановке, благодаря которой дети самостоятельно гуляют по городу. Молодым семьям здесь комфортно. Старшее поколение тоже любит город, многие помнят его зарождение», — рассказывает Валентина Казакова, главный архитектор мастер-плана, специалист из Сибирской лаборатории урбанистики.

Категорически не устраивает жителей состояние дорог — их хочет улучшить почти четверть опрошенных. Также горожане отметили удаленность Краснокаменска от центра страны, отъезд молодежи, дефицит врачей в поликлиниках.

«Несмотря на проблемы, это лучший город в округе на ближайшие 500 км, а по некоторым показателям он превосходит Читу, — считает Валентина Казакова. — Достаточно зеленый, благоустроенный. Моногородом его можно назвать с натяжкой, численность рабочих ППГХО среди трудоспособного населения — меньше 25%. В планировании мы исходили из того, что очень важно удерживать население. Но надо сделать так, чтобы сюда переезжали люди с высоким уровнем образования и предпринимательским потенциалом».

Город для людей

Основными направлениями развития города в мастер-плане определены создание горнорудного кластера и агропромышленного комплекса, предпринимательская кооперация с Китаем, эволюция сервисной экономики и въездного туризма. Так, для развития туризма, согласно мастер-плану, нужно построить две гостиницы.

Для улучшения транспортной доступности Краснокаменска реконструируют взлетно-посадочную полосу аэропорта и построят новое здание аэровокзала. Эти работы (их будут вести на средства Минстроя и частных концессионеров) планируют закончить до 2030 года.

«Дороги нужно восстанавливать не только в самом городе, но и до ближайших населенных пунктов: в соседний Забайкальск, куда дорогу разбили мусоровозы, возившие отходы на полигон в Краснокаменске, в поселок Приаргунск. Краснокаменск мы видим еще и как центр межрайонного обслуживания — сюда люди будут приезжать за сервисом. И для этого нужны хорошие дороги», — объясняет Валентина Казакова.

Перечень основных мероприятий мастер-плана Краснокаменска включает 25 пунктов. Среди них — создание агропромышленного парка, промпарка «Красный

Подробности

Результаты социологических исследований, проведенных в Краснокаменске летом 2022 года

- Что вам нравится в Краснокаменске?**
 Компактность — 23%
 Уютно и спокойно — 12,7%
 Коммунальное обслуживание — 5,7%
- Каких объектов и услуг в городе не хватает?**
 Досуговых: библиотек, кинотеатров, музеев — 21,9%
 Спортивных: спортзалов и бассейнов — 18,2%
 Поликлиник и больниц — 12,1%
- Что бы вы хотели изменить в Краснокаменске?**
 Дороги — 25,8%
 Досуг, отдых, развлечения — 9,7%
 Благоустройство — 8,3%
- Нравится ли вам жить в Краснокаменске?**
 Определенно нравится — 36,1%
 Скорее нравится — 40,9%
 Скорее не нравится — 18,8%
 Совсем не нравится — 4,2%

Камень», реконструкция аэропорта, дороги Краснокаменск — Приаргунск. Также предполагается строительство очистных сооружений, авто- и ж/д моста через реку Аргунь, автомобильной дороги в обход города, благоустройство городского сквера и дворовых территорий, ремонт краевой больницы № 4, создание музейного центра «Патриот», строительство ледовой арены, обновление местной ТЭЦ и водовода.

Где взять на это средства? Президент Владимир Путин для финансирования проектов поручил рассмотреть

На фото

Памятник Стало Покровскому — первому директору Приаргунского комбината





механизмы специальных казначейских кредитов, дальневосточной концессии, инфраструктурных облигаций, инструментов поддержки государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ», АО «ДОМ.РФ». В июле штаб Правительственной комиссии по региональному развитию уже предоставил Забайкальскому краю специальный казначейский кредит на сумму

Коротко

Показатели и эффекты реализации мастер-плана

В качестве основных показателей и эффектов реализации мастер-плана Краснокаменска указаны рост численности горожан до 52,7 тыс. (сейчас их 51,5 тыс.) и увеличение средней зарплаты до 58,7 тыс. рублей (сейчас 45,2 тыс.). В городе должно появиться 4957 новых рабочих мест и 73 тыс. м² жилья.

около 3,5 млрд рублей, которые пойдут на развитие Читы и Краснокаменска по мастер-планам. Основной долг регион начнет выплачивать только на третий год пользования средствами.

Смотреть вперед

Заявленные планы довольно амбициозны. Например, организация авиасообщения сложна как с технологической, так и с организационной точек зрения — нужны редкие специалисты, спецтехника. Удастся ли администрации края и города реализовать самые смелые проекты?

«Здесь нужно рассматривать сроки планирования. Основные показатели мастер-плана Краснокаменска рассчитаны до 2030-го, часть проектов до 2035 года. До 2030-го — среднесрочное проектирование. Понятно, что при любом планировании часть проектов не реализуется, — рассказывает Валентина Казакова. — Вопрос стоит так: каким будет процент реализации? Чем короче срок планирования, тем больше процент реализации. Когда мы говорим об отдаленном будущем, то обстоятельства могут глобально измениться, в какой-то инфраструктуре просто может отпасть нужда».

Эксперт отмечает, что мастер-план предстоит периодически корректировать в зависимости от экономической ситуации и работы инвесторов над проектами. Долгосрочное планирование в нем также должно присутствовать, а под определенные проекты должны закладываться территории.

«Необходимо заранее закладывать площадки в генплане города для дворца культуры или стадиона, для объездной дороги или внутригородской магистрали. Они на долгосрочную перспективу — сейчас нет средств, значит, построим позже. В этом смысле характерен пример моста на остров Русский во Владивостоке. Его запланировали еще в XIX веке, но реализовали в 2021 году. В генплане этот коридор, где находится мост, оставляли незастроенным. Так и в случае с Краснокаменском — проекты заявлены, в них есть нужда, но, может быть, их построят позже заявленных сроков», — говорит Валентина Казакова.

Планы Росатома

Госкорпорация продолжит развивать в Краснокаменске горнорудный кластер. АРМЗ осваивает Аргунское и Жерловское урановые месторождения (рудник №6), планирует привлечь собственные инвестиции и партнеров к созданию производства металлической сурьмы и сурьмассодержащих продуктов, строительству медного завода и предприятия по переработке отходов сернокислотного производства (пиритные огарки) для получения ферросилиция — концентрата железа высокого качества.

«Сейчас в Центральном научно-исследовательском институте черной металлургии заканчивается расчет

финансово-экономического обоснования проекта переработки пиритных огарков. Мы будем синхронизировать эти данные с собственной финансовой моделью, после чего определим целесообразность этого производства», — отметил первый заместитель гендиректора АРМЗ Алексей Шеметов.

В сентябре Краснокаменск посетил глава Росатома Алексей Лихачев. «Знаю, что в городе сложная ситуация с врачами, особенно с профильными специалистами. Со следующего года планируется включить медсанчасть №107 в совместный проект ФМБА России и Росатома по улучшению качества и доступности первичной медико-санитарной помощи. На базе медсанчасти будет создан консультативно-диагностический центр», — подчеркнул генеральный директор госкорпорации на встрече с коллективом ППГХО.

Алексей Лихачев также считает возможным открыть в городе филиал одного из вузов, развивать среднее специальное образование с использованием возможностей федеральной программы «Профессионалитет». В частности, Владимир Путин в своих поручениях рекомендует Росатому «рассмотреть возможность выступить в качестве партнера при создании образовательно-производственного кластера в рамках реализации федерального проекта «Профессионалитет» (по специальностям горного дела) в Краснокаменске». Ответственным за доклад по этому вопросу назначен глава Росатома.

Совместными усилиями

Сейчас мастер-план находится на утверждении в правительстве. «Прикладным документом, который бы раскрывал мероприятия и источники финансирования, заявленные в нем, станет план социально-экономического развития Краснокаменска, согласованный со всеми федеральными органами власти. До конца года этот план должен быть составлен и в следующем году вступить в действие. Но многие проекты АРМЗ готово реализовывать, не дожидаясь принятия федеральных решений», — сообщил Алексей Шеметов.

Разработчики мастер-плана утверждают, что власти и крупный бизнес не могут единолично выступать в роли драйверов мастер-плана. Необходимо движение общества навстречу изменениям — в этом смысле придется меняться самим горожанам, принимать новый уклад жизни.

«Многое будет зависеть от вовлечения людей. Уже появились рабочие группы, созданные городскими активистами. Если люди будут развивать альтернативные направления, то закрытость уйдет. Например, в городе есть члены очень активной медицинской группы, которые планируют решить кадровую проблему посредством включения города в федеральную программу «Земский доктор». Они продвигают эту идею на разных уровнях и, надеюсь, добьются успеха», — резюмирует Валентина Казакова.

Отраслевой опыт

Глазов, у которого получилось

В еще одном атомном городе — Глазове — мэр и городские активисты уже несколько лет занимаются разработкой и воплощением в жизнь стратегии развития города до 2030 года. Этот план появился у города благодаря Чепецкому механическому заводу: предприятие выступило инициатором создания документа и является партнером в реализации многих городских проектов.

У стратегии три уровня: федеральный, региональный и муниципальный. На федеральном уровне две основные задачи. Первая — создать в городе условия, способствующие выполнению ЧМЗ стратегических задач государства. Вторая — сделать так, чтобы в Глазовском педагогическом институте учились не только жители Удмуртии, но и молодежь из атомградов, расположенных в других регионах страны, что позволит решить в некоторых ЗАТО проблему с педагогическими кадрами. На республиканском уровне цель — сделать Глазов северной столицей Удмуртии, укрепить пространственно-территориальную функцию города в регионе. То есть упростить пользование лечебными учреждениями, образовательными услугами и сервисами для всех жителей севера Удмуртии. На местном уровне — создать сервисы, отвечающие потребностям молодежи, запустить систему социальной и профессиональной ориентации, чтобы молодежь оставалась жить и работать здесь.

«Этот документ — труд сотен людей. Обсуждали его с правительством Удмуртской Республики, с руководством Росатома, с Топливной компанией «ТВЭЛ», с работниками предприятий, учреждений, с федеральными экспертами, Институтом экономики города, с жителями», — рассказал мэр города Глазова Сергей Коновалов.

В конце прошлого года глазовские депутаты приняли стратегию развития города до 2030 года. А в октябре нынешнего года начали возводить фундамент первого дома нового микрорайона города — он строится согласно новой стратегии.

«К 2030 году требуется более чем втрое увеличить темп ввода жилья. Это необходимо для прироста населения и обеспечения кадрами городских предприятий. Напомню: в больших трудовых резервах уже сегодня нуждаются Чепецкий механический завод, Новая мебельная фабрика, предприятия «Металлист», «Энергоспецмонтаж», «Глазовпак», Удмуртская птицефабрика, «Глазов-молоко», мебельная компания «Мама», большинство средних и малых производств», — сообщил Сергей Коновалов.



Дело не только в цене

Обзор процессов на урановом рынке

Цены на закись-окись урана на спотовом рынке в III квартале этого года резко выросли и продолжили расти в IV квартале, достигнув в конце ноября рекордных за 12 лет значений — свыше \$80 за фунт. Это главный тренд, будоражащий медиаповестку. Однако, по-видимому, ситуация гораздо сложнее: идет глубокая трансформация рынка, нацеленная на самообеспеченность ключевых игроков.

«Уран восстанавливается из-за проблем с поставками» (Trading Economics, 19 июля), «Рынок урана готов к бычьему забегу из-за напряженностей с поставками» (Crux Investor, 23 августа), «Цены на уран достигли 12-летнего максимума, поскольку правительства проявляют интерес к атомной энергетике» (Financial Times, 15 сентября) — это лишь несколько примеров заголовков статей о росте цен на закись-окись.

1. Стратегия долгосрочного сотрудничества и контрактация

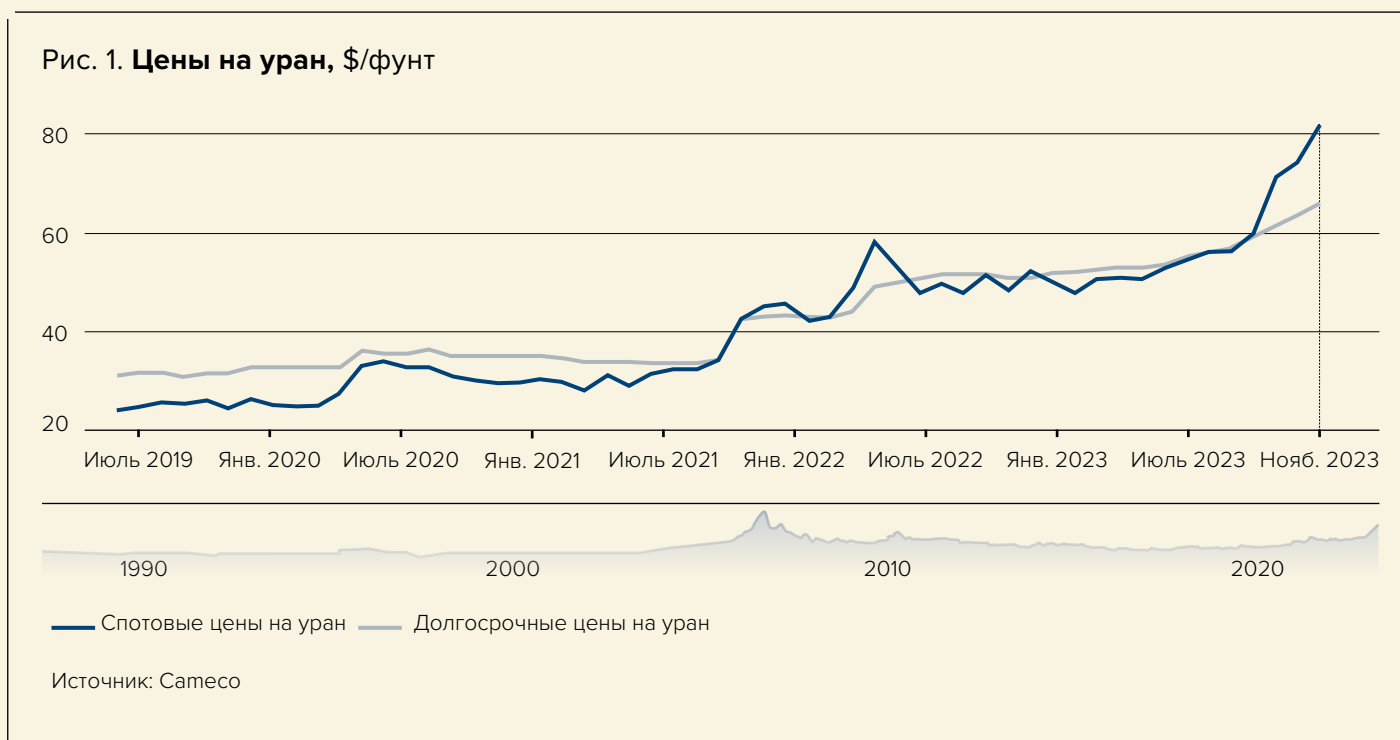
Но дело не в цене. Ее рост — лишь одно из следствий опасений относительно стабильности будущих

поставок закиси-оксида урана. О цене поговорим позже, а пока посмотрим, как стремление обеспечить себя ураном повлияло на действия ключевых игроков рынка — крупнейших потребителей, обладателей больших парков АЭС. Данные в обзоре (за исключением цен на уран) приводятся на 15 ноября 2023 года.

1.1. Франция

В начале ноября президент Эммануэль Макрон с делегацией глав крупнейших французских компаний (в их числе — производитель ядерного топлива Framatome и уранодобывающая Orano) побывал с официальными визитами в Узбекистане и Казахстане.

На встрече с главой Oqano Клодом Имовеном президент Узбекистана поддержал «инициативы по расширению сотрудничества в области геологоразведки и добычи урана». Годом ранее французская компания подписала стратегическое соглашение с Госкомгеологии Узбекистана и «Навоийуран». Общая сумма инвестиций, предусмотренная соглашением, — до \$500 млн. Как сообщил министр горной промышленности и геологии Бобир Исламов изданию spot.uz, в Тамдынском районе Навоийской области геологоразведка будет идти еще на двух площадях — по-видимому, в дополнение к ранее оговоренным.



В Казахстане Orano и фонд национального благосостояния «Самрук-Казына» (мажоритарный акционер «Казатомпрома») обсудили деятельность совместного предприятия «Катко». Напомним, что еще в декабре прошлого года во время официального визита президента Казахстана Касым-Жомарта Токаева во Францию «Казатомпром» и Orano Mining (дочерняя компания Orano) подписали меморандум о сотрудничестве в атомной отрасли, в частности о дальнейшем развитии «Катко».

Французская сторона предложила расширять сотрудничество, в том числе реализовывать совместные стратегические проекты за пределами Казахстана. Возможно, речь идет не столько о зарубежной разведке и добыче урана, сколько о получении в Казахстане технологий более высоких переделов. Как сообщил министр энергетики Казахстана Алмасадам Саткалиев, «Казатомпром» изучает возможности получения технологий конверсии и обогащения урана. Судя по его словам, речь может идти о вхождении в число участников предприятий по конверсии и обогащению или об экспорте. Поскольку Франция планирует наращивать богатейшие мощности (подробнее ниже), не исключено, что Казахстану предлагают стать соинвестором.

Обсуждалось и наращивание экспорта. «Казахстан занимает первое место в мире по производству урана, обеспечивая более четверти ядерного топлива, потребляемого в Европе. Поскольку атомная энергетика составляет 63% в энергетическом секторе Франции, существует огромный потенциал для дальнейшего сотрудничества», — приводятся слова Касым-Жомарта Токаева в сообщении его пресс-службы.

1.2. Китай

Китай сделал шаги по упрочению поставок урана по тем же направлениям, что и Франция, причем зашел гораздо дальше. В ноябре акционеры «Казатомпрома» одобрили сделку с китайской State Nuclear Uranium Resource Development Company Limited (SNURDC). Одобрение потребовалось, так как речь шла о сделке размером более 50% балансовой стоимости активов «Казатомпрома».

Исходя из данных консолидированной отчетности за первое полугодие 2023 года, совокупный размер активов составляет почти 2,43 трлн тенге. При прогнозном курсе на 2023 год в 470 тенге за \$1, который принимает сама компания, ее активы составляют более \$5,16 млрд. Для примерного понимания объема сделки можно принять любую цену на закись-окись, которая кажется читателям наиболее вероятной. Для приблизительной оценки мы взяли \$50/фунт. Оказалось, что объем поставки, исходя из 50% от объема активов,

может составлять немногим менее 20 тыс. тонн урана. Это почти 94% от объема производства в Казахстане в прошлом году (почти 21,23 тыс. тонн урана).

Кроме того, в ноябре «Казатомпром» заключил долгосрочный контракт на поставку казахстанского концентрата природного урана с China National Uranium Company Limited (CNUC), дочерней организацией China National Nuclear Corporation (CNNC). «Объемы и коммерческие условия контракта являются конфиденциальными и коммерчески чувствительными и не подлежат публичному раскрытию», — говорится в сообщении «Казатомпрома». Два года назад, в ноябре 2021 года, «Казатомпром» также заключил сделки со CNURDC и CNUC.

Китай налаживает сотрудничество в сфере добычи урана и с Узбекистаном. По приглашению CNNC, представители профильной госкомпании «Навоий-уран» побывали на первом международном форуме по развитию промышленности природного урана в Пекине. Там CNNC и «Навоийуран» подписали меморандум о стратегическом сотрудничестве и обменялись мнениями по реализации инвестпроектов в урановой промышленности.

29 октября канадская Cameco объявила о подписании соглашения о поставках урана с еще одной «дочкой» CNNC, China Nuclear International Corporation. Параметры сделки также не раскрываются. Cameco лишь сообщила, что объем контракта входит в среднегодовые 28 млн фунтов поставок (около 10,77 тыс. тонн) с 2023 по 2027 год.

1.3. И другие

Также с Самесо заключил контракты украинский «Энергоатом» (поставки необогащенного гексафторида урана, куда входят природный уран и услуги по конверсии) в объеме, полностью удовлетворяющем потребности страны до 2035 года. Для примерной оценки: по данным World Nuclear Association, потребности Украины в 2023 году составляют 1567 тонн урана (около 4,1 млн фунтов закиси-оксида).

Подобную сделку на поставку необогащенного гексафторида урана с Самесо заключила АЭС «Козлодуй». Срок — 10 лет (до 2033 года). Объем — около 2,2 тыс. тонн урана (5,7 млн фунтов закиси-окси).

Резюмируя: крупнейшие потребители заключают долгосрочные (более трех лет) контракты и выстраивают стратегические партнерства с центрами действующего производства урана, чтобы обеспечить надежные поставки с гарантией на годы вперед. Наибольшую активность проявляют китайские компании.

Отсутствие новостей из России означает не отсутствие сделок и поставок, а лишь молчание в публичном пространстве из-за текущей политической ситуации.

Проблема в том, что в мире всего десять компаний способны обеспечивать крупные поставки урана.

Поэтому даже таким солидным потребителям, как CNNC, Framatome или Électricité de France (EDF), сложно диверсифицировать поставки. У небольших покупателей речь о диверсификации вообще не идет. Смена поставщиков — это замена одной зависимости на другую.

2. Причины и реалистичность опасений по поводу нехватки урана

При оценке нынешней ситуации необходимо задать вопрос: урана действительно не хватает? Простого ответа на него нет.

2.1. Производство в ретроспективе

Добыча урана перестала покрывать его потребление действующими АЭС еще в конце 1980-х годов. Однако еще во второй половине 2010-х годов уранодобывающие компании, комментируя рыночную ситуацию, ссылались на перепроизводство и профицит урана на рынке, при том что объем добычи так и не перекрыл объем потребления даже на современном пике производства в 2015 году (98% от объема потребления, см. рис. 2).

Каков же нынешний баланс между накопленным и использованным ураном? Приблизительный ответ на этот вопрос дает «Красная книга» — это неофициальное название аналитического отчета Uranium: Resources, Production and Demand, который каждые два года выпускают МАГАТЭ и NEA: «Данные прошлых выпусков, а также информация, предоставленная странами-членами, дают приблизительное представление о максимальном уровне потенциальных запасов, коммерчески доступных, при рассмотрении совокупного производства и потребностей в уране на глобальном уровне. Таким образом, предполагаемый остаток запасов составляет около 525 тыс. тонн урана, что является грубой оценкой верхнего предела того, что потенциально может стать доступным для

коммерческого сектора», — говорится в выпуске за 2022 год. Этот объем добытого урана был распределен по двум секторам. «Большая часть использовалась и/или резервировалась для военных программ, а остальная часть использовалась или накапливалась гражданским сектором. Однако после окончания холодной войны все большее количество урана, ранее резервировавшегося для стратегических целей, стало поступать в коммерческий сектор», — отмечается в отчете.

В США, например, по данным на 1 января 2021 года, только торговые запасы составляли почти 54,5 тыс. тонн при потребностях в том же году в неполные 17,6 тыс. тонн. В Евросоюзе запасы урана у энергокомпаний составляли на конец 2020 года почти 42,4 тыс. тонн урана. Этого достаточно для обеспечения более чем двух лет поставок топлива.

Кроме того, у двух наиболее известных и крупных инвестфондов, специализирующихся на покупке физического урана, Sprott Physical Uranium Trust и Yellow Cake, по данным на конец первого полугодия 2023 года, было накоплено 80,41 млн фунтов (около 30,9 тыс. тонн) закиси-окиси, и эта сумма вскоре выросла на 1,35 млн фунтов (519,23 тонн) благодаря поставке в адрес Yellow Cake от «Казатомпрома».

Казалось бы, данные свидетельствуют о профиците урана. Тогда почему крупные компании стали заключать долгосрочные контракты? Видимо, ко второй половине 2023 года все же накопились факты, совокупность которых стала вызывать в отрасли беспокойство относительно доступности запасов.

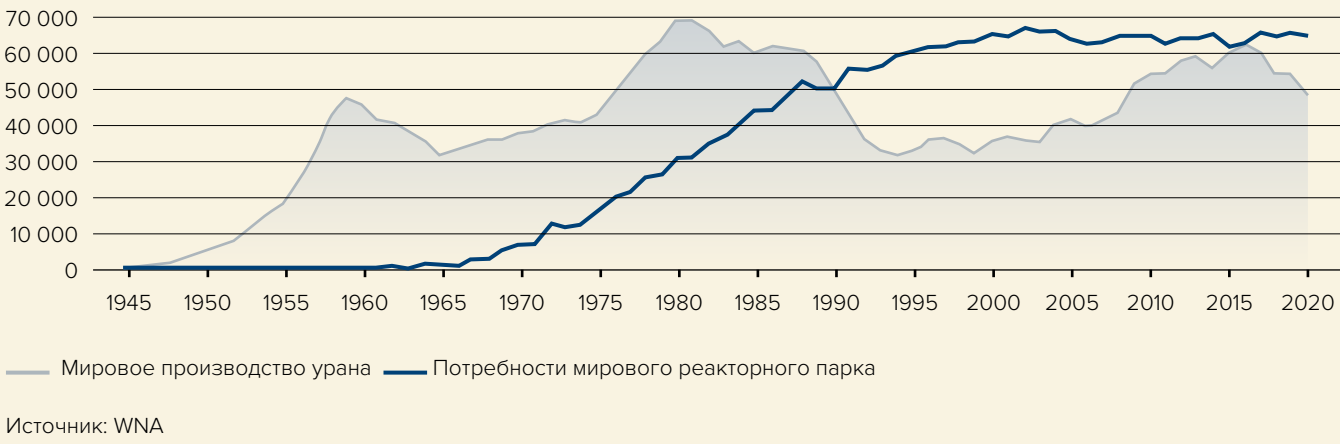
2.2. Накопленные проблемы в производстве

Если оглянуться на события последних лет, то, пожалуй, первым значимым толчком для беспокойства

Крупнейшие производители урана (по данным WNA за 2022 г.)

Компания	тонн в год	% от общемирового объема
«Казатомпром»	11 373	23
Cameco	5675	12
Orano	5519	11
CGN	4627	10
Uranium One	4454	9
Navoi Mining	3300	7
CNNC	3247	7
BHP	2813	6
APM3	2508	5
General Atomics/Quasar	1740	4
Другое	4098	6
Всего	49 354	100

Рис. 2. Мировое производство урана и потребности реакторного парка, т



стала пандемия. Она привела к сокращению производства или даже остановке многих рудников.

2.2.1. Разрушения и трансформация цепочек поставок

Затем — антироссийские санкции, которые вызвали сбой поставок зарубежными судами через российские порты и необходимость налаживать новые маршруты. Здесь самый яркий пример — задержка поставок от казахстанско-канадского СП «Инкай» из-за необходимости перенаправить желтый кек через Транскаспийский транспортный маршрут, причем не только в прошлом году, но и в этом: «Первая партия, содержащая примерно две трети нашей доли продукции «Инкай» за 2023 год, в настоящее время находится в пути. Мы ожидаем, что партия поступит до конца 2023 года. Ожидается, что вторая партия с оставшимся объемом нашей доли, произведенная в 2023 году, отправится до конца года и прибудет в начале 2024 года», — говорится в релизе Самесо за III квартал этого года. О задержке компания сообщила и в отчете за первое полугодие этого года, который вышел 2 августа.

Кроме того, во II квартале 2023 года принимались решения об отказе от российского ядерного топлива. Пять стран договорились о сотрудничестве ради снижения зависимости от российского ядерного топлива, Конгресс США разрабатывал двухпартийные законопроекты о запрете импорта российского урана и создании внутренней программы ядерного топливного цикла. Urenco одобрила инвестиции в увеличение обогатительных мощностей на американском предприятии.

Из-за политических отказов от поставок из России (самые яркие примеры — отмеченные выше сделки «Энергоатома» и «Козлодуй» с Самесо, заключенные в феврале и апреле 2023 года соответственно) произошла реструктуризация налаженных связей между

контрагентами. А переговоры по крупным сделкам (можно предположить, что как минимум в середине года уже шло обсуждение китайских контрактов) означают предварительное резервирование определенных объемов урана и их недоступность для других потенциальных покупателей. Так, в отчете за первое полугодие 2023 года «Казатомпром» сообщил о сокращении запасов готовой продукции по сравнению с первым полугодием 2022 в целом по Казахстану на 1,6 тыс. тонн и на 1,1 тыс. тонн собственных. Урановый рынок, в общем, ограничен. Поэтому, если нет возможности обратиться к привычному поставщику, а новый говорит, что урана может и не быть, это, вероятно, заставляет покупателей нервничать.

2.2.2. Фактор Нигера для Европы

В конце июля произошел госпереворот в Нигере, из-за чего возник вопрос о доступности около 2 тыс. тонн урана в год. Для международного рынка это сравнительно немного — 5%. Но Нигер — второй по значимости поставщик в Европу, который в 2022 году поставил в страну 2975 тонн урана, это 25,4% от всего объема потребностей ЕС (около 11,7 тыс. тонн).

В моменте, если посмотреть на динамику цен и объемов покупок на спотовом рынке, реальные игроки переворот проигнорировали. Торговое эмбарго, не позволяющее вывозить уран, а также ввозить реагенты и комплектующие, — тоже. Возможно, потому, что, как сообщил телеграм-канал RealAtomInfo, незадолго до госпереворота французская Orano, совладелец и оператор единственного действующего в Нигере рудника Somaïr, вывезла из Нигера очередную партию закиси-окиси, которая пришла во Францию в августе. Тем не менее ситуацию в Нигере на рынке учли. Кроме того, было известно, что запасы урана в Евросоюзе снижаются. Так, сравнение данных из «Красной книги» на конец 2020 года



с данными на конец 2022 года (35 710 тонн) показывает, что запасы Евросоюза за два года сократились на 6686 тонн. Это 15,8%, и это много.

2.2.3. Падение производства в Канаде

3 сентября Cameco выпустила обновление о производстве и продажах, где заявила, что производство на руднике Cigar Lake сократится с ранее прогнозируемых 18 млн фунтов закиси-окиси до 16,3 млн фунтов. На руднике McArthur River и связанном с ним перерабатывающем предприятии Key Lake — с 15 до 14 млн фунтов. В сумме производство снизится с примерно 12,7 тыс. тонн до 11,65 тыс. тонн урана (упрощенный коэффициент перевода из фунтов закиси-окиси в килограммы урана — 2,6). «Возникли проблемы с надежностью оборудования, что еще больше повлияло на производительность. Планируется, что рудник вступит в плановую ежегодную остановку на техническое обслуживание, которая продлится большую часть сентября», — прокомментировала компания.

Еще более тревожно прозвучал комментарий по руднику McArthur River: «Сохраняется неопределенность в отношении производственных планов на 2023 год на Key Lake из-за длительного времени, в течение которого рудник находился на техническом обслуживании, примененных изменений в процесс эксплуатации, количества персонала с необходимыми навыками и опытом, а также влияния сложностей с цепочкой поставок на доступность материалов и реагентов. В совокупности эти факторы повлияли на производство на Key Lake, что привело к снижению прогноза».

Канадские рудники воспринимались как резерв, который можно довольно быстро распечатать, чтобы нарастить производство. Для компании Otago эти проекты важны тем, что она в них совладелец и получает долю урана. И эта доля в некоторой перспективе будет меньше, чем планировалось.

Пересмотр планов означает, что нарушения в цепочках поставок и нехватка квалифицированного

персонала — а это последствия не только пандемии, но и более ранних увольнений из-за низких цен на уран — были недооценены, а увеличение производства — это не такой простой процесс, как казалось ранее.

Также следует помнить, что Cameco в течение как минимум последних 15 лет производила урана меньше, чем продавала. Минимальной разница была в 2015 году (продажи — 32,4 млн фунтов, производство — 28,4 млн фунтов). Максимальной — в 2020 году (5 и 30,7 млн фунтов соответственно). Это не значит, что у компании урана нет, но это значит, что она зависит от рынка, а на рынке сейчас ситуация не в пользу покупателей.

2.2.4. Нехватка серной кислоты в Казахстане

К проблемам на канадских рудниках надо добавить производственные сложности на казахстанских: «Снижение прогнозных показателей по производству на 2023 год в сравнении с фактом 2022 года в основном обусловлено продолжающимися трудностями, связанными с задержками и/или ограниченным доступом к определенным ключевым материалам, в том числе к серной кислоте, и оборудованию, что повлияло на график ввода скважин в эксплуатацию в 2022 году», — сообщил «Казатомпром» в релизе по итогам 2022 года. О проблемах, связанных с перебоями в поставках реагентов и бурении скважин на Инкае, сообщила и Cameco. Более того, в 2023 году в релизе по итогам девяти месяцев 2023 года «Казатомпром» снова сообщил о проблемах с реагентами: «Проблемы, связанные с ограниченным доступом к некоторым ключевым материалам, таким как серная кислота, сохраняются, что может оказать негативное влияние на объемы производства в 2024 году».

Проблемы в Казахстане и Канаде позволяют предположить, что нехватка реагентов и компонентов, несомненно, скажется на производственных возможностях Somaïr в Нигере. Даже если эмбарго будет снято, объем будущего производства будет ниже.

Резюмируя: геополитическая нестабильность и накопленные производственные проблемы обусловили понимание, что некоторого объема урана точно не будет не только в этом году, но и в следующем. Именно эти процессы подтолкнули к заключению долгосрочных контрактов и вызвали всплеск спроса и спотовых цен.

3. Спотовая цена

В июле и большей части августа на спотовом рынке урана активности не было, однако последняя неделя августа показала значительный рост объемов сделок, отмечается в релизе «Казатомпрома». 4 сентября, по данным UxC, цена на уран преодолела барьер в \$60/фунт (\$60,75) и ниже этой отметки с тех пор не опускалась. Совокупность факторов вызвала активность финансовых фондов, специализирующихся

на уране. Так, после паузы (с 25 апреля) на рынок вернулся Sprott Physical Uranium Trust. 22 сентября он приобрел 100 тыс. фунтов и с тех пор за несколько транзакций нарастил объем почти на 710 тыс. фунтов закиси-окиси — до 62,5 млн фунтов. К концу сентября цена поднялась до \$73,5 за фунт.

2 октября Yellow Cake подала «Казатомпрому» заявку на 1 526 717 фунтов закиси-окиси по цене \$65,5/фунт. Общий объем сделки — \$100 млн. Тем самым компания полностью реализует свой опцион на покупку урана в 2023 году в соответствии с рамочным соглашением с «Казатомпромом». Поставка состоится в первом полугодии 2024 года и увеличит запасы до 21,68 млн фунтов закиси-окиси.

По данным на 13 ноября, спотовая цена на уран, зафиксированная UxC, составила \$74/фунт.

Можно предположить, что цена продолжит расти. С какой скоростью — предсказать невозможно. Выше мы описали факторы со стороны предложения. Но есть дополнительный фактор, который может оказывать влияние со стороны спроса. Этот фактор — военные программы. Раньше он не фигурировал в оценках, но текущая обстановка в мире показывает, что его, возможно, придется учитывать. И его влияние на урановый рынок может оказаться существенным, поскольку для оружейного урана требуется куда более высокий уровень обогащения, чем для атомной энергетики. По расчетам калькулятора UxC для получения 1 кг уранового продукта с обогащением 4,5% требуется 24,1 фунта закиси-окиси, а для 1 кг урана, обогащенного до 94% (уран с таким обогащением считается оружейным), — 531,4 фунта.

Растущая спотовая цена — фактор экономического влияния, поскольку она учитывается в контрактной цене. Влияние не прямое: например, средняя цена закиси-окиси, проданной «Казатомпромом» в III квартале этого года, выросла на 13%, в то время как средняя спотовая цена — на 27%. За девять месяцев этого года соотношение другое: 14% против 12% соответственно. Но в любом случае рост спотовых цен обеспечит рост выручки урановых компаний. Правда, он может быть в существенной степени «съеденным» инфляцией, высокой во всем мире, и «черными лебедями».

4. Куда идут инвестиции в атомной отрасли

Есть мнение, что рост политического внимания к атомной энергетике обеспечит увеличение числа энергоблоков и, как следствие, рост спроса. Именно такая точка зрения представлена в статье Financial Times, упомянутой выше. Так ли это — пока вопрос.

4.1. Атомная энергетика в будущем неопределенном времени

Свежий прогноз МАГАТЭ до 2050 года («Оценка энергетики, электроэнергии и атомной энергетики

на период до 2050 года») выглядит оптимистичнее прошлогоднего: прогнозируемый объем установленной мощности атомных энергоблоков при низком сценарии выше на 14%, при высоком — на 2% по сравнению с оценками, опубликованными 2022 году. Однако в абсолютных цифрах прогнозы отличаются почти вдвое: 458 ГВт — при низком сценарии и 890 ГВт — при высоком. Такой огромный разброс — признак высокой неопределенности, которую отмечают и авторы отчета: «Представленные оценки дают вероятный диапазон развития атомных мощностей по регионам и во всем мире. Они не предназначены для прогнозирования или отражения всего диапазона возможных вариантов будущего между самым низким и самым высоким сценариями».

Откуда же такая неопределенность? Есть политические инициативы типа Great British Nuclear (нацелена на строительство новых АЭС и предполагает финансирование соответствующих проектов до 20 млрд фунтов). Есть прицельные договоренности: американская Westinghouse и ее давний партнер Bechtel подписали официальное соглашение о проектировании и строительстве первой в Польше АЭС на площадке Любатово-Копалино. Есть новые первые бетоны (блок № 5 АЭС «Чашма» в Пакистане и блок № 6 АЭС «Луфэн» в Китае) и разрешения на строительство (шесть блоков в Китае и четвертый блок АЭС «Эль-Дабaa» в Египте, которую строит Росатом), и это примеры только III квартала этого года.

По-видимому, дело в том, что не на все инициативы есть деньги. В нынешних условиях главные инвесторы в атом — это государства. Примеры успешного развития атомных технологий госкомпаниями показывают Россия и Китай. А, скажем, у США государственных средств на новые АЭС нет: \$6 млрд в рамках инфраструктурного плана Байдена выделены не на развитие новых проектов, а на поддержание работы существующих АЭС и предотвращение их преждевременного вывода из эксплуатации.

4.2. Деньги на обогащение

В конце октября, всего через несколько часов после избрания нового спикера Палаты представителей, Белый дом направил в Конгресс список для финансирования критических внутренних потребностей, куда вошли \$2,2 млрд на обогащение низкообогащенного урана и урана с более высоким уровнем обогащения (HALEU). В информационном бюллетене Белого дома говорится, что цель — «защитить американскую безопасность и укрепить энергетическую независимость». Еще \$278 млн Белый дом просит выделить Министерству энергетики для повышения конкурентоспособности США на мировом рынке изотопов.

Аналогичная ситуация и в ЕС: новостей о решениях выделить крупные суммы на строительство АЭС в Европе пока нет. Но есть новость о том, что совет директоров Otago (а это тоже госкорпорация) одобрил инвестиции примерно в €1,7 млрд для увеличения мощностей обогатительного завода Georges Besse II на площадке

Трикастин более чем на 30%, или на 2,5 млн EPP. «В нынешнем геополитическом контексте целью увеличения мощностей по обогащению является укрепление энергетического суверенитета Запада во Франции,— прокомментировал решение глава Ogaпо Клод Имовен.— Решение Ogaпо отвечает требованиям, высказанным нашими клиентами по укреплению безопасности поставок, поскольку производство, как ожидается, будет запущено в 2028 году».

Цель обеих инициатив очевидна — минимизировать покупки услуг по обогащению урана у Росатома (лидер рынка с долей 35%), создав собственные мощности.

Резюмируя: создание собственных обогатительных мощностей в США и Европе осознается как насущная потребность, на которую уже начали выделяться деньги, а значит, велика вероятность изменения рыночной ситуации в этом сегменте. Строительство АЭС, судя по тому, что на них не выделяются деньги, а есть пока только планы, проблема менее насущная.

4.3. Деньги на геологоразведку

В вопросе о направлениях инвестиций в атомной отрасли есть еще один аспект: каковы инвестиции в урановую геологоразведку? По данным S&P Global Market Intelligence, в 2020 году на геологоразведочные

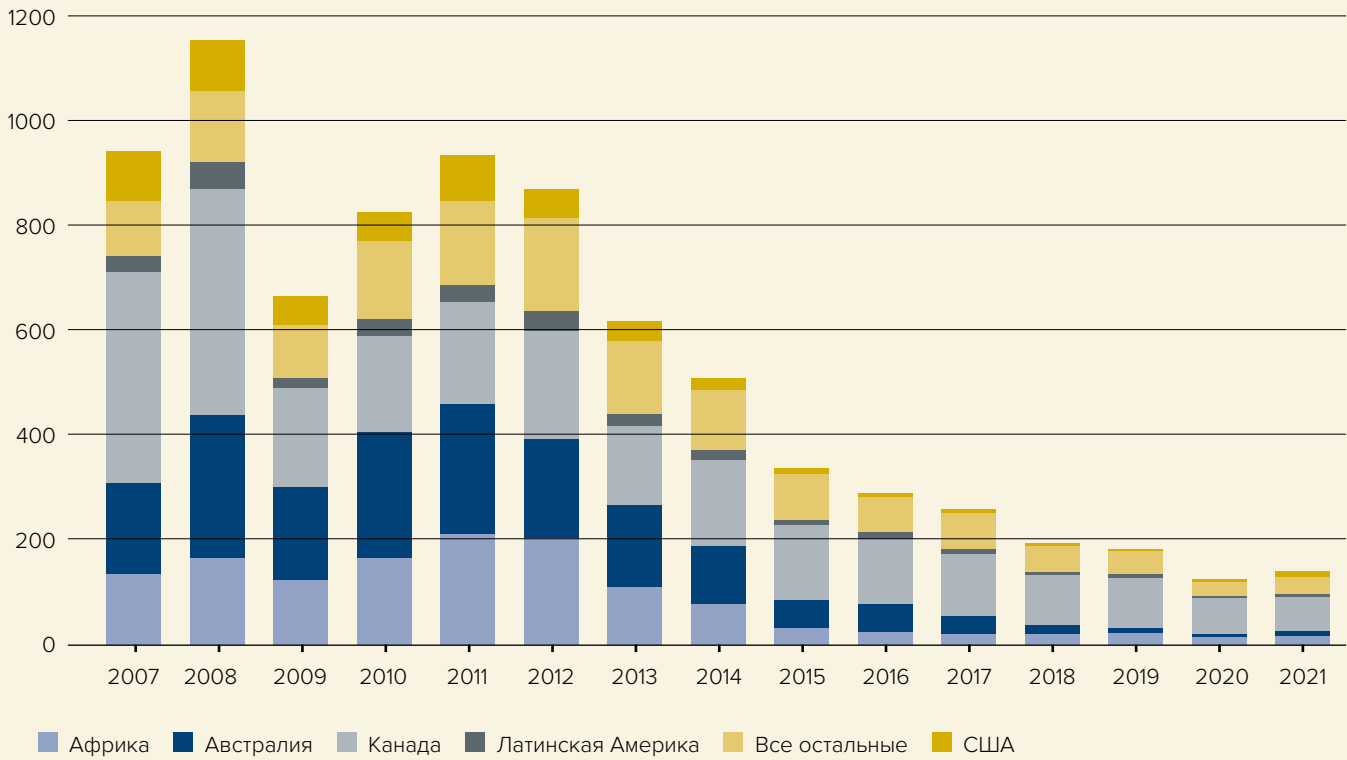
работы по урану было потрачено \$105,7 млн, в 2021 году — \$117 млн. В 2022 году расходы выросли на \$80,7 млн, до \$197,7 млн. В 2023 году — еще на \$35,6 млн, до \$233,3 млн. Правда, это все еще очень далеко от пика за последние 15 лет, который был достигнут в 2008 году (чуть меньше \$1,2 млрд).

WNA традиционно публикует данные по топ-10 крупнейших производителей урана в мире. Они же, очевидно, и крупнейшие инвесторы в урановую геологоразведку просто потому, что именно им в первую очередь необходимо пополнять запасы и у них есть на это собственные деньги, которые они получают от продажи закиси-окиси. В мире хозяйственную деятельность ведут порядка 25–30 юниорных (небольших разведочных) компаний. Таким образом, в среднем одна урановая компания тратит в 2023 году неполные \$5 млн.

Если сравнить эту цифру с \$500 млн, которые только одна Ogaпо планирует потратить только в одном Узбекистане, пусть даже за несколько лет, то становится понятно, что денег на урановую разведку в мире немного (а несколько лет назад было очень мало).

Пока влияние юниорного рынка на перспективы поставок на него урана выглядит малозначимым. Основной объем геологоразведочных работ сейчас выполняют

Рис. 3. Затраты на геологоразведку урана по странам, \$ млн



Источник: S&P Global Market Intelligence

На фото

Желтый кек — конечный продукт уранодобывающих производств



Главная тема

действующие компании — производители урана как в «домашних» юрисдикциях, так и за рубежом. Именно их деятельность обеспечивает и будет обеспечивать прирост запасов и вовлечение урана в отработку.

5. Геополитическая рамка уранового рынка

На спрос на уран влияют три мировые тенденции. Первая — экономическое развитие, перспективы которого пока не выглядят оптимистично. В марте Всемирный банк выпустил отчет «Падение долгосрочных перспектив роста: тенденции, ожидания и политика», в котором эксперты пообещали миру замедление роста до минимальных значений за последние 30 лет: «Почти все экономические силы, которые способствовали прогрессу и процветанию на протяжении последних трех десятилетий, ослабевают. В итоге предполагается, что в период с 2022 по 2030 год средний потенциальный рост мирового ВВП снизится примерно на треть по сравнению с темпами, преобладавшими в первом десятилетии этого столетия,— до 2,2% в год». «Мировую экономику ждет потерянное десятилетие», — пообещал главный экономист и старший вице-президент по экономике развития Всемирного банка Индермит Гилл.

Вторая — энергетическая политика. Сейчас принимаются не только экономически, но и политически

обоснованные решения в пользу того или иного вида генерации или поставщика. Прогнозы МАГАТЭ и Международного энергетического агентства пока не позволяют сделать определенные выводы о динамике развития атомной энергетики до середины века. Третья тенденция — военная. Спрос с этой стороны может стимулировать урановую отрасль, это известно на примерах 80-летней давности.

Еще один важный момент: о диспропорции между размещением производства и конечного потребления урана известно давно. Уран добывают не там, где построено больше всего АЭС. Но нынешняя ситуация обострила тот факт, что вообще чуть ли не каждая операция в ядерном топливном цикле находится в другой стране (за исключением России и частично Китая и Франции).

Теперь каждое перемещение ядерного материала может стать болезненным и малодоступным прежде всего по политическим причинам, поэтому правительства и корпорации нивелируют эти риски. Методы известные: диверсификация поставок или изменение поставщика, долгосрочные контракты и создание мощностей у себя. Это будет означать избыточность мощностей в ЯТЦ. Когда-то потом между ними начнется конкуренция, а длинные контракты начнут тяготить. Но это будет уже новый виток урановой истории.

Текст: «Вестник атомпрома»

Фото: Курская АЭС, «ЗиО-Подольск», ГНЦ НИИАР, АО «НоваВинд», АО АСЭ, «Роскосмос», газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров, Фонд «Атом»

Атомный год: сложно, но возможно

Несмотря на сложности, которыми сопровождался 2023 год и для всей страны, и для Росатома, у госкорпорации были и достижения, и старты новых проектов, которые должны стать фундаментом для будущего развития отрасли



На фото

Установка ротора низкого давления на первом энергоблоке Курской АЭС-2 (октябрь 2023 г.)

АЭС

Выработка электроэнергии на АЭС России в 2023 году снизилась по сравнению с предыдущим годом, что обусловлено увеличением продолжительности плановых ремонтных работ на энергоблоках атомных станций и выбытием из энергосистемы остановленного в конце 2021 года блока №1 Курской АЭС. В 2022 году вывод первого курского блока компенсировался благодаря обоснованному увеличению топливного цикла до 18 месяцев. При этом, по предварительным прогнозам, по итогам 2023 года «Росэнергоатом» сумеет перевыполнить плановое задание ФАС.

Чтобы нивелировать сокращение выработки в последующие годы, в концерне «Росэнергоатом» планируют программы по повышению надежности работы оборудования и увеличению КИУМ за счет внедрения новых технологических решений.

Для обеспечения роста выработки в ближайшем будущем на Курской АЭС активно строятся замещающие мощности. На площадке строительства первого блока Курской АЭС-2 работы идут в соответствии с планом, а второго блока — даже с опережением графика. В ноябре на площадку второго энергоблока был доставлен корпус реактора. Идут подготовительные работы

по началу строительства новых блоков большой мощности: двух на Ленинградской АЭС-2, двух на Смоленской АЭС-2 и еще двух на Курской АЭС-2.

Проекты атомных станций малой мощности (АСММ) становятся все более востребованными для освоения месторождений и развития промышленного потенциала на Крайнем Севере.

Первая в мире современная наземная станция малой мощности будет построена в Якутии. Весной была получена лицензия на строительство атомной станции в Усть-Янском районе республики, а в августе на площадке сооружения АСММ открыт временный городок для строителей. Ввод станции планируется в 2028 году.

Интерес к малой атомной энергетике проявил «Норильский никель». Компания подписала с Росатомом соглашение о сотрудничестве по сооружению АСММ для энергоснабжения Норильского промышленного района.

Цифры

203 153
млн кВт·ч

выработали АЭС России
по состоянию на 11 декабря

до 30
энергоблоков

составляет, по оценкам Росатома,
заказ на атомные станции малой
мощности в России

На фото

Сварка кольцевого шва на полукорпусе второй реакторной установки РИТМ-200 для атомного ледокола «Чукотка» («ЗиО-Подольск»)



Машиностроение

Атомные машиностроители, вместе со всей отраслью работающие над организацией конвейерного производства атомных станций российского дизайна, вышли на беспрецедентный темп в производстве оборудования длинного цикла изготовления. В 2023 году волгодонский «Атоммаш» выпустил пять корпусов реактора, побив рекорд СССР, который составлял три корпуса реактора за год.

В число рекордных поставок в 2023 году вошли и реакторы РИТМ-200 для универсального атомного ледокола проекта 22220 «Чукотка». В октябре первый реактор для «Чукотки» был отправлен на Балтийский завод, в декабре завершено изготовление второго. Это десятый реактор, который изготовил машиностроительный дивизион Росатома для энергетических установок нового поколения атомоходов («Арктика», «Сибирь», «Урал», «Якутия» и «Чукотка»).

Ядерное топливо

Топливная компания Росатома «ТВЭЛ» продолжила заниматься разработкой и модернизацией ядерного топлива. Для крупнейшего в мире источника нейтронов — научно-исследовательского реакторного комплекса ПИК — было изготовлено модернизированное ядерное топливо второго поколения. Новое топливо позволит в разы увеличить кампанию реактора, то есть срок проведения экспериментов, а также повысить его эксплуатационную надежность.

На первом блоке Балаковской АЭС (РУ ВВЭР-1000) завершился первый 18-месячный цикл опытно-промышленной эксплуатации тепловыделяющих сборок на базе инновационного уранплутониевого РЕМИКС-топлива. Использование смеси регенерированного урана и плутония, полученного из отработавшего ядерного топлива, позволит перейти к замкнутому ядерному топливному циклу не только на быстрых реакторах, но и на установках типа ВВЭР.

В рамках реализации программы по созданию «толерантного» топлива на исследовательском реакторе БОР-60 в ГНЦ НИИАР успешно проведены первичные испытания образцов экспериментальных оболочек тепловыделяющих элементов из композитного материала на основе карбида кремния. Благодаря тому, что материалы на основе карбида кремния отличаются повышенной прочностью, коррозионной, радиационной и износостойкостью, карбидокремниевое волокно, разработанное во ВНИИНМ им. А. А. Бочвара, позволяет сделать оболочку твэлов более стойкой к возможным аварийным ситуациям. Внедрение карбидокремниевых твэлов позволит отказаться от некоторых систем безопасности, что приведет к снижению стоимости строительства атомных энергоблоков.

На Машиностроительном заводе изготовлены и прошли приемочные испытания стержни компенсирующих групп ядерного реактора для строящегося головного сверхмощного атомного ледокола «Россия»

по проекту 10510 («Лидер»). Стержни используют-ся в системе управления и защиты реактора для управления и маневрирования мощностью ядерной установки.

На первой в мире плавучей атомной станции — рас-положенной на Чукотке ПАТЭС с ПЭБ «Академик Ло-моносов» — проведена первая в истории перегрузка топлива. Топливо для ПАТЭС также было произведено на Машиностроительном заводе. Загрузка кассет со свежим топливом осуществлена в реактор правого борта. В реакторе левого борта перегрузка топлива запланирована на 2024 год.

Наука

На площадке ГНЦ НИИАР в Димитровграде Улья-новской области продолжается сооружение круп-нейшего в мире многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах — МБИР. В начале года на стройплощадке произошло одно из ключе-вых событий в сборке реакторной установки: корпус реактора был установлен в проектное положение (на восемь месяцев раньше графика). В октябре был завершен монтаж купола здания реактора. Были уста-новлены 22 арки, каждая из которых весит 74 тонны. Длина пролета арки составляет 38 м. Работы велись в течение пяти месяцев с использованием тяжелого гусеничного крана грузоподъемностью 750 тонн.

Пуск МБИР запланирован на 2027 год. После ввода МБИР в эксплуатацию атомщики получат возмож-ность расширить изучение технологий двухкомпо-нентной ядерной энергетики и замыкания топлив-ного цикла. Реактор позволит проводить прорывные фундаментальные и прикладные исследования и в ин-тересах других отраслей — от медицины до космоса.

Россия в лице Росатома по-прежнему активно участвует в реализации крупнейшего в мире термо-ядерного проекта — сооружении Международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР. В феврале с площадки НИИЭФА было отгружено оборудование для систем электропитания ИТЭР. В поставку весом 33,4 тонны вошли сильноточные тоководущие шины (они будут проходить через раз-делительный радиационный барьер между зданием токамака и зданием диагностики), а также компо-ненты комплексов коммутационных аппаратов для систем электропитания сверхпроводящих катушек полоидального поля и центрального соленоида. А в конце октября Росатом приступил к отправке 30-й партии электротехнического оборудования для ИТЭР. В нее вошли изготовленные НИИЭФА элементы энер-гопоглощающих резисторов для систем оперативной коммутации тока и защитного вывода энергии.

В апреле специалисты ВНИИНМ им. А. А. Бочвара и Чепецкого механического завода завершили разработку отечественной технологии изготовления листов из ниобия особой чистоты. Этот материал используется при изготовлении сверхпроводящих ре-зонаторов. Такие резонаторы необходимы для иссле-довательских установок класса мегасайенс. Раньше технологией производства листов из высокочистого ниобия обладали только несколько зарубежных компаний.

Чтобы было кому развивать технологии будущего, мо-лодых ученых нужно готовить уже сейчас. Эту задачу должны решить два флагманских образовательных проекта, реализуемых Росатомом. Примечательно, что у обоих летом 2023 года появились первые вы-пускники.

В Национальном центре физики и математики (НЦФМ) состоялся первый выпуск 42 магистров МГУ Саров. Часть молодых физиков и математиков решили связать свою дальнейшую научную карьеру с ВНИИЭФ, несколько человек остались в организаци-ях научной кооперации НЦФМ.

По инициативе другого федерального ядерного центра — ВНИИТФ — был создан Национальный центр науки и технологий (НЦНТ), первый в Урало-Сибирском регионе проект по развитию фунда-ментальных и прикладных исследований. В рамках НЦНТ был организован образовательный центр «Новый Снежинск», первые 12 выпускников кото-рого по направлениям «Прикладная математика и информатика» и «Теоретическая и эксперимен-тальная физика» в этом году были трудоустроены в РФЯЦ-ВНИИТФ.

На фото

Кузьминская ВЭС стала первой ветроэлектростанцией Росатома, укомплектованной с помощью новой цепочки поставок с учетом укрепления технологического суверенитета



Ветроэнергетика

В 2023 году Росатом ввел в эксплуатацию три ветро-парка. Все они расположены на Ставрополье.

С 1 января поставлять электроэнергию и мощность на оптовый рынок электроэнергии и мощности начала Берестовская ВЭС. Установленная мощность станции — 60 МВт, она состоит из 24 ветроэнергети-ческих установок.

Первой ветроэлектростанцией Росатома, уком-плектованной с помощью новой цепочки поставок с учетом укрепления технологического суверени-тета ветроэнергетической отрасли, стала Кузьмин-ская ВЭС. Ее установленная мощность 160 МВт, количество ветроустановок — 64. Она была введена в строй в два этапа: первые 100 МВт установленной мощности начали эксплуатироваться в июне, а еще 60 МВт — в июле.

С октября в Единую энергосистему России начала поставлять электроэнергию Труновская ВЭС. Пока введены 60 МВт установленной мощности. Полная установленная мощность ВЭС достигнет 95 МВт. Количество ветроустановок — 38. Генерирующее обо-рудование Труновской ветроэлектростанции уком-плектовано единственной локализованной в России турбиной мегаваттного класса.

Проект «Прорыв»

Работы по строительству опытно-демонстрационного энергетического комплекса, создаваемого в Северске Томской области в рамках проекта «Прорыв», идут полным ходом. В сооружении реактора БРЕСТ-ОД-300 принимают участие 1300 специалистов. На площадку доставлен 750-тонный кран.

Северный морской путь

Несмотря на сложную международную обстановку, в 2023 году в развитии Севморпути достигнуты значи-мые результаты.

Гидрографическое предприятие завершило соору-жение объектов федеральной собственности тер-минала сжиженного природного газа и стабильного газового конденсата «Утренний» (проект «Арктик СПГ 2»). В рамках проекта потребовалось прове-сти масштабные дноуглубительные работы. За три года в акватории и на подходном канале терминала «Утренний» было извлечено свыше 24 млн м³ грунта. Построены ледозащитные сооружения протяженно-стью более 4,4 км, созданы объекты системы обеспе-чения безопасности мореплавания, построено здание государственных контрольных служб, включая пункт пропуска через государственную границу РФ.

В мае «Росатомфлот» и Балтийский завод подписали контракт на строительство многофункционально-го судна атомно-технологического обслуживания (МСАТО), предназначенного для выполнения полного комплекса работ по перезарядке ядерных энергети-ческих установок действующих атомных ледоколов, а также ПАТЭС с ПЭБ «Академик Ломоносов». После ввода в эксплуатацию флотилии модернизирован-ных плавучих энергоблоков, которые будут снабжать энергией Баимскую рудную зону, МСАТО сможет обслуживать и их. Планируемый срок сдачи судна техобслуживания — 2029 год.

В сентябре впервые атомные ледоколы «Атомфлота» осуществили проводку судна с рекордной грузо-подъемностью. В районе мыса Дежнева атомоходы «Таймыр» и «Сибирь» обеспечили прохождение сквозь льды судна типа Capesize с грузом 164,5 тыс. тонн же-лезнорудного концентрата. Крупнотоннажный балкер преодолел Севморпуть за 13 суток. При проходе через Суэцкий канал потребовалось бы в два раза больше времени.

В октябре Росатом и один из крупнейших порто-вых операторов мира, компания DP World, создали совместное предприятие для развития контейнерных перевозок по Севморпути.

Цифра

2,12 млн тонн

объем транзита грузов по СМП в 2023 году



Алексей Лихачев

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»:

— К этому энергокомплексу приковано внимание всего мирового ядерного сообщества. В Северске будет Мекка мировых ядерных технологий. Это будет центр мировой атомной энергетики: центр и подготовки кадров, и отработки технологий, а главное — их тиражирования.

На модуле фабрикации-рефабрикации топлива для реактора БРЕСТ ведется пусконаладка оборудования. В сентябре 2023 года первые испытания состоялись на участке прессования шашек (заготовок для последующего изготовления таблеток ядерного топлива) на линии изготовления смешанного нитридного уранплутониевого топлива, затем — на участке прессования таблеток ядерного топлива. Топливные таблетки будут снаряжены в тепловыделяющие элементы, а после из них соберут тепловыделяющие сборки для загрузки в реактор БРЕСТ-ОД-300.

Ввод модуля в промышленную эксплуатацию запланирован на первый квартал 2024 года.

Экология

Росатом активно участвует в решении экологических проблем страны. Госкорпорация занимается ликвидацией самых сложных объектов накопленного вреда — полигона «Красный Бор» в Ленинградской области, территории Байкальского целлюлозно-бумажного комбината и промышленной площадки в г. Усолье-Сибирском Иркутской области. Одновременно Росатом строит инфраструктуру для обращения с отходами I и II классов, включая семь новых экотехнопарков, строительство которых планируется завершить до конца 2024 года.

В апреле предприятие госкорпорации — «Русатом Гринвэй» — было определено подрядчиком рекультивации магнитогорской городской свалки, одной из крупнейших в Челябинской области. На площади более 300 тыс. м² хранится 2,5 млн тонн бытовых отходов. Разлагающийся мусор выделяет метан, из-за чего на свалке регулярно происходили пожары, что заметно ухудшало экологическую обстановку

в регионе. Проект реализуется в рамках федерального проекта «Чистый воздух» нацпроекта «Экология», а также в рамках муниципальной программы «Безопасность в городе Магнитогорске». Завершить рекультивацию планируется к концу 2024 года.

На площадке бывшего предприятия «Усольехимпром» в Иркутской области работы по ликвидации объекта накопленного экологического вреда выходят на завершающий этап. Последним опасным производственным объектом, предназначенным для демонтажа, стал цех 94, который использовался для производства трихлорсилана и четыреххлористого кремния. В будущем на площадке создадут технопарк — современный производственный кластер с химическим профилем, основанный на принципах экономики замкнутого цикла.

В Мурманской области завершен важный этап масштабной экологической программы по ликвидации опасного ядерного и химического наследия: утилизирована плавучая техническая база «Лепсе», которая обслуживала первые советские атомные ледоколы. После вывода плавтехбазы из эксплуатации ее хранилище отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) много лет представляло значительный экологический риск для региона. В ноябре в хранилище реакторных отсеков в Сайда-Губе была размещена последняя блок-упаковка с дезактивированными фрагментами судна. Фрагменты судна более не представляют опасности, снаружи на них устанавливается дополнительная биологическая защита, которая обеспечит безопасность при долговременном хранении. Из Мурманской области в плановом режиме вывозится отработавшее ядерное топливо.

Компетенции Росатома оказались востребованы на Сахалине. По заказу российской морской инженерной компании Tazmar Maritime с помощью мобильного лазерного комплекса, разработанного специалистами ГНЦ РФ ТРИНИТИ, была проведена резка затонувших судов у г. Корсакова. Полностью ответственная разработка, не имеющая аналогов в России, способна разделять на части металлоконструкции толщиной до 260 мм на расстоянии до 300 м.

Также мобильный лазер был испытан для очистки водной поверхности от нефти. В акватории

Цифра

в 2 раза

сократился с 2002 по 2023 год суммарный объем накопленного ОЯТ в хранилищах Мурманской области

в 4,4–4,5 млрд руб.

в год оценивается рынок услуг стерилизации всех видов продукции в России

Охотского моря у побережья Сахалина для выжигания нефтяного пятна впервые была применена разработка ТРИНИТИ. Испытания показали, что применение лазерных технологий для удаления нефтяной пленки на поверхности воды — перспективный метод ликвидации аварийных разливов в Арктике, где из-за низких температур невозможно использовать биологические методы, а работе нефтесборщиков мешает лед.

Медицина

Разработанный при участии специалистов ГНЦ НИИАР радиофармпрепарат на основе лутетция-177 успешно прошел первые испытания в Федеральном научно-клиническом центре медицинской радиологии и онкологии ФМБА России. Препарат предназначен для борьбы с нейроэндокринными опухолями и раком предстательной железы. НИИАР разработал собственную технологию и получил на нее патент, который стал победителем профильного конкурса Роспатента в этом году, опередив 170 других участников.

Были подписаны новые контракты с зарубежными партнерами о поставках изотопов. Так, В/О «Изотоп» подписало новые контракты на поставку генераторов технеция-99m ГТ-5К в Армению и генераторов германия-68/галлия-68 в Казахстан. Генераторы технеция-99m ГТ-5К используются в диагностике онкологических, кардиологических, нейроэндокринных и других заболеваний при проведении процедур однофотонной эмиссионной компьютерной томографии. Радионуклиды, полученные с помощью генератора германия-68/галлия-68, применяются в передовой медицинской диагностике онкологических заболеваний, в частности при выполнении позитронно-эмиссионной томографии. Первая партия генераторов технеция-99m ГТ-5К была доставлена в Армению в феврале.

В сентябре первая партия генераторов технеция-99m ГТ-5К была поставлена в Беларусь в рамках контракта, также заключенного в 2023 году. В соответствии с договоренностью с белорусской стороной, Росатом обеспечит годовую потребность медицинских учреждений Беларуси в генераторах технеция-99m на 100%.

В июле дивизион Росатома «Технологии здоровья» («Русатом Хэлскеа») увеличил свою долю в компании «Медскан» до 50%. Средства будут инвестированы в развитие медицинского холдинга. Таким образом, Росатом стремится объединить свои компетенции в здравоохранении в единую экосистему для контроля качества и эффективности взаимодействия с пациентом на каждом этапе. Ожидается, что медицинские центры и лаборатории, входящие в состав «Медскан», будут способствовать повышению доступности высоких медицинских технологий Росатома врачам и пациентам во всех российских регионах.

Кроме того, Росатом расширил сеть многоцелевых центров обработки ионизирующим излучением. В сентябре был открыт новый многоцелевой центр обработки в Обнинске на площадке НИФХИ

им. Л. Я. Карпова. На фоне ухода иностранных поставщиков медицинской продукции российские компании существенно увеличили объемы производства. Появился запрос на «холодную» стерилизацию, и Росатом ответил на него открытием нового центра. Помимо медицинских изделий в таких центрах можно стерилизовать сельхозпродукцию, что существенно увеличивает ее срок хранения.

Международная деятельность

Основные события в сооружении атомных станций происходили в этом году на зарубежных площадках Росатома.

В апреле на площадку строительства АЭС «Аккую» в Турции было завезено первое ядерное топливо, что ознаменовало превращение первой турецкой атомной станции в ядерный объект и вхождение Турецкой Республики в сообщество стран, развивающих атомную энергетику.

В мае был залит первый бетон в фундаментную плиту энергоблока №3 на площадке сооружения АЭС «Эль-Дабая» в Египте. В конце августа египетский регулятор — Совет директоров Управления по ядерному и радиологическому регулированию (ENRRA) — выдал лицензию на сооружение энергоблока №4.

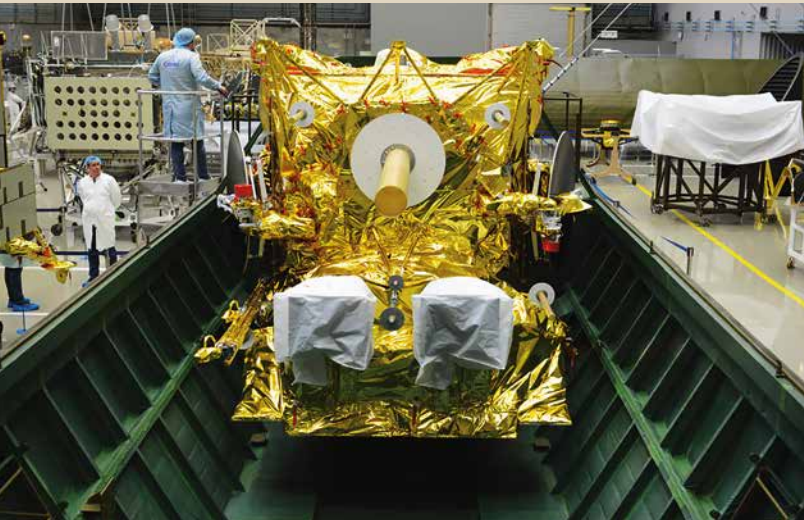
На фото

Монтаж четвертого яруса защитной оболочки на строящемся блоке №3 АЭС «Аккую» в Турции (октябрь 2023 г.)



Космос

При участии Московского опытно-конструкторского бюро «Марс» создан гидрометеорологический спутник серии «Электро-Л» № 4, который в феврале был выведен на геостационарную орбиту. «Электро-Л» № 4 предназначен для передачи на Землю многоспектральных снимков облачности. «Марс» разработал для спутника бортовой комплекс управления, который должен обеспечить работу космического аппарата в течение ближайших 10 лет.



В августе начаты работы основного этапа сооружения двух новых энергоблоков на АЭС «Пакш-2». В частности, подрядчик смог приступить к выемке грунта. Это произошло после того, как венгерский заказчик проекта АЭС «Пакш-2» — Paks II. Nuclear Power Plant Ltd. — выдал соответствующее официальное уведомление о переходе проекта на второй, основной этап строительства. Разрешение также позволило приступить к производству основного энергетического оборудования.

В октябре первое ядерное топливо для первого энергоблока было завезено на площадку сооружения АЭС «Руппур», первой атомной станции в Республике Бангладеш, что привело к появлению еще одной страны на карте пользователей мирных ядерных технологий.

В ноябре принят в промышленную эксплуатацию второй энергоблок Белорусской АЭС. Станция стала первым реализованным проектом Росатома с самыми современными реакторами ВВЭР-1200 поколения III+. Блок был впервые синхронизирован с сетью в мае. Два энергоблока Белорусской АЭС удовлетворяют около 40% потребностей республики в электроэнергии.

Строительство Центра ядерных исследований и технологий в Боливии вышло на финишную прямую.

В марте в составе центра был запущен уникальный для Латинской Америки циклотронный комплекс по производству радиофармпрепаратов. Возможности центра позволяют не только обеспечить радиофармацевтическими препаратами боливийских пациентов, но и поставлять РФП на экспорт. В октябре в ЦЯИТ был открыт многофункциональный центр облучения, а также начат монтаж исследовательского реактора. Центр ядерных исследований и технологий в боливийском Эль-Альто является самым высокогорным ядерным объектом в мире: он расположен на высоте 4000 м над уровнем моря.

В Таджикистане специалисты Росатома с опережением графика завершили работы по рекультивации отвала фабрики бедных урановых руд и четырех хвостохранилищ территории промышленной площадки «Табошар», расположенной в районе города Истиклол. Благодаря выбранным инженерным решениям высота отвала с урановым песком была снижена с 65 до 35 м. Отвал был укрыт полутонным слоем чистого грунта, что позволило снизить радиационный фон в периметре рекультивированных объектов до естественного уровня.

Новые бизнесы

Литий

Росатом принимает активное участие в укреплении сырьевого суверенитета России. В феврале совместное предприятие «Норникеля» и горнорудного дивизиона госкорпорации «Росатом» (АО «Атомредметзолото») «Полярный литий» получило от Роснедр по результатам аукциона лицензию на разведку и добычу полезных ископаемых на участке недр федерального значения Колмозерское, крупнейшем в России месторождении лития. Проект разработки Колмозерского месторождения предполагает выпуск карбоната и гидроксида лития в объеме 45 тыс. тонн в год. Выход на проектную мощность запланирован к 2030 году. Ожидается, что в перспективе Россия получит масштабное производство, которое позволит заместить импорт как литиевого сырья, так и батарейных компонентов.

Разработанная в Росатоме технология прямого сорбционного извлечения уже востребована за рубежом.

Цифра

45 тыс. тонн

выпуск такого объема карбоната и гидроксида лития в год предполагает проект разработки Колмозерского месторождения

Росатом в лице «Ураниум Уан Груп» принял участие и победил в организованном боливийской государственной компанией Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB) международном конкурсе технологий по прямому сорбционному извлечению лития. В июне компании подписали рамочное соглашение о сооружении промышленного комплекса по добыче и производству карбоната лития в боливийском департаменте Потоси. Этот российско-боливийский проект позволит создать в Боливии, стране с самыми богатыми запасами лития в мире, полноценную цепочку производства — от добычи литиевого сырья до получения рыночного продукта. Предполагается строительство промышленного комплекса мощностью 25 тыс. тонн карбоната лития в год с возможностью увеличения мощности по результатам геологоразведочных работ.

Аддитивные технологии

Росатом представил самый большой в России 3D-принтер, работающий по технологии прямого лазерного выращивания. Принтер создан совместно со специалистами Института лазерных и сварочных технологий Санкт-Петербургского морского технического университета. Он оснащен двумя промышленными шестиосевыми роботами и позиционером грузоподъемностью до 8 тонн. Установка предназначена для изготовления изделий с максимальным диаметром 2,2 м и высотой 1 м и гарантирует отсутствие дефектов в виде крупных пор, трещин и посторонних включений. Принтер способен производить биметаллические и композитные изделия из нескольких марок металлических порошков с различными свойствами. Он может использоваться во всех ключевых

высокотехнологичных отраслях — атомной, авиационной, судостроительной, космической.

Импортозамещение оборудования в интересах других отраслей

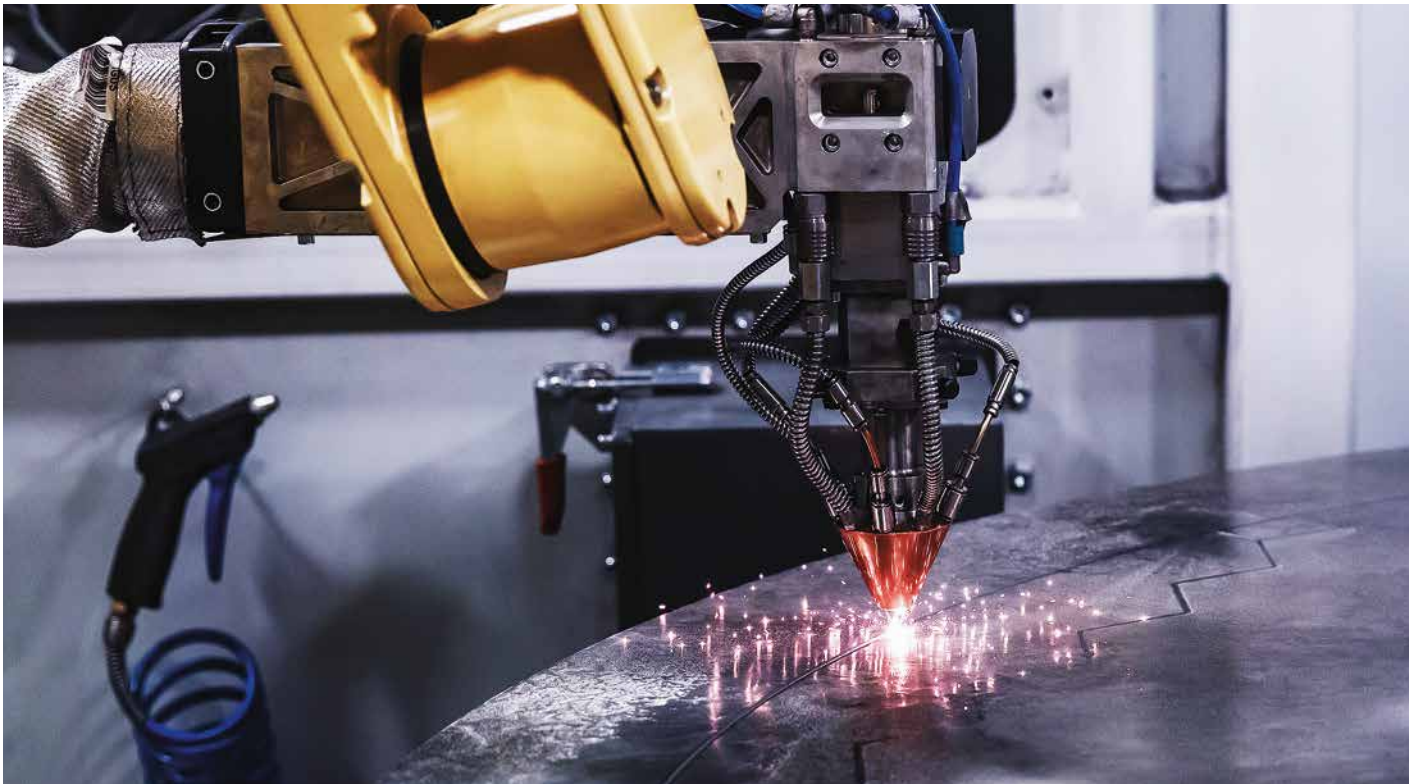
Специалисты ФЭИ им. А. И. Лейпунского смогли обеспечить производство воздушных фильтров для систем подачи и рециркуляции воздуха в салонах самолетов иностранного производства на основе конструкторского решения инженеров «Аэрофлота». Многоэтапные испытания изделий, произведенных Росатомом, подтвердили их полное соответствие требуемому уровню безопасности. Расчетный ресурс отечественных фильтров превышает показатели зарубежных аналогов на 20–25%, что делает их экономически более эффективными. Параллельно с работой над импортозамещением фильтров была решена задача по отработке порядка действий для запроса одобрения применения компонентов отечественного производства третьего класса категории В (то есть компонентов, не оказывающих влияния на безопасность полетов) для их установки на иностранные воздушные суда. Росатом планирует продолжить сотрудничество с «Аэрофлотом» в целях дальнейшего расширения линейки импортозамещенных компонентов для самолетов иностранного производства.

Системы накопления энергии и электротранспорт

В сентябре топливный дивизион госкорпорации «Росатом» и ГУП города Москвы «Мосгортранс» заключили первый в России контракт на поставку тяговых

На фото

На выставке «Металлообработка-2023» в Москве Росатом представил самый большой в России 3D-принтер, работающий по технологии прямого лазерного выращивания (ПЛВ/DMD)



Специалисты, которые будут работать на гигафабрике в Немане, знакомятся с производственными технологиями на сборочной линии литийионных батарей на площадке особой экономической зоны «Технополис "Москва"»



аккумуляторных батарей для электротранспорта, предусматривающий инвестиционные обязательства по созданию производства этой продукции. В Новой Москве было начато строительство новой гигафабрики по производству накопителей энергии. По контракту, Мосгортранс приобретет более 155 тыс. тяговых аккумуляторных батарей производства Росатома для электротранспорта. В свою очередь, Росатом взял на себя обязательства создать в Москве производство накопителей энергии и выполнить поставки произведенной там продукции в соответствии с законтрактованным объемом.

Более того, по оценкам Росатома, предприятия атомной отрасли способны производить около 60% всех компонентов электромобиля, включая аккумуляторные батареи, электродвигатели, магниты из редкоземельных сплавов, микроэлементную базу, полимерные и композитные материалы.

Тем временем на уже строящейся в Немане Калининградской области первой гигафабрике Росатома начались работы по монтажу главного технологического корпуса производства. На площадке гигафабрики разместятся 18 зданий общей площадью почти 100 000 м². Главный технологический корпус займет центральное здание в периметре производства.

Цифра

90%

составит уровень автоматизации на первой гигафабрике Росатома по производству накопителей энергии

Длина корпуса составит 600 м, ширина — почти 100 м. В нем будут сосредоточены все высокотехнологичные процессы производства литийионных аккумуляторных ячеек. 150 единиц инновационного оборудования обеспечат полный цикл производства гигафабрики — от смешения и нанесения активных материалов до производства литийионных ячеек.

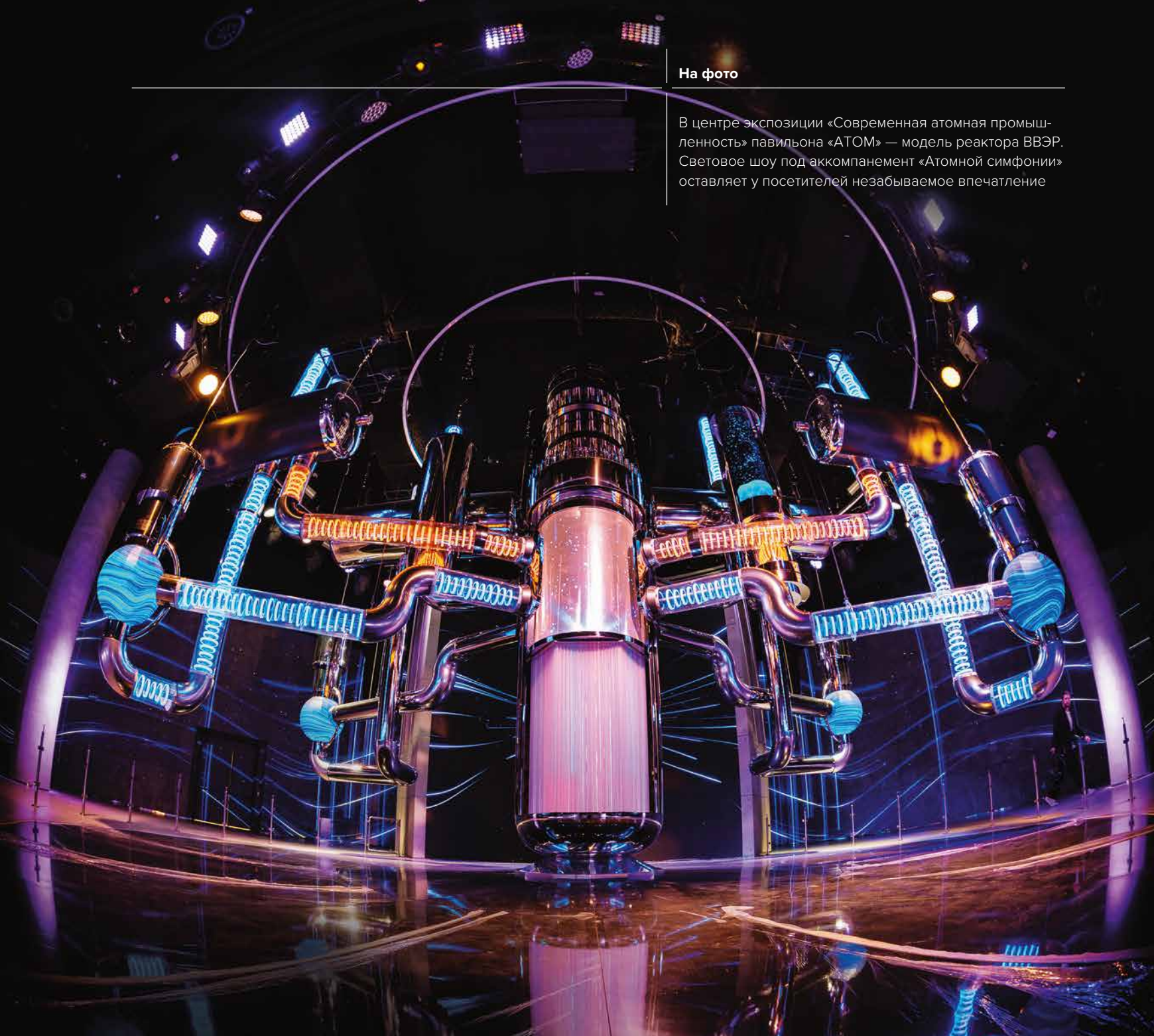
Цифровизация

В апреле Топливная компания Росатома представила рынку технологическую платформу «АтомМайнд», которая помогает осуществлять комплексную цифровизацию процессов управления и производства. Система прогнозирует и предотвращает отказы оборудования, определяя вероятность аномалий еще до того, как они повлияют на ход производства. Она позволяет управлять качеством готовой продукции за счет анализа факторов, влияющих на характеристики изделий, прогнозирования возможных отклонений на основании данных от оборудования и рекомендаций по корректировке технологических параметров производственных процессов для пользователей. Искусственный интеллект поддерживает процессы принятия решений пользователей и предоставляет результаты обработки машинных данных, аналитику и рекомендации в простом, управляемом и наглядном формате. «АтомМайнд» — это полностью импорто-независимое решение, благодаря чему оно было включено в реестр отечественного программного обеспечения.

Информационная система поддержки эксплуатации атомной станции введена в ноябре в промышленную эксплуатацию на пяти АЭС концерна «Росэнергоатом»: Балаковской, Белоярской, Кольской, Ростовской и Смоленской. Система объединяет все жизненно важные процессы, связанные с оборудованием атомных станций, — процессы оперативной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, инженерной поддержки, управления ресурсами и документацией. Система позволяет осуществлять сбор данных о различных объектах, обеспечивать поддержку эксплуатации АЭС, используя цифровую систему контроля производства, дает возможность оптимизировать производственные процессы. Она интегрирована с другими ИТ-системами «Росэнергоатома». С помощью системы можно формировать годовые графики ремонтов оборудования, вводить работников в наряды, осуществлять оперативное и перспективное планирование, готовить акты выполненных работ. Использование системы позволит повысить эффективность работы станций и снизить удельные затраты на выработку электроэнергии.

«Русатом Инфраструктурные решения» разработал ИТ-решение для предприятий, которые на постоянной основе ведут экологический мониторинг, а также регулярно отчитываются об объемах выбросов парниковых газов. Это цифровой модуль экологического мониторинга, который позволяет автоматизировать сбор и анализ различной информации по выбросам и при необходимости передавать ее в регулирующие органы.

В центре экспозиции «Современная атомная промышленность» павильона «АТОМ» — модель реактора ВВЭР. Световое шоу под аккомпанемент «Атомной симфонии» оставляет у посетителей незабываемое впечатление



Павильон «АТОМ»

У атомной промышленности в Москве появился свой дом, в который может попасть любой желающий. 4 ноября на ВДНХ открылся павильон «АТОМ», представляющий крупнейшую в России и самую современную экспозицию, посвященную использованию ядерных технологий. Открытие комплекса было приурочено к старту Международной выставки-форума «Россия». До 12 апреля 2024 года вход в «АТОМ» будет бесплатным. Новое здание было построено по уникальному архитектурному проекту. Павильон состоит из семи этажей — трех подземных и четырех надземных. Общая площадь павильона превышает 25 тыс. м², в нем могут находиться более 2 тыс. посетителей одновременно. На крыше павильона оборудована единственная на ВДНХ смотровая площадка. Экспозиция рассказывает об истории атомной промышленности и применении ядерных технологий в наше время — от прошлого через настоящее к будущему.

Текст: Сергей Петровский
Фото и инфографика: МАГАТЭ

МАГАТЭ: поводы для сдержанного оптимизма

Два сценария развития атомной энергетики до 2050 года

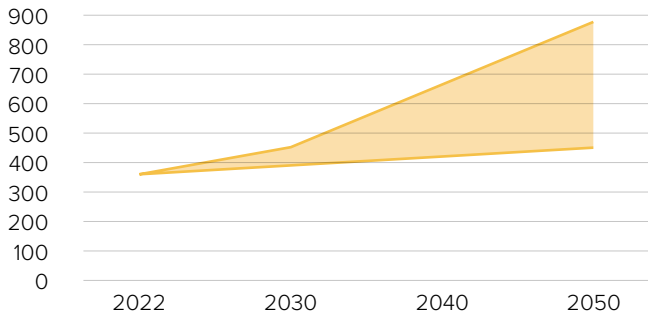
Международное агентство по атомной энергии уже третий год подряд пересматривает свои сценарии темпов глобального роста атомной энергетики в сторону повышения (в 2021 году агентство повысило свои оценки развития отрасли впервые с момента аварии на АЭС «Фукусима» в Японии в 2011-м). МАГАТЭ ежегодно публикует прогнозы уже более 40 лет. Агентство подчеркивает, что в течение последнего десятилетия атомная энергетика развивалась в соответствии с прогнозами, представленными в предыдущих выпусках доклада.

В представленном осенью 2023 года докладе МАГАТЭ рассматривает два варианта — высокий и низкий,

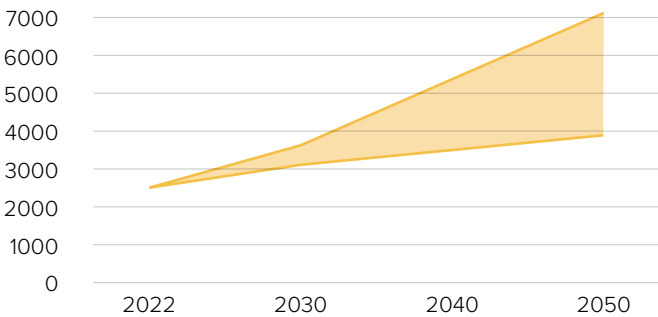
не анализируя весь диапазон возможного развития событий между этими двумя вариантами. Согласно прогнозу, установленная мощность атомной энергетики в мире вырастет как минимум на четверть к 2050 году по сравнению с 2020-м, так как «все большее число стран обращается к этому чистому и надежному источнику энергии для решения задач в области достижения энергетической безопасности, борьбы с изменением климата и обеспечения экономического развития». В случае реализации высокого сценария установленная мощность вырастет вдвое.

Оценки, зафиксированные в низком сценарии, допускают, что текущие тенденции, которые относятся к технологиям, ресурсам, политике и законодательству в сфере атомной энергетики, не будут претерпевать существенных изменений. Это консервативный и реалистичный прогноз, не предполагающий, что

Мировые генерирующие мощности атомной энергетики, ГВт (эл.)



Мировое производство электроэнергии на АЭС, ТВт·ч



Прямая речь



Рафаэль Гросси

Генеральный директор МАГАТЭ:

— Неправильно ставить вопрос: ядерная энергия *или* возобновляемые источники энергии. Такие ложные концепции вредят всем, особенно когда речь идет о создании справедливой и благоприятной инвестиционной среды. Мы пока еще не имеем равных условий. А чтобы было именно так, решения должны приниматься на основе технологически нейтральной точки зрения, подкрепленной наукой, фактами и доказательствами.

все заявленные на данный момент намерения разных стран будут выполнены. Высокий сценарий гораздо более амбициозен, но вполне осуществим. Он не рассматривает конкретные пути развития энергетических систем и процессов энергоперехода, но интегрирует выраженные намерения стран по расширению использования атомной энергетики. С учетом изменений энергетического ландшафта, происходящих в последние годы, ряд государств пересматривают свою политику в сторону увеличения доли атомной энергетики в энергобалансе.

Смягчение последствий изменения климата является ключевым фактором поддержания на текущем уровне (как минимум) и расширения использования атомной энергии. По данным МЭА, энергия атома позволила избежать выбросов около 70 гигатонн CO₂ за последние 50 лет.

«Изменение климата является важным фактором, но и надежность энергоснабжения не менее важна, — заявил генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Гросси, описывая причины улучшения прогноза. — Многие страны продлевают срок службы существующих реакторов, рассматривают возможность сооружения реакторов усовершенствованной конструкции или уже начинают их строительство, а также изучают потенциал малых модульных реакторов, в том числе для применений, не связанных с производством электроэнергии». Предполагается, что атомная энергия может играть важную роль в декарбонизации, обеспечивая не только выработку зеленой электроэнергии, но и производство низкоуглеродной тепловой энергии или водорода для промышленного и транспортного секторов.

В настоящее время около двух третей атомных энергетических реакторов находятся в эксплуатации уже более 30 лет, это вызывает необходимость ввода значительного количества энергоблоков для компенсации выбывающих мощностей в долгосрочной перспективе. В этом направлении происходят положительные изменения в ряде регионов и стран с крупными парками АЭС: программы по продлению срока эксплуатации реализуются для все большего числа реакторов. Однако все еще сохраняется неопределенность в отношении дальнейшей судьбы значительной части энергоблоков, которые планируется вывести из эксплуатации в ближайшие десятилетия. В этой связи важно учитывать изменения генерирующего потенциала в каждом регионе с учетом специфических факторов, подчеркивается в докладе МАГАТЭ.

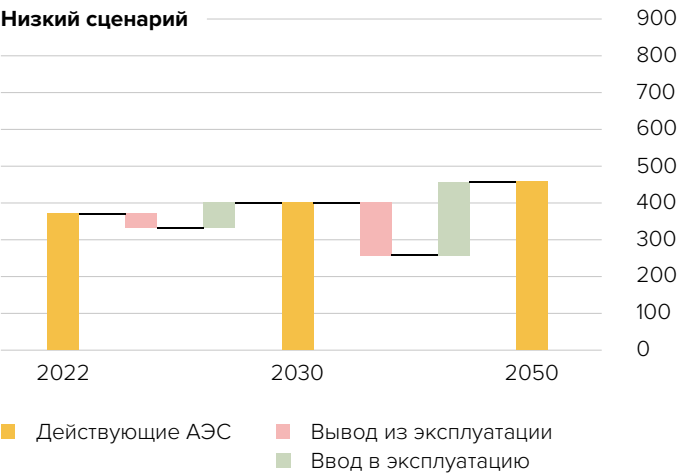
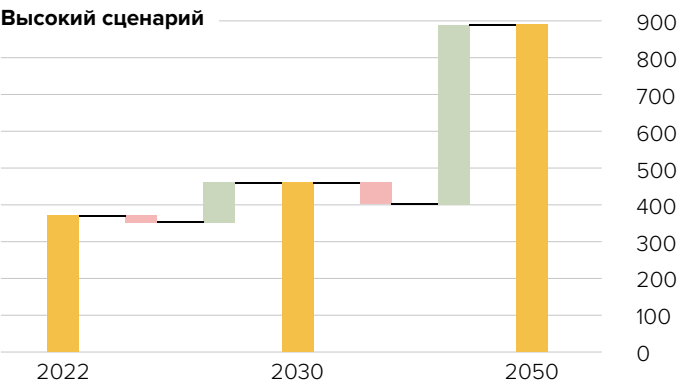
В начале декабря в ходе COP28 в Дубае более 20 стран с четырех континентов выступили с декларацией о том, что для достижения климатических целей необходимо утроить мощности атомной энергетики к 2050 году, и взяли на себя ряд соответствующих обязательств (пока достаточно формальных). Тем не менее это дает дополнительные основания предполагать, что осуществление высокого сценария МАГАТЭ станет более вероятным.

Подробности

Ключевые выводы, отраженные в прогнозе МАГАТЭ

- Ожидается, что общее производство электроэнергии в мире увеличится по сравнению с уровнем 2022 года примерно на 20% к 2030-му и примерно на 80% к 2050-му.
- В соответствии с высоким сценарием ожидается увеличение производства атомной электроэнергии от уровня 2022 года примерно на 40% к 2030-му и почти в три раза к 2050-му. Ожидается, что доля атомной энергетики в общем производстве электроэнергии увеличится к середине века более чем на пять процентных пунктов.
- В соответствии с низким сценарием ожидается увеличение производства атомной электроэнергии по сравнению с уровнем 2022 года примерно на 24% к 2030-му, а к 2050-му этот показатель увеличится до 53%. Доля атомной энергетики в общем объеме производства электроэнергии снизится примерно на полтора процентных пункта.

Мировые мощности атомной энергетики (действующие, вывод из эксплуатации, ввод в эксплуатацию), ГВт (эл.)



Текст: «Вестник атомпрома»
Фото: АО АСЭ

На лидирующих позициях

1 ноября 2023 года энергоблок № 2 Белорусской АЭС
принят в промышленную эксплуатацию

Белорусская АЭС построена по проекту Росатома (генеральный проектировщик и генеральный подрядчик — инжиниринговый дивизион госкорпорации). Энергоблоки ВВЭР-1200 Белорусской АЭС стали первыми объектами атомной электроэнергетики новейшего поколения III+, сооруженными по российским технологиям за рубежом, они соответствуют всем постфукусимским требованиям по безопасности. Сейчас эксплуатируются уже шесть энергоблоков на базе реакторов ВВЭР-1200: четыре — в России (по два на Ленинградской и Нововоронежской АЭС) и два — в Республике Беларусь. Активное строительство АЭС по российской технологии идет также в Бангладеш, Венгрии, Египте, Турции и Китае.

Строительство Белорусской АЭС стало самым высокотехнологичным и масштабным проектом сотрудничества Росатома с Республикой Беларусь. Ввод в эксплуатацию двух энергоблоков ВВЭР-1200 Белорусской АЭС позволит существенно повысить экономическую и энергетическую безопасность страны и выведет ее в число мировых лидеров по доле атомной генерации в общем энергобалансе. С выводом блока № 2 на полную мощность Белорусская АЭС будет обеспечивать около 40% потребностей страны в электроэнергии. Сейчас только у пяти стран мира — Франции, Словакии, Венгрии, Бельгии и Словении — доля электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, превышает 40%.

Российский проект Белорусской АЭС обладает рядом преимуществ, существенно повышающих его экономические характеристики и безопасность. Главной его особенностью является уникальное сочетание активных и пассивных систем безопасности, обеспечивающих максимальную устойчивость АЭС к внешним и внутренним воздействиям.

Каждый энергоблок оснащен ловушкой расплава — устройством для локализации расплава активной зоны ядерного реактора, а также другими пассивными системами безопасности, способными работать в ситуации полного отсутствия энергоснабжения без участия операторов. Кроме того, мощность реакторной установки увеличена на 20%, проектный срок службы основного оборудования увеличен в два раза — с 30 до 60 лет с возможностью продления эксплуатации еще на 20 лет. Проект отвечает всем требованиям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), нормам по безопасности, природоохранному и санитарно-гигиеническому законодательству Республики Беларусь.

Введение в энергобаланс Беларуси атомной электроэнергетики позволит существенно улучшить экологическую обстановку в стране. Благодаря Белорусской АЭС будет достигнуто существенное снижение выбросов парниковых газов — до 7 млн тонн в эквиваленте CO₂.

Проект Белорусской АЭС позволил объединить научные и инженерные школы, десятки предприятий и тысячи специалистов двух стран, содействовал укреплению производственного и научно-технологического потенциала Союзного государства. В сооружении АЭС приняли участие около 40 белорусских и российских организаций. В пик возведения станции на площадке было задействовано более 9 тыс. строителей.

Строительство Белорусской АЭС дало импульс экономическому и социальному развитию всего региона ее размещения — Гродненской области. С момента начала строительства население города-спутника Островца увеличилось почти в два раза и сейчас составляет более 14 тыс. человек, там построены жилые дома, школы, детские сады, медицинские учреждения и вся необходимая социальная инфраструктура.



Алексей Лихачев

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»:

— Сотрудничество России и Республики Беларусь в атомной сфере носит всеобъемлющий стратегический характер и охватывает ключевые направления, обеспечивающие энергетическую безопасность наших государств. Создана необходимая нормативно-правовая база для активного развития и углубления интеграционных процессов в энергетике, синхронизирована работа энергосистем, реализованы важные совместные проекты, и строительство Белорусской АЭС стало крупнейшим из них.



Виталий Полянин

Вице-президент АО АСЭ, руководил проектом по сооружению Белорусской АЭС:

— Второй энергоблок ВВЭР-1200 Белорусской АЭС, самый современный и безопасный, передан в промышленную эксплуатацию. Белорусская АЭС стала первой ласточкой развития наших технологий поколения III+ за рубежом. Оба энергоблока Белорусской АЭС выдают в энергосистему страны киловатты энергии и уже доказали свою надежность. Успешная и своевременная реализация проекта сооружения АЭС стала возможной благодаря совместной, слаженной работе российских и белорусских специалистов. Уверен, что наша АЭС в Беларуси станет примером для многих потенциальных зарубежных партнеров Росатома. Сегодня сооружение энергоблоков ВВЭР-1200 уже идет в Бангладеш, Венгрии, Египте, Турции и Китае.



Сергей Щеклеин

Заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета:

— Энергетика — одна из ведущих отраслей экономики Республики Беларусь. Установленная мощность всех белорусских электростанций — порядка 10 ГВт. Ввод второго блока Белорусской АЭС позволит за счет атомной генерации получать целых 2,4 ГВт, то есть более чем на четверть увеличить производство электроэнергии за счет не ископаемого, а ядерного топлива. По выработке энергии доля будет еще больше. По оценкам специалистов, она достигнет 40%, потому что АЭС работают в базовом режиме, то есть производят энергию на одном и том же уровне мощности на протяжении всего года. Это очень большой вклад в развитие экономики Беларуси, ее энергетическую безопасность. Ввод АЭС укрепляет связи с РФ, так как проект российский и вопросы обслуживания станции, обращения с ОЯТ будут решаться в едином стандарте с российской стороной. Поэтому оценку ввода Белорусской АЭС можно дать только положительную.

Теперь о самом проекте. На территории Беларуси реализован один из самых передовых в мире проектов энергоблоков — поколения III+. Это проект, обладающий полной системой обеспечения безопасности как при нормальной эксплуатации, так и при

возникновении различных нештатных ситуаций (таких, как обесточивание станции, выход из строя оборудования, и других): конструкция станции обеспечит невозможность выхода вредных радиоактивных и химических веществ за ее пределы. Имеется полный набор систем пассивного аварийного охлаждения: устройства локализации расплава, гермооболочки, резервные системы технического водоснабжения. Иными словами, станция отвечает самым высоким требованиям, декларированным МАГАТЭ.

Российские технологии шагнули за пределы нашей страны и показывают там высокий уровень безопасности и эффективности, что уже продемонстрировал первый блок Белорусской АЭС. Это большое достижение нашей атомной отрасли, признание того, что все вопросы, связанные с обеспечением безопасности атомной электростанции и экономической эффективности, решены на самом высоком уровне.

Для Росатома это референтный проект, что важно, так как строительство и эксплуатация атомной станции за рубежом — это всегда сложная задача. Теперь на территории Беларуси появился такой объект, и мы всегда можем сказать, что способны обеспечивать надежную эксплуатацию, а это является своеобразным трамплином для развития международных поставок оборудования из России. Сегодня Росатомом строятся АЭС в разных странах мира — в Турции, Бангладеш, Египте и других — по тому же проекту, что и Белорусская АЭС. Опыт, который приобретен при эксплуатации белорусской станции, будет использоваться при эксплуатации аналогичных блоков в других странах.

инфраструктуры (а пример «Северных потоков» показывает, что транспортировка ископаемого топлива — это дополнительные риски в топливно-энергетическом комплексе) источник электрической энергии.

Атомная электростанция — это очень важный элемент энергосистемы любой страны. В частности, выработка энергии на АЭС позволит Беларуси стать экспортером электроэнергии и повысит устойчивость промышленности в условиях политической нестабильности.

Немаловажным плюсом работы АЭС в Беларуси является и снижение выбросов парниковых газов — все большим количеством развитых стран признается принадлежность АЭС к зеленым источникам энергии. Для наших белорусских коллег это, вероятно, очень важный фактор, поскольку до 2020 года более 99% всей энергосыработки в стране приходилось на тепловые станции.

С вводом в промышленную эксплуатацию второго блока Белорусской АЭС Росатом фактически завершил строительство первой зарубежной АЭС с реакторами ВВЭР-1200 поколения III+. Это яркое доказательство

того, что Россия является бесспорным мировым лидером в области энергетических ядерных технологий.

С точки зрения позиций Росатома на мировом рынке сооружения атомных станций этот проект можно безусловно считать отличной рекламой для стран — партнеров госкорпорации. К сожалению, на мировом

рынке ядерных технологий сейчас больше политики, чем инженерии, но для подавляющего числа стран предложения Росатома не имеют аналогов ни по стоимости, ни по техническому уровню. Поэтому вполне ожидаемо, что ряд «сомневающих» стран-новичков выберет для вхождения в мир атомной энергии российские проекты.



Георгий Тихомиров

Заместитель директора Института ядерной физики и технологий НИЯУ «МИФИ»:

— Позиции Росатома на мировом рынке строительства атомных электростанций сегодня очень устойчивы. Помимо Белорусской АЭС Росатомом сегодня за рубежом реализуется еще целый ряд проектов, насчитывающих в общем портфеле более 30 энергоблоков. И те проекты, которые сегодня находятся в активной фазе, — «Аккую» в Турции, «Руппур» в Бангладеш и другие, — все это говорит о том, что российские атомные технологии востребованы. Это достойное продолжение советской истории, которая началась

не вчера: более 40 атомных энергоблоков надежно работают в разных странах мира, и мы совершенствуем проекты исходя из правил МАГАТЭ. Поэтому ввод Белорусской АЭС — это очередное достижение Росатома, позволяющее уверенно смотреть в будущее.

У атомной энергетики огромное преимущество — она требует маленьких объемов топлива, что означает возможность обеспечить энергоснабжение на длительную перспективу, на десятилетия вперед, независимо от колебания цен на органическое топливо. В результате Беларусь получила надежный источник электроэнергии, который позволит им развивать свою промышленность и экономику. Сегодня можно уверенно говорить, что у нас есть набор реализованных проектов реакторов поколения III+ с повышенным уровнем безопасности, и Росатом сегодня является лидером в практическом применении подобных высоких технологий.



Артём Наймушин

Начальник учебно-научного центра «Исследовательский ядерный реактор» Томского политеха:

— Открытие и пуск в эксплуатацию Белорусской АЭС — это событие, важное не только для энергосистемы Республики Беларусь, но и для всех стран ЕАЭС. Сейчас на высшем уровне обсуждается вопрос объединения энергосистем России и Беларуси в рамках договора о единой энергосистеме Союзного государства, которые и без этого уже синхронизированы и позволяют осуществить «перетоки» между государствами. В перспективе, если будет сформирован единый рынок электроэнергии между Россией, Беларусью, Арменией, Казахстаном и Киргизией, Белорусская АЭС может стать важным участником энергосистемы региона.

Кроме того, необходимо понимать, что атомная электростанция — это стабильный, не зависящий от погодных условий и состояния логистической

и накопителями тепла, а также увеличения инерционности тепловых контуров теплосетей для использования эффектов суточных колебаний нагрузки. В целом задача выглядит интересной и вполне выполнимой с учетом уровня технологического развития и культуры эксплуатации коммунального хозяйства Республики Беларусь.

— Вывод на полную проектную мощность Белорусской АЭС (два энергоблока по 1200 МВт) позволит покрыть до 40% электропотребления страны. При этом ввод атомной станции влияет не только на электроэнергетику, но и на энергобаланс страны в целом. Ввод АЭС позволит начать выводить из эксплуатации старые и наименее эффективные паросиловые блоки на Лукомльской и Березовской ГРЭС, что позволит снизить импорт природного газа на треть, или на 5–6 млрд м³ в год, а также частично заместить газовое отопление электрическим в системах ЦТС городов.

Наиболее сложная техническая задача, стоящая перед белорусскими энергетиками, — «поженить» изменившиеся электрические и тепловые режимы работы ТЭЦ Минска и других крупных городов страны для работы в паре с базовой генерацией АЭС в периоды высоких тепловых нагрузок, что, возможно, потребует дооборудования ТЭЦ электродотлами



Текст: Александра Гуркина, Милена Серкебаева
Иллюстрации сгенерированы с помощью нейросети Midjourney

Моральный кодекс для роботов

Этические проблемы, которые ставит эпоха бурного развития искусственного интеллекта

В прошлом веке дискуссии о том, представляют ли опасность для человечества высокоинтеллектуальные машины, вели в основном писатели-фантасты. Теперь к ним подключились и ученые, и практики — и не только из сферы ИТ.

Авторитетный словарь английского языка Collins назвал словом 2023 года Artificial Intelligence (AI), то есть искусственный интеллект (ИИ), в значении «тип компьютерной технологии, направленный на создание устройств, действующих подобно тому, как работает человеческий разум». Филологи отметили, что в 2023 году это словосочетание употреблялось в четыре раза чаще, чем ранее. В свою очередь, Кембриджский словарь английского языка объявил словом года глагол hallucinate — «галлюцинировать». Нюанс заключается в том, что редакторы словаря имеют в виду новое значение, связанное именно с процессами, при которых ИИ предоставляет пользователю ложную информацию.

Все это не в последнюю очередь вызвано тем, что технологии, связанные с искусственным интеллектом, в уходящем году не только развивались быстрыми темпами, но и впервые буквально ворвались в повседневную жизнь обычного неподвижного пользователя, продемонстрировав совершенно новые возможности и области применения. Причем, согласно некоторым утверждениям, это произошло достаточно неожиданно для самих разработчиков. Сейчас программы ИИ могут применяться практически везде, где необходимо создание текстов или изображений. Предполагается, что вскоре они смогут заменить человека при выполнении целого ряда различных задач в юриспруденции, создании технической документации, иллюстраций, произведений искусства и во многих других областях.

Проблема в том, что с увеличением финансирования разработок технологий ИИ со стороны государства и бизнеса, а также с ростом влияния этих технологий на общество возникают все более острые этические вопросы. Рассказываем, как российские исследователи смотрят на проблемы этического регулирования в сфере искусственного интеллекта.

Подробности

Год ИИ

В 2023 году произошел стремительный рост технологий генеративного искусственного интеллекта — алгоритмов, способных создавать новый контент, включая текст, программный код, музыку, видео и изображения. Самую широкую известность среди подобных продуктов получил ChatGPT, который был запущен ровно год назад, 30 ноября 2022-го. По данным международной консалтинговой компании McKinsey, уже треть компаний по всему миру регулярно используют генеративный ИИ для решения бизнес-задач, несмотря на то что его массовое распространение произошло лишь недавно. Число активных пользователей ChatGPT достигло 180,5 млн человек к августу текущего года (за пять дней после релиза чат-бота им воспользовался 1 млн человек, к январю 2023-го количество пользователей составило 100 млн, что дало основания называть ChatGPT самым быстрорастущим приложением в истории). Однако быстрое распространение технологий ИИ влечет за собой явные риски этического характера. В частности, практика использования ChatGPT показала, что он может цитировать несуществующие судебные прецеденты, а также выдавать дискриминирующие и предвзятые в отношении определенных групп людей ответы.

С целью нахождения баланса между возможностями и рисками применения ИИ в последние месяцы во многих странах проводятся экспертные обсуждения, посвященные регулированию в области ИИ, в том числе с точки зрения этики. Россия не стала исключением. На международной конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта», прошедшей в ноябре 2023 года, о регулировании в сфере ИИ рассуждали представители бизнеса, науки и государства. Для нашей страны это важная тема: Россия занимает четвертое место по количеству систем генеративного искусственного интеллекта, о чем на конференции заявил заместитель председателя правительства РФ Дмитрий Чернышенко.

Большая ответственность в этой сфере лежит на разработчиках, так как в ходе работы над улучшением безопасности ИИ-систем можно узнать о всех возможных способах, которыми можно эти системы обмануть, отметил директор Национального центра развития искусственного интеллекта при правительстве РФ Сергей Наквасин. «Таким образом, разработчик может стать страшным человеком: он знает, и как обмануть искусственный интеллект, и какие лазейки еще не перекрыты. Если эта информация утечет, например, в даркнет, то после этого мы станем очень уязвимы к действиям систем ИИ», — подчеркнул эксперт.

Потенциал искусственного интеллекта можно и нужно использовать на пользу человечеству. ИИ не заменит, например, врача или педагога, но его можно использовать в качестве надежного помощника для решения прикладных задач в сфере медицины и образования, а также финансов, государственного управления и многих других.

Шесть этических принципов пользователя ИИ, предложенных группой исследователей российского Университета Иннополис

1. Я верю, что разработчики стараются создать максимально безопасные системы искусственного интеллекта, и чем точнее я следую их рекомендациям, тем защищеннее себя чувствую.
2. Мое взаимодействие с ИИ-системами — это взаимодействие с людьми, которые их создали/оставили там свои данные.
3. Я понимаю, что, вопреки усилиям разработчиков, иногда информация в ИИ-системе может быть некорректной или устаревшей.
4. Я осознаю, что ответ ИИ-системы может меня не устроить: я мог ввести некорректный запрос или не понять ответ. Разработчики не несут за это ответственности.
5. Работая в ИИ-системах, я не допускаю унижения других людей в отношении их расы, возраста, пола, состояния здоровья, отношения к религии.
6. Если система ИИ в чем-то противоречит моим культурным убеждениям, я не рассматриваю это как намеренное оскорбление.

В рамках Форума этики в сфере искусственного интеллекта, также состоявшегося в ноябре, руководители ведущих российских исследовательских центров ИИ поделились своим видением регулирования в области современных компьютерных технологий.

ИИ — щит или меч?

Ряд исследователей считает, что этические проблемы связаны скорее не с самой технологией ИИ, а с его применением. «Например, генеративные модели могут быть использованы для разработки фармацевтических препаратов, сократив время исследований и опытов. Однако те же технологии могут быть применены в создании оружия. Также с помощью нейронных сетей можно восстанавливать картины, а можно создавать фальшивые изображения для манипуляций», — подчеркнул директор Института искусственного интеллекта и цифровых наук НИУ ВШЭ Алексей Масютин. Он отметил, что этические аспекты пока не являются встроенными характеристиками искусственного интеллекта. По мнению ученого, работу по этическим вопросам специалисты должны проводить на ранних этапах разработки и использования ИИ.

К числу этих специалистов должны быть в первую очередь отнесены представители гуманитарных наук (философы, психологи, специалисты в области права

и др.), такое мнение выразил директор Института системного программирования РАН Арутюн Аветисян и призвал их активно включиться в работу: «Вряд ли можно ожидать от человека, создающего технологию, будь то биолог, атомщик или аййтишник, что он сам выработает этические требования, которыми все будут следовать. Социогуманитарные науки, подключайтесь! Но не в «космическом пространстве», а базируясь на реальных возможностях науки». В этом смысле можно провести параллель между ИИ и атомными технологиями, отметил спикер: «Люди, которые создавали атомную бомбу, тоже делали технологию. Уже потом выяснилось, что сфера применений атомных исследований гораздо шире, что можно получать атомную энергию. Сугубо из личных побуждений кто-то мог отказаться от разработок, и это нормально».

Противоположную точку зрения отстаивал руководитель Лаборатории машинного обучения и семантического анализа Института искусственного интеллекта МГУ им. М. В. Ломоносова Константин Воронцов. По его мнению, мораль и этика неразрывно связаны с деятельностью ученых: «У каждого ученого должна быть какая-то идеология. Он должен четко определить для себя, зачем он занимается наукой, и ответить на вопрос: я создаю возможности или устраняю угрозы?» Ученый призвал задуматься над тем, на что именно направлены усилия исследователей и приносят ли они пользу обществу. «Мы для себя в Лаборатории

решили очень жестко. Мы щитом занимаемся, а мечом нет»,— заключил Константин Воронцов.

По мнению исполнительного директора «Платформы Национальной технологической инициативы» («Платформа НТИ») Андрея Силинга, глубина и масштаб изменений в мире требуют от ученых особого обсуждения этических аспектов. Ученый приводит в пример работу над этическим кодексом в сфере российской биотехнологии в рамках «Архипелага-2023» (проектно-образовательный интенсив по запуску новых рынков, инициатив и отраслей.— *Прим. ред.*): «Этический кодекс биотехнолога, который был разработан множеством специалистов, опирается на клятву Гиппократы. А это исключительно персональное отношение специалиста с этикой».

Понять ИИ простить

В рамках обсуждения этических вопросов, связанных с ИИ, важно понимать еще одну его особенность — data-центричность, подчеркнул Арутюн Аветисян. Data-центричность означает, что результат работы ИИ будет зависеть от того, на каких данных он обучался. «Данные могут устаревать или быть нерепрезентативными, вследствие чего ИИ может выдавать недостоверную или даже дискриминирующую информацию. Проблема в том, что ни в России, ни в мире пока нет технологий, которые могли бы с точностью оповещать пользователя об уровне достоверности

информации, которую выдает ИИ»,— подчеркнул исследователь.

В связи со сложностью введения государственных стандартов для ИИ на данном этапе развития, ряд исследователей предлагает регулировать технологию за счет повышения осознанности пользователей. Разработка и популяризация этических принципов пользователя — часть работы Института искусственного интеллекта Университета Иннополис, подчеркнул его руководитель Рамиль Кулеев. «Если проводить параллели с другой областью, например с правилами дорожного движения, то в первую очередь приходит на ум, что должен или не должен делать водитель, чтобы не навредить себе и окружающим. Но есть же и другая, оборотная сторона. И на уровне детского сада или младшей школы каждый знает, что на красный свет нельзя переходить дорогу»,— объяснил эксперт. По его словам, помимо этики разработчиков ИИ, внимание нужно уделять и тому, как воспринимают ИИ пользователи.

Этика под натиском технологий

Специфика искусственного интеллекта заключается в том, что он является сквозной технологией, то есть пронизывает почти все сферы человеческой деятельности. «Проникновение искусственного интеллекта в различные технические системы уже сейчас потрясает воображение, и завтра оно будет практически повсеместным. Все новые продукты и технические системы собираются из пакета сквозных технологий»,— подчеркнул исполнительный директор «Платформы НТИ» Андрей Силинг.

По мнению ученого, для того чтобы эффективно регулировать такую сложную и масштабную технологию, необходима опережающая просветительская работа. «Мне кажется важным добиваться понимания между предметными специалистами и теми, кто отвечает за координацию, регулирование и принятие решений. Ученым необходимо в понятной форме доносить до широких кругов общественности актуальные тренды, связанные с искусственным интеллектом»,— отметил Андрей Силинг. В качестве примера эксперт упомянул документ, разработанный Стэнфордским университетом,— Stanford Emerging Technology Review (STER), где раскрываются возможности и угрозы для человечества десяти ключевых современных технологий, включая искусственный интеллект.

Эксперты были единогласны в том, что технологический прорыв в сфере искусственного интеллекта неизбежен. «В современном мире ни обычаи, ни «ходовые» нормы морали не в силах противиться натиску технологий. В рамках подобных обсуждений хотелось бы понять, можем ли мы надеяться на развитие технологий искусственного интеллекта в гармонии с этическими нормами и ценностями»,— подчеркнул руководитель проектов Центра экспертизы по реализации федерального проекта «Искусственный интеллект» Аналитического центра при правительстве Российской Федерации Сергей Астахов.

Подобности

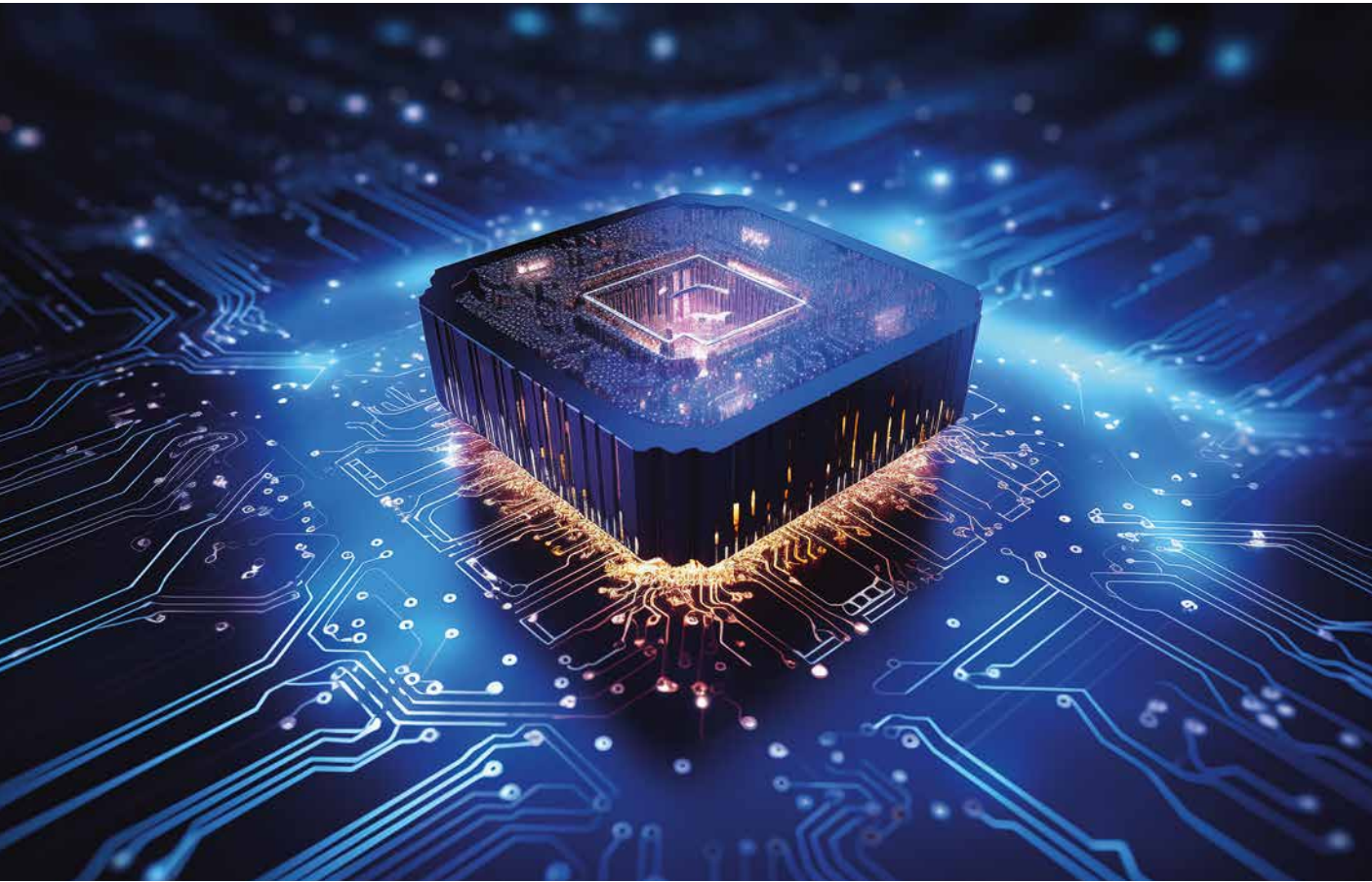
Умная машина: друг или враг?

В конце ноября 2023 года всю мировую ИТ-индустрию потрясла довольно загадочная история увольнения и последовавшего через четыре дня восстановления в должности Сэма Альтмана. Это генеральный директор OpenAI, компании, создавшей тот самый ChatGPT — инструмент, который оставил далеко позади всех конкурентов. Одна из версий произошедшего выдвинута в статье агентства Reuters. В публикации говорится, что причиной увольнения стало письмо группы сотрудников совету директоров OpenAI, предупреждающее о новой разработке в сфере искусственного интеллекта, которая потенциально способна угрожать будущему человечества. Некоторые сотрудники OpenAI считают, что проект Q* (произносится как Q-Star) может стать прорывом на пути к созданию так называемого общего, или универсального, искусственного интеллекта (AGI). OpenAI определяет AGI как автономные системы, которые превосходят людей в решении большинства ценных с экономической точки зрения задач.

По словам источника Reuters, новая модель смогла решить некоторые математические задачи. Пока Q* делает это с использованием огромных вычислительных ресурсов и только на уровне учеников начальной школы, но успешное выполнение таких тестов открывает перед искусственным интеллектом перспективы, которые ранее сложно было представить. Исследователи считают, что математика — это передовой рубеж развития генеративного ИИ. В настоящее время он хорошо умеет писать и переводить тексты — статистически предсказывая следующее слово, поэтому ответы на один и тот же вопрос могут значительно отличаться. Но продвижение в способности решать математические задачи, в которых обычно есть только один правильный ответ, подразумевает, что у ИИ могут появиться более широкие способности к рассуждению и обобщению, напоминающие человеческий интеллект. В целом способность находить единственный правильный ответ, то есть отличать истинные утверждения от ложных, должна помочь ИИ преодолеть тот барьер, который пока оказался не под силу ChatGPT.

Главная проблема при использовании генеративного ИИ пока заключается в том, что он может очень логично вплетать в свой контент недостоверную информацию, а также формально корректные, но лишённые смысла фрагменты. Сэм Альтман лично предостерегал пользователей: «Это ошибка — полагаться на ChatGPT в чем-то важном. Пока это только прообраз прогресса, нам предстоит много поработать над его «устойчивостью к помехам» и точностью».

Сегодня многие задаются вопросом, куда нас приведет триумфальное шествие ИИ, которое мы наблюдали в уходящем году. Илон Маск назвал публикацию Reuters «крайне беспокоящей». Ряд исследователей говорят о том, что развитие ИИ идет темпом «быстрее экспоненциального» и в ближайшие годы в этой сфере нас ждет прогресс, который пока даже невозможно представить, в том числе появление «сверхразума». Главное, чтобы этот «сверхразум» не решил, что существование человечества противоречит его собственным интересам.



Текст: Наталия Фельдман
Фото: Калининская АЭС / Евгений Фадин, личный архив Владимира Кондратьева, ПАО «НЗХК», газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров

Секретность vs традиция

Почему ледокол атомный, а топливо ядерное?



На фото

Энергию мы можем называть и атомной, и ядерной, это синонимы, но для станций, где она вырабатывается, в русском языке закрепилось только слово «атомные»

Как появилась речь и почему за тем или иным словом закрепилось конкретное название — это то, что, пожалуй, интересует каждого из нас. И самые захватывающие истории в лингвистике — это исследования о возникновении и изменении значений слов, их жизни в языке. Такие истории можно рассказать и об атомной лексике, и они интересны вдвойне. Дело в том, что изменения в языке происходят медленно, и не все из них можно отследить на протяжении одной человеческой жизни. А атомная отрасль в последние десятилетия развивается настолько активно,

что и специальной лексике пришлось «ускориться», и ее развитие мы можем наблюдать своими глазами, хотя основы, конечно же, были заложены в середине прошлого века, после старта советского атомного проекта. Об этом в том числе рассказывают посетителям Информационных центров по атомной энергии (ИЦАЭ) на лекториях и научно-популярных ток-шоу. Почему, например, ледоколы называют только атомными, а топливо — ядерным? Какие ассоциации вызывают эти прилагательные? И как любовь в песне группы Uma2rman стала атомной? Будем разбираться вместе.

На фото

Атомный ледокол «Ленин» на Диксоне. 1970-е годы



Совершенно секретно!

Все начиналось радужно: пока ядерной энергии не нашли практического применения, публикации о новых исследованиях и открытиях размещались в зарубежных научных журналах, ученые выступали на международных конференциях, активно и открыто обсуждали полученные результаты. «Нет ни малейшего намека на то, что ядерная энергия когда-либо будет получена человеком. Для этого атом должен быть расщеплен по нашей воле», — писал в 1933 году Альберт Эйнштейн. Но уже в 1939 году Отто Ган и Фридрих Штрассман опубликовали результаты опытов, подтверждающие возможность расщепления ядра урана, а в 1940 году советские ученые Константин Петржак и Георгий Флеров обнаружили спонтанное деление урановых ядер.

Ситуация резко изменилась в самом начале 40-х годов прошлого века. На исчезновение зарубежных научных статей, посвященных ядерной физике, обратили внимание и Леонид Квасников¹, советский разведчик, и Георгий Флеров², осенью 1941 года отправившийся в ополчение и оказавшийся на краткосрочных курсах для инженеров в Военно-воздушной академии. Оба пришли к одинаковому выводу: это означает, что разработки на Западе могут перейти в практическую плоскость.

В итоге советский атомный проект зарождался и развивался в обстановке строгой секретности. На лингвистическом уровне секретность выражалась несколькими способами — заменой существующих понятий и терминов на другие, возникновением личных имен у реакторов и других механизмов, начиная со знаменитой «Аннушки», активным использованием аббревиатур и прямым запретом на использование отдельных слов. Это относилось и к прилагательным «ядерный» и «атомный».

Занимательная статистика

Как лингвисты определяют, насколько часто то или иное слово встречается в языке и в речи? С помощью всем известных статистических методов, и один из них — подсчет частотности употребления, в том числе благодаря электронному Национальному корпусу русского языка, в котором собрана коллекция текстов на русском языке общим объемом более 2 млрд слов.

На основании таких подсчетов создаются частотные словари. Они позволяют увидеть, насколько часто

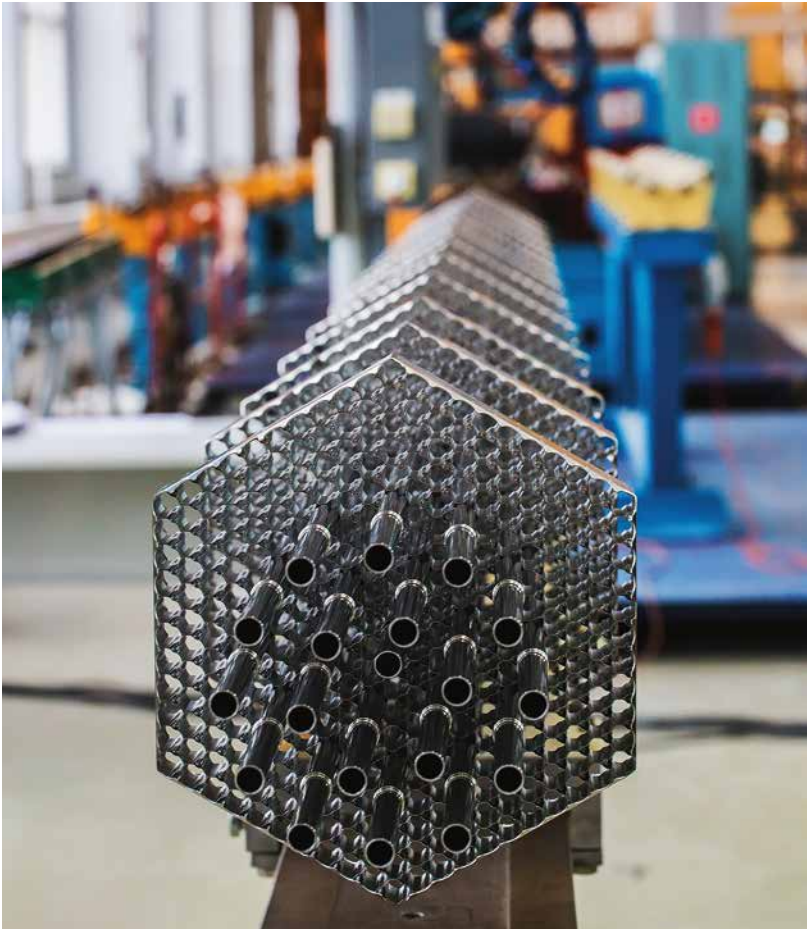
одно и то же слово использовалось в разных эпохах. Ниже приведена сравнительная таблица, в которой мы можем увидеть, как использовались прилагательные «атомный» и «ядерный» в разные периоды XX и в начале XXI века в художественных и публицистических текстах³ (единица измерения приведенных данных — ipm).

Ipm — это общепринятая в мировой практике единица измерения частотности, которая означает число употреблений на миллион слов текстового корпуса. В этой небольшой таблице мы можем найти сразу несколько закономерностей: во-первых, прилагательные «атомный» и «ядерный» используются довольно редко. Для сравнения: у глагола «быть» во всех формах ipm равен 12 160,7. Во-вторых, прилагательное «ядерный» по сравнению с прилагательным «атомный» в художественной литературе представлено незначительно, а вот в публицистических текстах, начиная с 1970-х годов, употребление этих прилагательных резко возросло. И причина — в общественно-политических факторах. Начиная с 60-х годов XX века в Советском Союзе атомная

¹Горобец Б. С., Квасникова Е. В. Атомный проект и советская разведка (1942–1945) // Россия и современный мир. 2008. С. 218–227.

²<https://strana-rosatom.ru/2023/03/02/pisma-inzhener-lejtenanta-k-110-letiju-so/>

³Ляшевская О. Н., Шаров С. А. Новый частотный словарь русской лексики. URL: <http://dict.ruslang.ru/freq.php>



отрасль стала активно развиваться. В 1954 году была запущена первая в мире АЭС — Обнинская атомная электростанция, в 1959 году сдан в эксплуатацию первый в мире атомный ледокол «Ленин».

Слово «ядерный» при этом воспринималось преимущественно в отношении военных технологий — вспомните устойчивые сочетания «ядерный взрыв» и «ядерный гриб» (не случайно в словосочетании «ядерный щит» употребляется именно оно). А прилагательное «атомный» отошло к мирным сферам (атомная станция и атомный ледокол). Дальше параллельно развивались два процесса — активное строительство атомных станций и атомных ледоколов и холодная война, предполагавшая в том числе наращивание ядерного арсенала. В 1986 году случилась Чернобыльская авария, из-за чего прилагательное «ядерный» стало активнее использоваться в публицистике и получило дополнительную негативную эмоциональную окраску. В русском языке прилагательные «атомный» и «ядерный» порой используются как синонимы, и именно из-за негативного значения слова «ядерный» чаще выбирают более стилистически нейтральное слово «атомный».

Коллокация и ассоциация

Под коллокацией лингвисты понимают относительно устойчивые, повторяющиеся сочетания слов — те,

которые встречаются в текстах с определенной частотой. От фразеологизмов их отличает относительная свобода сочетаемости и сохранение лексических значений отдельных единиц в составе этого сочетания, хотя варианты встречаются разные. Например, если взять словосочетания «атомный ледокол» или «атомный реактор», то они мало чем отличаются от обычных. А вот словосочетание «ядерный гриб» уже больше похоже на фразеологизм, потому что значение всего словосочетания не совпадает с суммой лексических значений его частей.

Образуются такие словосочетания-коллокации в процессе изменения значений слов, когда происходит переосмысление отдельных компонентов сочетания. Иногда процесс развивается под влиянием определенной традиции, иногда — по грамматической или лексической аналогии.

Дальнейшая судьба такого сочетания зависит от языка. Если это обозначение сложного устройства, нового механизма или процесса и оно оказалось удачным, то это словосочетание продолжает жить в языке. Кстати, если говорить об атомном ледоколе, то прилагательное «атомный» в этом словосочетании — смыслоопределяющее, отличающее атомный ледокол от, например, дизель-электрического. Но два слова — это слишком длинно, поэтому — по аналогии с пароходом и теплоходом — в русском языке довольно быстро появилось слово «атомоход». Кстати, экипажи атомных ледоколов часто называют свое судно пароходом, но звучит это очень уважительно и тепло.

Чтобы понять, как образуются повторяющиеся сочетания в языке и какие варианты встречаются наиболее часто, можно использовать метод ассоциативного лингвистического эксперимента. У респондентов просят назвать несколько ассоциаций с нужным исследователю словом, а затем выбирают самые частотные варианты, которые отражают социокультурные связи слова-стимула и его актуальное лексическое значение, которое легко восстанавливается из контекста. На основании полученных результатов при достаточном количестве опрошенных составляют ассоциативные словари.

Так, например, самые частые ассоциации 1996 года к слову «атомный» — век (136), реактор (80), взрыв (74), ледокол (28), ядерный (22)⁴. Ассоциации, собранные в 2018 году, по содержанию немного отличаются: реактор (315), ледокол (146), взрыв (117), энергия (60), бомба (46)⁵. А результаты эксперимента 2023 года демонстрируют следующие результаты: ледокол (24), реактор (20), станция (16), взрыв (16), бомба (14)⁶.

Ассоциации к прилагательному «ядерный» в Русском ассоциативном словаре 1996 года — взрыв (49), реактор (15), век (7), полигон (5), удар (5)⁷. Самые частые ассоциации в эксперименте 2018 года — реактор (248), взрыв (224), щит (55), потенциал (54), синтез (43)⁸. А в лингвистическом эксперименте

2023 года слово «взрыв» в качестве ассоциации снова выходит на первое место: взрыв (32), реактор (25), синтез (11), распад (8), гриб (8)⁹. Кстати, ассоциация «ядерное» к существительному «топливо» (8) только одиннадцатая по частотности, а ассоциация «атомное» в Русском ассоциативном словаре встречается только один раз¹⁰.

Какие из этого можно сделать выводы? Во-первых, в культурно-историческом аспекте оба прилагательных ассоциируются как с мирными, так и с военными технологиями. Во-вторых, возникновение устойчивых сочетаний обусловлено как атмосферой секретности, в которой зарождался и реализовывался атомный проект, так и общей традицией. Обозначили ледокол как атомный — так мы его и зовем до сих пор. Возникает слишком много негативных ассоциаций с прилагательным «ядерный» — там, где возможно, заменяем его синонимом «атомный». В-третьих, сейчас атомная лексика продолжает активно развиваться, и уже через несколько лет мы сможем наблюдать новые примеры сочетаемости «атомных» слов и возникновение новых значений.

«Все прочее — литература!»

Преодолеть негативное отношение к технологиям атомной отрасли помогла в том числе активная информационная кампания Росатома, которую начали после 2007 года. Что произошло в результате

на лингвистическом уровне? Поскольку к атомной энергии и технологиям начали относиться более лояльно и спокойно, у слов «атом», «атомный» и «ядерный» начали развиваться новые значения на основе метафорического переноса, и в их основе — значение силы, мощи, концентрации энергии, иногда даже чрезмерности. Вот примеры ассоциаций из эксперимента 2018 года: (атомный) коктейль, друг, восторг, дуралей, желание, мёд, характер; взрывной, дерзкий, крутой, мировой, фееричный. Ассоциации к прилагательному «ядерный» по значению схожи с ассоциациями к прилагательному «атомный»: (ядерный) горчица, гром, идиот, квас, коктейль, настойка, ум, успех, цвет, человек; будоражащий, взрывной, дикий, мятный, четкий, ядреный¹¹.

И эти новые значения-метафоры стали появляться в современных песнях. Атомы можно найти в песнях и Димы Билана, и Ольги Бузовой, и барда Олега Митяева. Но самая запоминающаяся из них, пожалуй, «Атомная любовь» группы Uma2rman: «Эй, кто осветит путь и согреет своим теплом вновь и вновь? Эй, это атомная любовь, наша атомная любовь!»

Вот так атомные технологии начинают ассоциироваться с мощными чувствами, позитивным приливом энергии, глобальностью планов и свершений. И это становится возможным в том числе благодаря богатству русского языка и творчеству его носителей — нас с вами.

⁹193 ответа.

¹⁰<http://thesaurus.ru/dict/>. 521 ответ.

¹¹ <https://portal.novsu.ru/file/1775325>. С. 162, с. 174.

На фото
«Каждый день мы делаем шаг вперед, приближая светлое завтра. Оно уже рядом, оно придет, как большая любовь, — внезапно», — слова песни группы Uma2rman «Атомная любовь» отражают смысл ежедневного созидательного труда атомщиков





Федор Буйновский,
обозреватель «Вестника атомпрома»

Взгляд сквозь пять веков

Как взаимодействуют цивилизации: движущие силы исторических изменений

«Восхождение Запада. История человеческого сообщества» — основополагающая книга историка Чикагского университета Уильяма Х. Мак-Нила, впервые опубликованная в 1963 году. Автор исследует мировую историю с точки зрения влияния различных мировых цивилизаций друг на друга, особое внимание уделяя влиянию западной цивилизации на остальную мир в последние 500 лет.



Взаимопроникновение культур: кто в выигрыше?

Мак-Нил отстаивает тезис, что контакты общества с чужими цивилизациями лежат в основе движущей силы исторических изменений. В книге всемирная история рассмотрена как единое целое и предпринята попытка интерпретировать ее на основе концепции взаимопроникновения культур. Мак-Нил провел исследование развития социальных и культурных традиций, но особое внимание он сосредоточил на процессах, с помощью которых различные навыки и технологии распространялись от одной культуры или народа к другим, что приводило к изменениям в структуре власти и социальной организации. При этом контакты между разными культурными традициями не всегда были однозначно позитивными для всех участников этого процесса, поскольку он часто проходил в контексте военных столкновений или завоеваний. То есть фактически книга Мак-Нила — это классический вариант работы о причинах успеха западной цивилизации.

В погоне за благами цивилизации

Мак-Нил, как, собственно, и Фернан Бродель, Джованни Арриги или Иммануил Валлерстайн, является классическим представителем традиции мир-системного анализа. Он так же, как эти ученые, исследует систему под названием «цивилизация» и так же считает, что западная цивилизация стала гегемоном за последние 500 лет. Вся книга Мак-Нила была написана исходя из представления об интенсивности контактов цивилизаций. Или точнее, как говорит сам ученый, «исходя из понимания контакта с чужеземцами, обладающими новыми, неизвестными знаниями и умениями, как основного фактора, способствующего исторически значимым социальным изменениям. Естественным следствием такого подхода стал вывод о том, что центры высокой культуры (то есть цивилизации), демонстрируя соседям свои привлекательные новинки, становились для них своего рода раздражителями. Окружающие их менее развитые народы стремились освоить новшества и тем самым получить доступ к богатству и власти, к познанию истины и красоте — ко всему,

Справка

Уильям Харди Мак-Нил (31 октября 1917 г. — 8 июля 2016 г.) — американский ученый в области транснациональной истории, писатель, почетный профессор истории Чикагского университета, в котором преподавал с 1947 года. Один из пионеров внедрения политэкономического анализа в мировую военную историографию для ее изучения с точки зрения научной оценки военных потенциалов противоборствующих сторон, стадии научно-технического прогресса в военном деле, уровня развития военной техники и вооружения сторон и других немаловажных вопросов, которые, как правило, упускаются из виду конвенциональными военными историками, склонными анализировать только произошедшие баталии и личности военачальников.

политического многообразия, долго были весьма болезненной, но мощной и притом основной движущей силой жизнеспособности Запада».

Впоследствии вывод о том, что именно раздробленность Европы лежала в основе ее успеха, использовался другими авторами, но первым подробно продемонстрировал это именно Мак-Нил. Через некоторое время после «Восхождения Запада» он написал даже специальную книгу «В погоне за мощью. Техноло- гия, вооруженная сила и общество в XI–XX веках» об истории армий и о том, как менялись со временем принципы ее построения и вооружение. Мак-Нил показал в ней, как гонка вооружений создавала все новые успешные образцы, и каждая страна, не желавшая, чтобы ее завоевали, должна была эти образцы перенимать.

На стыке цивилизаций

Важнейший вывод Мак-Нила выглядит следующим образом: «Западная Европа не была так уж свободна, и не так уж она была полна творческих возможностей, но именно здесь мы можем обнаружить стимулирующее воздействие обстоятельств, которые вызвали к жизни самые разные силы огромного числа людей из общей массы всего населения. Этого никогда не могло бы произойти в обществе, где у власти стоял узкий круг лиц с одинаковым мировоззрением, пусть даже гораздо лучше образованных и опытных в государственных делах».

Склонность европейских государств к войнам, коммерциализации войны, к конфликтам прослеживается Мак-Нилом в течение всей их истории. В более современной форме данная склонность трансформировалась в конкуренцию. Однако рассчитывать на какой-то иной способ ведения дел не стоит. В принципе, именно об этом европейские ученые сами и пишут в научных работах. И это надо учитывать в своей стратегии. Именно этому Уильям Мак-Нил посвятил свою книгу «В погоне за мощью».

что дают блага цивилизации тем, кто ими обладает. Однако такого рода попытки неизбежно связаны с необходимостью болезненного сложного выбора между страстным желанием подражать новому и не менее сильным стремлением сохранить и сбеч- речь старые обычаи и институты».

С позиции победителей

Насколько можно понять, Мак-Нил в 1954–1963 годах, когда писалась книга, мало знал не только о внешней политике США, но и о поисках американских ученых в смежных с историей социальных дисциплинах. А ведь именно тогда социологи с политологами разрабатывали различные аспекты теории модернизации. Делали они что могли. И указывали на болезненный, сложный выбор модернизирующихся стран. Однако им сложно было продемонстрировать глобальную картину догоняющей модернизации, то есть рассказать о том, как и почему отстающие страны устремляются в погоню за лидерами преобразований. Для этого потребовалось бы написать огромное полотно исторического характера. Необходимо было бы проследить культурные связи, которые плохо известны людям, поверхностно изучающим историю в школах или даже в некоторых университетах.

Историк Мак-Нил независимо от авторов теории модернизации провел подобную работу именно в те годы, когда проблематика модернизации интересовала общество. В «Восхождении Запада» нет теоретической части, объясняющей в общих чертах, как меняется мир на протяжении столетий. Скорее всего, Уильям Мак-Нил вообще не задумывался о подобной теоретической части, поскольку историки редко прибегают к такого рода введениям в свои труды.

Любопытно, что в 1988 году, когда Мак-Нил вспоминал свой фундаментальный труд, он чуть ли не раскаивался в своем «интеллектуальном империализме» и в том, что рассматривал историю «с позиции победителей, уделяя мало внимания страданиям жертв исторических перемен».

Нестабильность как фактор роста

Самый интересный и неожиданный для своего времени вывод Мак-Нил сделал при объяснении причин развития Европы в Средние века и в Новое время. Именно войны и нестабильность региона, разделенного на мелкие государства, историк поставил во главу угла своей теории. «Хотя политическое разнообразие и нестабильность Западной Европы приводили к хроническим войнам, это не препятствовало быстрому экономическому и культурному росту. Напротив, именно данные факторы и определили это развитие. Если бы средневековая Европа была приведена к политическому миру и согласию либо сильным и успешно правящим императором, либо победившим папством, трудно представить, чтобы импульсный характер развития европейской цивилизации не стал бы чахнуть. <...> Хронические войны, являющиеся результатом непрекращающегося



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.



