

ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№ 4 | май | 2025

Главная тема

Электроэнергетика в России

План действий: Генеральная
схема размещения объектов
электроэнергетики до 2042 года

В номере

Закупочная деятельность	32
-------------------------	----

Термоядерный синтез	34
---------------------	----

Урановая геологоразведка	38
--------------------------	----



Уважаемые читатели!

Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики — документ, связанный с реализацией энергетической стратегии России, где закреплены основные приоритеты государственной энергетической политики. Основа Генсхемы — прогноз долгосрочного спроса на электроэнергию и мощность, который учитывает динамику ВВП, показатели экономической и инвестиционной активности в распределении по видам экономической деятельности, параметры энергоэффективности, численность и доходы населения. Спрос рассчитывает Системный оператор Единой энергосистемы России на основе значений ключевых макроэкономических показателей, заложенных в утверждаемый правительством РФ прогноз социально-экономического развития страны.

До 2042 года в России планируется ввод почти 90 ГВт новой генерации и модернизация более четверти существующей. В материалах главной темы номера представлен подробный анализ основных параметров, заложенных в Генсхему-2042, в том числе в части атомной энергетики.

Также мы рассказываем о трансформации закупочной деятельности «Росатома», о сегодняшних и завтрашних задачах атомной отрасли в области управляемого термоядерного синтеза, о перспективах урановой геологоразведки в России и о системе патентования за рубежом.

ВЕСТНИК АТОМПРОМА № 4, май 2025 года Информационно-аналитическое издание 16+ Фото на обложке концерн «Росэнергоатом»	Главный редактор Долгова Ю. В. dolgova@strana-rosatom.ru Выпускающий редактор Еременко О. В. Дизайн и верстка Балдин В. В. Корректор Бомбенкова А. Н. Учредитель, издатель и редакция Общество с ограниченной ответственностью «НВМ-пресс»	Адрес редакции 129110 Москва, ул. Гиляровского, д. 57, с. 4 Отдел распространения и рекламы Сазонова Т. С. sazonova@strana-rosatom.ru +7 (495) 626-24-74 Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-59582 от 10 октября 2014 года	Тираж 1980 экземпляров. Цена свободная. Дата выхода в свет: 30.05.2025 При перепечатке ссылка на «Вестник Атомпрома» обязательна. Рукописи не рецензируются и не возвращаются Суждения и выводы авторов материалов, публикуемых в «Вестнике Атомпрома», могут не совпадать с точкой зрения редакции Журнал отпечатан: ООО «АртФормат» 115477, г. Москва, ул. Зюзинская, д. 6, стр. 2. Тел.: +7 (968) 724-35-91 № заказа: Аф-006/25.
---	---	---	---

	Содержание			
Главная тема	коротко	Следующие восемнадцать 4 Планы по развитию электроэнергетики России на период до 2042 года	Юбилей	«Трансформация — залог нашего успеха» 32 Перспективы развития АО «Атомкомплект»
		Электроэнергетика в России 6 Актуальные вызовы и потенциал развития		Энергия будущего 34 Термоядерный синтез: вчера, сегодня, завтра и послезавтра
	обзор	Вектор развития 12 Эксперты в области электроэнергетики о новой Генсхеме	Наука	Урановое пополнение 38 Как в России работают над увеличением ресурсной базы стратегического металла
		От производителя до потребителя 16 Какие задачи по развитию сетевой инфраструктуры и оптимизации затрат на строительство ставит новая Генеральная схема		Международный атом 44 Зарубежные проекты госкорпорации «Росатом»
	мнения	Движение вперед 20 Эксперты в области электроэнергетики о новой Генсхеме	Урановая геологоразведка	Под надежной защитой 46 Как осуществляется процедура зарубежного патентования и зачем она нужна правообладателям результатов интеллектуальной деятельности
		На горизонте Климатической доктрины 26 Атомные электростанции в технологическом профиле электроэнергетики 2060 года		Атом для людей 50 Безопасность, гордость, вдохновение и мечты: что скрывается за сухими цифрами планов по развитию атомной энергетики
ПРОГНОЗ	мнения		Интеллектуальная собственность	
			ИЦАЭ	
			Книжная полка	Индивидуализированное общество 56 «Текущая современность» как действительность нового типа

Следующие восемнадцать

30 декабря 2024 года правительство России утвердило Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2042 года. Это документ, обеспечивающий в течение 18 лет реализацию задач энергетической стратегии РФ в части достижения целей развития электроэнергетики с учетом принятых сценарных условий, наилучших доступных технологий в области производства и передачи электроэнергии и их технико-экономических показателей.

Среди целей Генсхемы — формирование рациональной структуры генерирующих мощностей и объектов электросетевого хозяйства, обеспечивающей перспективный баланс производства и потребления электроэнергии и мощности в Единой энергосистеме России, предотвращение прогнозируемых дефицитов электроэнергии, обеспечение надежности работы энергосистемы.

План развития атомной генерации, отраженный в Генсхеме, в полной мере соответствует задаче, поставленной президентом страны, — увеличить к 2045 году

долю атомной энергетики в энергобалансе до 25%. Среди важных изменений — новая география размещения объектов атомной энергетики и новые типы энергоблоков, в том числе с реакторами на быстрых нейтронах, необходимыми для замыкания ядерного топливного цикла. Согласно Генсхеме, до 2042 года в России введут 38 атомных блоков большой, средней и малой мощности.

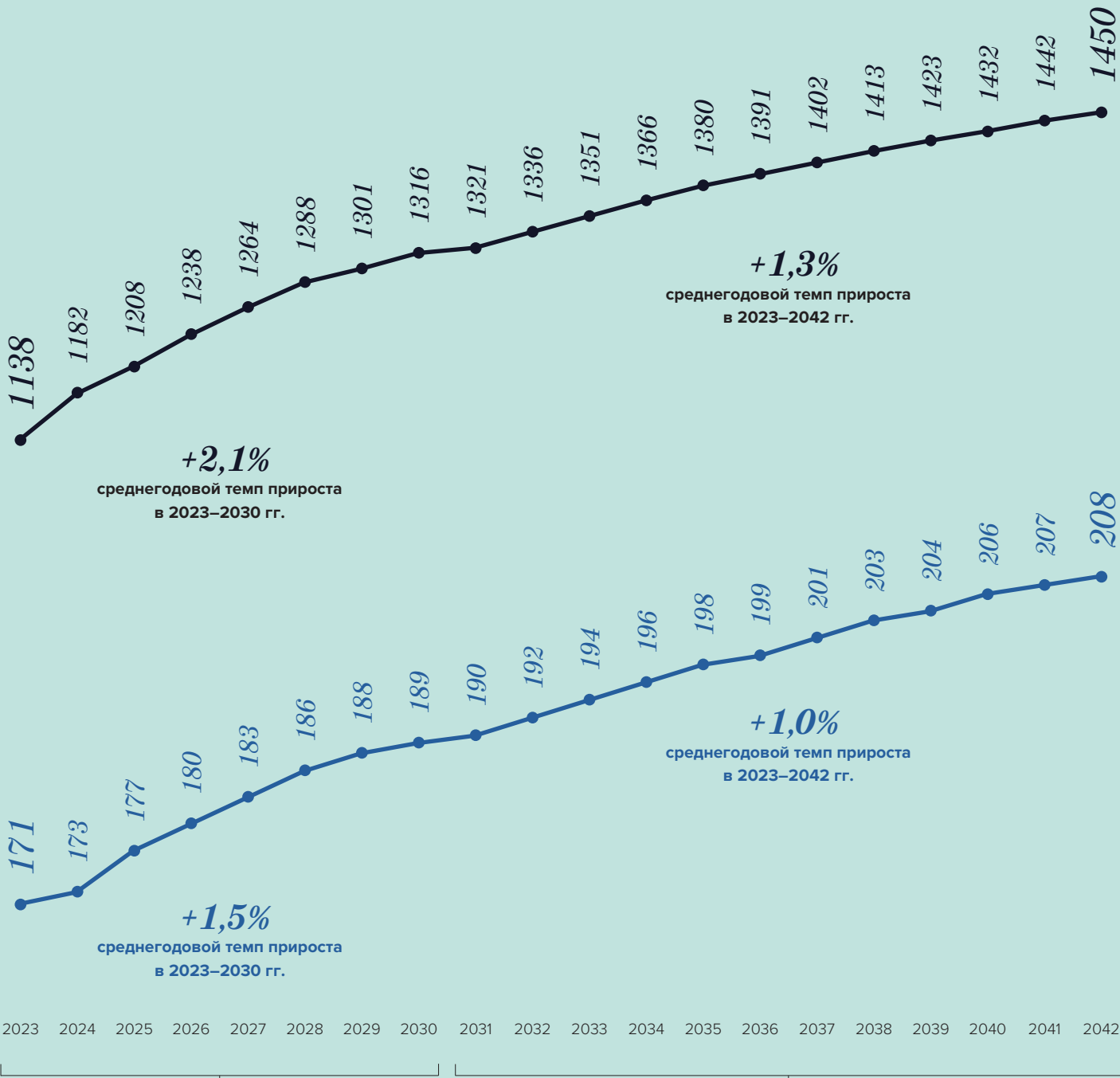
Материалы главной темы номера рассказывают, какой потенциал для развития страны дает новая Генсхема и какие вызовы она ставит. Также эксперты в области электроэнергетики объясняют, каковы принципиальные отличия новой Генсхемы от аналогичных документов предыдущих периодов, почему время для реализации планов по строительству АЭС в Сибири и на Дальнем Востоке пришло именно сейчас, что даст экономике России появление новых объектов атомной генерации, каковы основные сложности при реализации столь масштабных планов по вводу новых энергоблоков и как прогнозируется потребность регионов в электроэнергии на длительный срок.



Прогноз потребления электрической энергии и мощности согласно Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 года

● Потребление электрической энергии, млрд кВт•ч
● Потребление мощности, ГВт

Источник: Системный оператор ЕЭС России



На период 2025–2030 гг. прогноз соответствует проекту СиПР ЭЭС

На период 2031–2042 гг. прогноз одобрен Правительственной комиссией (протокол от 31.01.24 №1 пр.) и уточнен с учетом принятого состава ГАЭС



Григорий Болкунов,
руководитель
проектов «Яков
и Партнёры»



Виктория Трифонова,
эксперт
аналитического
центра «Яков
и Партнёры»



Анна Волкова,
эксперт
аналитического
центра «Яков
и Партнёры»

Электроэнергетика в России

Актуальные вызовы и потенциал развития

В начале этого года в электроэнергетике России произошло значимое событие: была утверждена новая Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики. По большому счету, данный документ определяет вектор развития отрасли до 2042 года — с учетом длинных инвестиционных циклов для новых объектов в электроэнергетике подобный горизонт планирования является привычным для отрасли.

В России первая Генсхема размещения объектов генерации была утверждена в 2008 году и рассчитана до 2020-го. Она закладывала среднегодовой прирост потребления электроэнергии (э/э) в 4,1% на основе

высокого экономического роста и нераспространенности технологий энергосбережения. В обновленной Генсхеме от 2017 года прогноз потребления был скорректирован: среднегодовой рост составлял 1,4% до 2035 года.

В новой Генеральной схеме прогнозируется рост электропотребления на 2,2–2,5% в год в 2025 и 2026 годах с последующим замедлением до 0,5% к 2042 году. В дополнение к долгосрочным прогнозам потребления в Генсхеме закладываются те дополнительные мощности генерации, которые будет необходимо ввести для обеспечения спроса с учетом регионально-го распределения и доступности технологий.

По оценке «Яков и Партнёры», на горизонте 2050-х годов с учетом нового плана и эффективной поддержки

отрасли наибольший прирост в мощности составит атомная энергетика (+34 ГВт), доля которой в общей установленной мощности электростанций вырастет с 16 до 20%. Доля ГЭС в балансе сократится при росте абсолютных значений мощностей (+9 ГВт), объем ВИЭ вырастет в 6–7 раз, но продолжит уступать основным для России видам генерации. Газовая и угольная генерации останутся основой, хотя мощности данных видов ТЭС и не вырастут в абсолютном отношении. На этот вид генерации суммарно сейчас приходится 65% установленной мощности в стране, прогнозируемая доля к 2050 году составит порядка 51%.

Для полного использования потенциала опережающего роста рынка э/э в России уже сегодня можно выделить основные задачи, которые предстоит решить отрасли для ее устойчивого развития.

Представители отрасли сходятся во мнении, что дальше электропотребление будет только расти. Вопрос: какими темпами. И здесь на первый план выходит региональная специфика: последние несколько лет новости пестрили заголовками о рекордных показателях нагрузки на энергосистему. В особенности это коснулось ОЭС Сибири, Востока, Дальнего Востока и Юга. Ввод новых промышленных энергоемких проектов в Сибири и на Дальнем Востоке после 2025 года, а также рост значимости восточного направления усилят потребность в стабильном энергоснабжении, которое может обеспечить распределенная генерация. При этом дисбаланс между выработкой и потреблением энергии будет становиться все более критичным.

Износ и старение генерирующих мощностей и сетевой инфраструктуры, а также необходимость в локализации оборудования — одни из ключевых вызовов, которые также предстоит решить. Так, по состоянию на 2023 год 54% установленных мощностей и 33% сетей электропередачи в России старше 40 лет. А внешнеторговые ограничения последних лет наиболее критичны именно для газовой генерации (в частности, газовых турбин), которая будет оставаться основой баланса к 2050 году. При этом отечественные технологии АЭС и ГЭС практически независимы от импортных технологий, что делает их привлекательными для масштабирования.

Сквозным вызовом для всей отрасли станет привлечение дополнительных инвестиций в строительство и модернизацию мощностей и инфраструктуры, развитие отечественных технологий при увеличивающейся бюджетной нагрузке. К примеру, задача поэтапного снижения перекрестного субсидирования (ПС) пока не выполняется — предельные объемы продолжают расти, а за последние пять лет на оплату тарифов из госбюджета было выделено 137 млрд рублей. При этом проект новой Генеральной схемы отдельно подчеркивает недостаточность условий тарифного регулирования для предлагаемых технических решений. Помимо уже запланированных объемов, суммарные дополнительные инвестиции для обеспечения целевой возрастной структуры и локализации

оборудования могут превысить 17 трлн рублей, а для строительства дополнительных мощностей — достигнуть 4,7 трлн рублей к 2050 году.

Растущее давление на госбюджет и необходимость дополнительных инвестиций

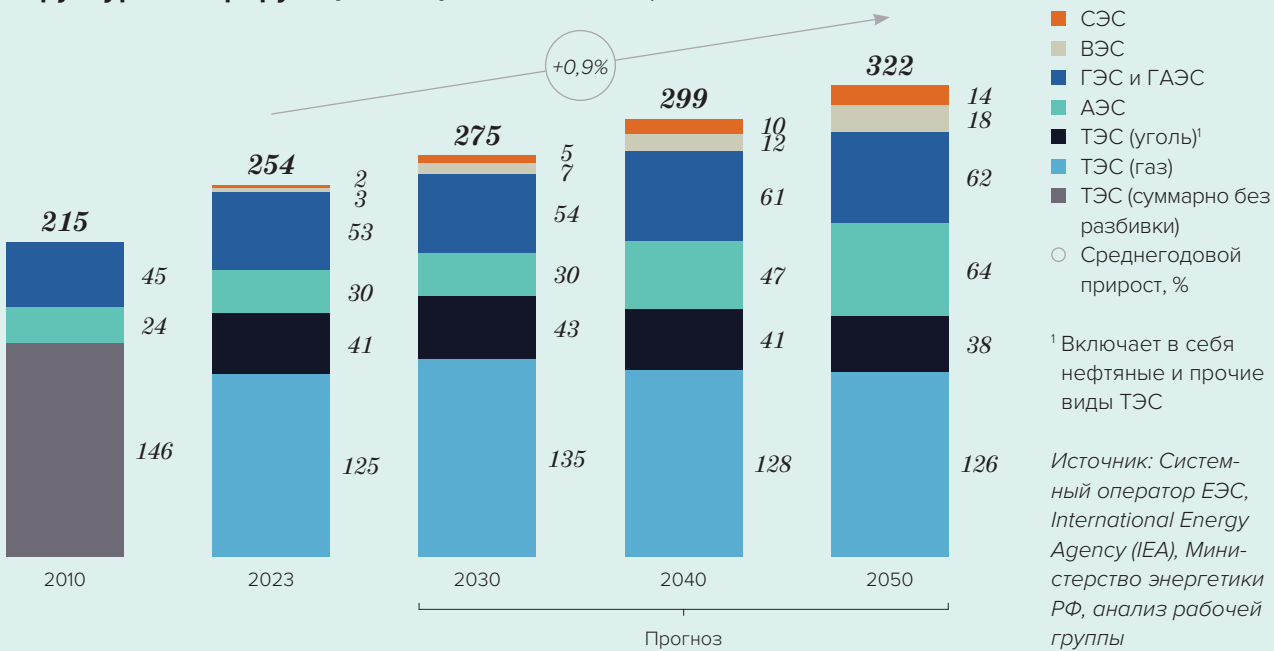
Начиная с 2022 года Россия ставила себе задачу поэтапно сокращать предельные объемы ПС, что должно было привести к снижению субсидирования в реальном выражении. Исходя из данных по объему ПС в секторе электроэнергетики в стране за последние годы, данная задача пока не выполняется. Дальнейшее увеличение субсидирования будет лишь увеличивать нагрузку на государство. С учетом обозначенной в Генеральной схеме недостаточности текущих тарифных условий для окупаемости запланированных к 2042 году проектов по всем видам генерации повышение чеков за э/э — ожидаемое будущее как для бизнеса, так и для населения.

При этом Россия не является единственной страной, в которой ПС активно применяется. Ряд стран, таких как Китай и Индия, субсидирует тарифы для населения за счет бизнеса аналогично России. По сравнению с зарубежными примерами доля субсидируемой э/э не является критической: в России на 2024 год это 8,2% от общего оборота э/э, в Китае и Индии, по последним доступным данным, это 10,7% и 15,3% соответственно. Во Франции тот же параметр составляет около 5%, однако процесс субсидирования происходит в обратном направлении — бизнес поддерживает за счет потребителей.

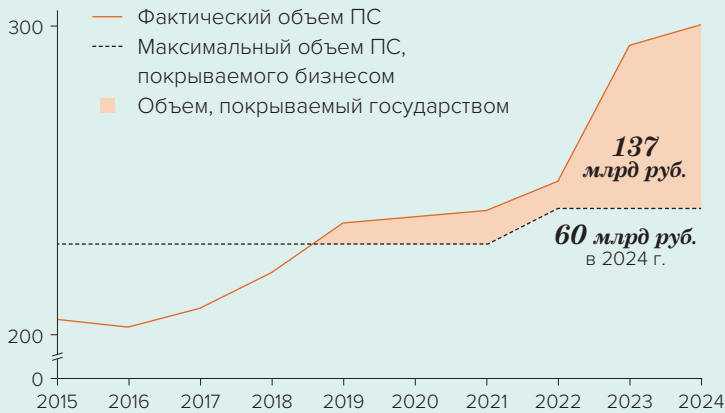
Пример Китая как лидера мирового электропотребления интересен в том числе с точки зрения подхода к тарифообразованию. В 2010 году Китай ввел многоставочные тарифы для бытовых потребителей с целью снижения ПС и нагрузки на бизнес. Механизм включал три различных тарифных блока по объемам электропотребления домохозяйствами, где пороговые значения корректировались между провинциями с учетом доходов и особенностей климата. Полной отмены субсидий на рынке пока не произошло, однако тарифы для населения стали ближе к себестоимости, потребление в высоких тарифных зонах сократилось на 10–15%, повысилось внимание к «умным» счетчикам.

В качестве дополнительных мер снижения нагрузки на предприятия в Китае также может рассматриваться внедрение динамических тарифов с учетом пиковых нагрузок, а также развитие рынка системных услуг, который уже с 2021 года внедряется в стране для интеграции растущих ВИЭ и оплачивает гибкость резервных угольных мощностей (угольные станции получают доплаты за простой в режиме резерва). Таким образом, Китай движется к гибридной модели управления рынком э/э — это комбинация административного регулирования и использования рыночных механизмов. Полученный запас прочности совместно с рекордными темпами роста производства энергии (как на ископаемом топливе, так и ВИЭ) позволяет Китаю

Структура генерирующих мощностей России, ГВт



Объемы перекрестного субсидирования, 2015–2024 гг., млрд руб.



Соотношение ПС к общему обороту э/э, \$ млрд



Источник: Системный оператор ЕЭС, VTB Capital, Комитет по энергетике Госдумы, Институт экономики и регулирования инфраструктурных отраслей НИУ «ВШЭ», IISD, Utilities Policy, EDF, RTE France, правительство Франции, пресса, интервью с экспертами

в периоды кризиса снижать цены на э/э для поддержки локальной промышленности. Так, в конце 2024 года было объявлено о снижении контрактных цен на электроэнергию на 9–16% на предстоящий год в ряде крупнейших китайских промышленных регионов с целью поддержать местное производство.

Прогноз потребления и дефицит выработки

Ретроспективно, общая выработка э/э в России преимущественно соответствовала закладываемому долгосрочному прогнозу, с периодическим незначительным (в пределах 2%) превышением фактического

потребления э/э по ЕЭС, как, например, за последние три года.

Однако более значимыми в данном случае являются именно региональные отклонения. В 2023 году фактическое потребление э/э оказалось выше долгосрочных прогнозов для большинства объединенных энергетических систем (ОЭС). Наибольшее превышение произошло в ОЭС Юга (+7,8%) и ОЭС Средней Волги (+4,6%). Недостижение прогнозных показателей было зафиксировано всего в трех системах — ОЭС Урала (–2,1%), ОЭС Востока (–16,4%), а также в технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах (ТИТЭС) (–4,8%).

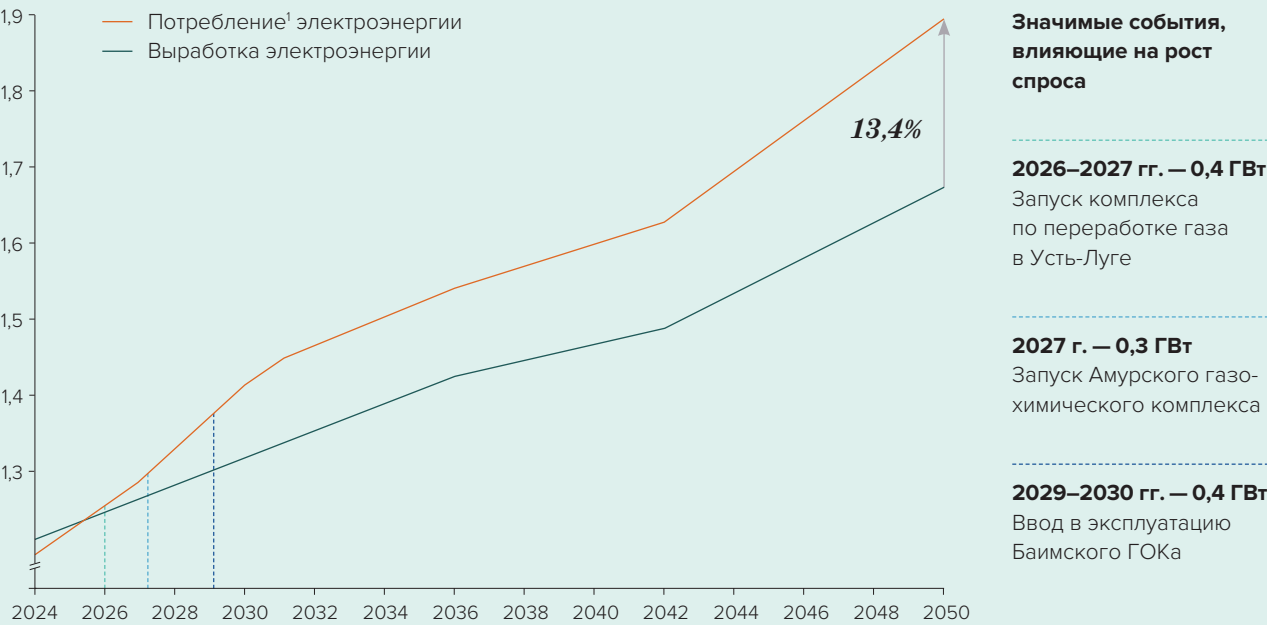
При этом наибольший рост спроса и прогнозируемый дефицит на горизонте 2030 года, по официальным данным, можно ожидать именно для востока России (среднегодовой темп роста порядка 4,9% при прогнозируемых 2,1% в среднем по стране). С учетом тренда на разворот в сторону АТР и повышающейся значимости восточного направления, этот дисбаланс будет становиться все более критичным в обеспечении спроса. В этих условиях особенно важным становится актуализация планов по объединению систем, организации дополнительных межсистемных связей, повышению гибкости и надежности системы в целом.

Одновременно с этим Генсхема может не полностью демонстрировать тот потенциал, который открывается перед отраслевыми компаниями. По нашим оценкам, рынок электроэнергетики и, в частности, генерации будет развиваться быстрее в связи с более высоким ростом спроса на э/э к 2050 году, чем тот, который закладывается в базовом сценарии сейчас.

Ввиду роста спроса на э/э в энергосистеме Юга, ввода новых промышленных мощностей в Сибири и на Дальнем Востоке за горизонтом 2025 года, а также пониженного внимания к распределенной генерации, дефицит выработки э/э, по нашим оценкам, может составить до 13,4% от прогнозируемого уровня потребления к 2050 году.

Часть дефицита придется на систему Юга, где уже в последние годы наблюдается превышение предельных показателей потребления. Сюда относится нехватка генерирующих мощностей для покрытия пиков спроса в летний период, что приводит к вечерним отключениям э/э в регионе. Влияние аномальных погодных условий на распределительные сети дополнительно снижает надежность энергосистемы. Кроме этого, риск роста дефицита будет усугублять вероятность преждевременного вывода из эксплуатации импортного оборудования. Прирост потребления по остальным регионам будет приходиться на крупные промышленные проекты, которые стартуют за 2025 годом, а также будет продиктован необходимостью стабильного обеспечения удаленных и не подключенных к единой электросети регионов, в том числе с учетом общего роста экономической активности в направлении АТР.

Соотношение выработки и потребления э/э в России, 2024–2050 гг., трлн кВт·ч



Значимые события, влияющие на рост спроса

2026–2027 гг. — 0,4 ГВт
Запуск комплекса по переработке газа в Усть-Луге

2027 г. — 0,3 ГВт
Запуск Амурского газохимического комплекса

2029–2030 гг. — 0,4 ГВт
Ввод в эксплуатацию Баимского ГОКа

¹ Сценарий роста потребления основан на прогнозе ВВП и прогнозе потребления Системного оператора, скорректированного под аналитические агентства (РЭА Минэнерго, ИНЭИ РАН, Energy Institute, BloombergNEF).

Вычисления необходимых дополнительных инвестиций основаны на разнице между прогнозируемыми ежегодными капвложениями и прогнозом, умноженным на разницу между потреблением и выработкой в данный год.

Источник: Системный оператор ЕЭС, пресса, Аналитический центр при правительстве РФ, «Энергетика и промышленность России», правительство РФ, «КонсультантПлюс», Enerdata, Energy Institute, Lazard, BloombergNEF

В этих условиях будет наблюдаться растущая потребность в повышении энергоэффективности промышленности и частных потребителей, внедрение собственной и распределенной генерации, в том числе с использованием ВИЭ и технологий хранения энергии. При текущей конъюнктуре можно ожидать рост распределенной генерации и со стороны промышленности: создание собственной генерации на предприятиях может стать более дешевой альтернативой. Так, собственник не обязан выполнять требования по локализации, также в этом случае не закладывается цена доходности выработки э/э (до 16%), как это необходимо для участника ДПМ, а часть капитальных затрат на строительство может перераспределяться на себестоимость основной продукции. В этом случае гибридные электростанции (например, дизель-генерация и ВИЭ с учетом накопителей энергии) могут стать потенциальной альтернативой. Однако вопрос интеграции в общую систему будет оставаться актуальным.

При этом важно отметить, что удаленные регионы являются наиболее подходящими полигонами для развития новых технологий, неконкурентоспособных в центральной части России. К примеру, на изолированных и труднодоступных территориях в России развивающиеся атомные технологии и ВИЭ могут

являться перспективным решением для закрытия энергодефицита на горизонте 2040–2050 годов, хотя объемы вводимых мощностей и ограничены спросом, климатическими условиями и более сложными требованиями к эксплуатации.

Например, в начале 2030-х годов запланирован ввод АСММ для месторождения Кючус в Якутии. А действующая первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) в городе Певеке, подключенная к изолированному Чаун-Билибинскому энергоузлу, уже обеспечивает до 60% всей генерации электроэнергии. В условиях удаленности региона от единой энергосистемы подобные решения могут стать важным компонентом «распределенной генерации», несмотря на более высокую себестоимость э/э. Пока проекты АСММ остаются штучными продуктами, реализация каждого из них требует серьезных финансовых вложений. При этом именно масштабируемость АСММ в серийное производство позволит сократить себестоимость производимой э/э (и тепла в случае когенерации). Снижение стоимости — важный фактор для экспорта на зарубежные рынки углеродно нейтральной и надежной генерации АСММ, в которой «Росатом» сегодня является лидером.

Устаревание структуры оборудования и локализация

Одной из ключевых проблем в секторе электроэнергетики является устаревание мощностей и сетей. Генерирующие мощности в РФ в среднем намного старше, чем в других странах, что сказывается на надежности энергоснабжения. По состоянию на 2023 год в России 54% генерирующих мощностей находились в зоне риска — близко или за пределами нормативного срока службы в 40–45 лет. При актуальном темпе обновления к 2050 году доля нового оборудования (возрастом менее 20 лет) в структуре вырастет с текущих 25% до 32%. Однако при сохранении динамики к этому же периоду доля оборудования старше 40 лет снизится лишь на 7% и составит порядка 47%.

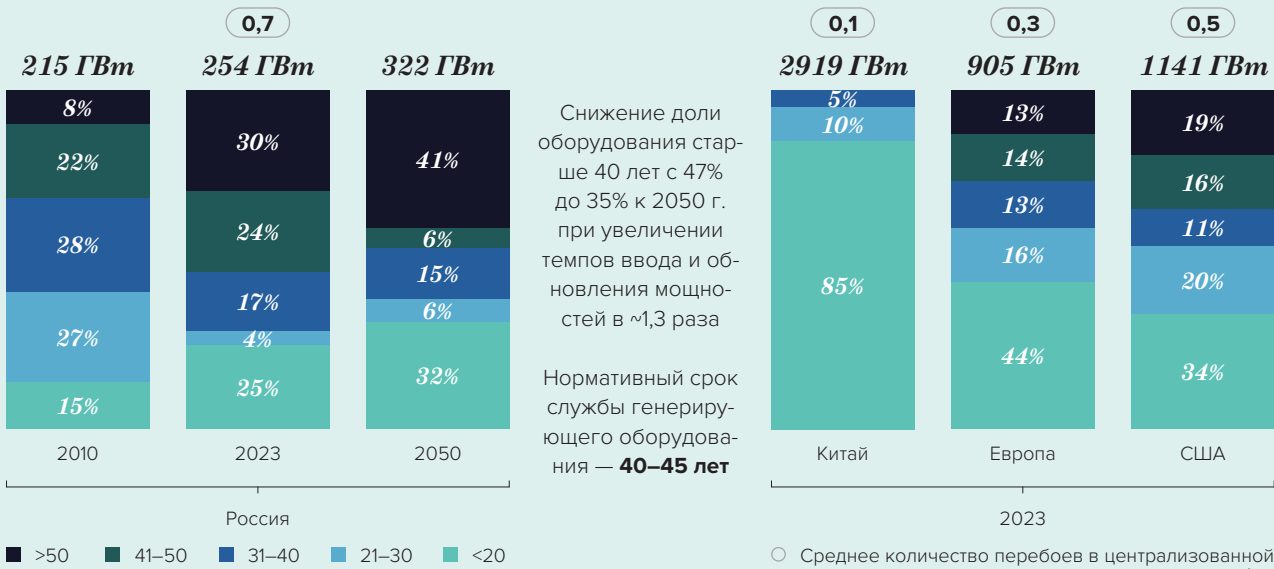
При этом прогнозный темп обновления и ввода мощностей в России ниже темпов США и Китая: 4,6 ГВт против 38,4 ГВт и 109,9 ГВт в год соответственно. Эти объемы составляют порядка 2% от установленной мощности для России, 3% для США и 4% для Китая (на 2023 год). Доля оборудования старше 40 лет в Европе и США находится в пределах 27–35%, а для Китая этот процент и вовсе не является существенным: в стране делается сильный акцент на регулярное обновление мощностей. Там нормативный срок службы электростанций также составляет от 40 лет, при

этом модернизацию проводят уже через 15–20 лет эксплуатации. Толчком к такой проактивной позиции послужил, во-первых, стремительный экономический рост: старые электростанции, построенные в 1980–1990-х годах, просто не могли удовлетворить растущие потребности. Кроме того, следование пятилетним планам развития энергетического сектора Китая требовало от генерации значительных улучшений показателей энергоэффективности.

Таким образом, для снижения доли оборудования за пределами сроков службы до 35% к 2050 году в России потребуется увеличить темп ввода и обновления мощностей примерно в 1,3 раза. Необходимый объем дополнительных инвестиций для этих целей может превысить 17 трлн рублей при текущем прогнозе порядка 40 трлн рублей инвестиций в генерацию к 2042 году в рамках Генеральной схемы.

Приведение структуры к целевой потребует не только ускоренных темпов модернизации, но и роста производства отечественных технологий, в особенности газовых турбин. Вид генерации, который занимает более половины в балансе страны, является наиболее узким местом. Сейчас межторговые ограничения касаются 25 ГВт установленных мощностей, или порядка 20% газовых ТЭС. Необходимость как минимум удвоить объемы производства также ставит вопрос

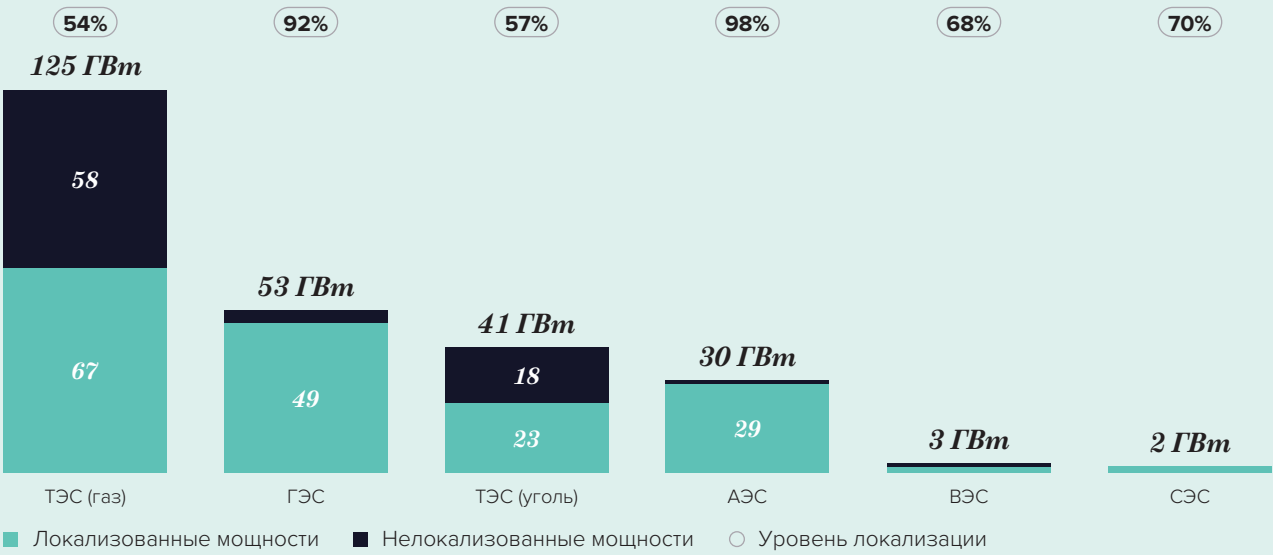
Возрастная структура генерирующих мощностей



¹Расчеты основаны на данных о среднем ежегодном количестве полных перебоев в электроснабжении, затрагивающих среднее домохозяйство, за доступный для каждой страны период в 2010–2023 гг.

Источник: Системный оператор, S&P Global, Axios, Climate Central, US Department of Energy, UN data, Росстат, EIA, CNREC, интервью с экспертами, анализ рабочей группы

Уровень локализации производства оборудования в 2023 г.



Источник: S&P Global, АРБЭ, интервью с экспертами, пресса, анализ рабочей группы

дополнительных инвестиций — для целевых темпов может понадобиться более 25 млрд рублей. Отечественные технологии ГЭС и АЭС, в свою очередь, практически не зависят от импорта, что делает их потенциально более эффективными для внедрения.

Кроме этого, сети электропередачи являются тем узким местом, которое, вероятнее всего, в первую очередь выйдет из строя при изменении внешних условий и катаклизмов. Так, эксплуатация за пределами нормативных сроков службы сетей электропередачи является причиной увеличения средней продолжительности и частоты отключений э/э на точку поставки. За 2021–2023 годы наблюдался рост этих показателей для России — индексы увеличились с 2,70 до 2,84 и с 1,32 до 1,41 соответственно.

На текущий момент ежегодный объем обновления и реконструкции сетей электропередачи оператором — 25–35 тыс. км, что составляет 1–1,5% от общей протяженности сетей. При продолжении такой динамики к 2030 году будет обновлено лишь до 15% линий (390 тыс. км), при этом до 50% всех линий могут выйти за пределы нормативного срока службы в 35–40 лет.

Подводя итог

- Спрос на электроэнергию в России будет расти, при этом ключевым фактором для учета изменений будет являться региональная специфика. Наибольший рост спроса на э/э на горизонте 2050 года ожидается в энергосистемах Юга, Центра, Сибири и на Дальнем Востоке.
- Помимо инвестиций в новую инфраструктуру (+68 ГВт мощностей к 2050 году) для обеспечения

спроса потребуются дополнительные бюджеты для модернизации и замены старой. Вызовами является обеспечение замены импортного оборудования на энергостанциях, а также обновление линий электропередачи и их расширение с учетом новых центров спроса, что обеспечит бесперебойность и надежность поставок э/э.

- На фоне роста спроса на э/э и увеличения требуемых для ее обеспечения инвестиций прогнозируется рост тарифов на э/э для всех категорий потребителей.
- В условиях высокой импортозависимости тепловой генерации необходимо развитие отечественных решений, в первую очередь запуск производства необходимого количества газовых турбин. При этом среднесрочный фокус развития генерирующих мощностей с учетом высокой доли отечественного производства и отсутствия зависимости от природных условий обоснованно направлен на атомную генерацию.
- Игрокам на рынке э/э предстоит обеспечить финансирование проектов в условиях высокой неопределенности. В качестве потенциальных направлений развития целесообразными будут становиться вопросы пересмотра структуры тарифов, дифференциации финансирования строительства новых мощностей и нормы потребления с учетом региональной специфики, а также создание отраслевого заказа. В то же время повышенный спрос на электроэнергию и изменение структуры потребления открывает новые возможности для роста бизнеса и внедрения решений, которые смогут изменить рынок в долгосрочной перспективе.

Генсхема-2042	Мнения	На фото
	Фото: концерн «Росэнергоатом», газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров	Макет БН-1200 был продемонстрирован на экспозиции международного форума «Атомэкспо-2024»

Вектор развития: эксперты в области электроэнергетики о новой Генсхеме



Сергей Щеклеин
Зав. кафедрой атомных станций и ВИЭ Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, заслуженный энергетик РФ, профессор, доктор технических наук

«В течение более чем 100 лет наша страна входит в десятку мировых лидеров по масштабам и объемам энергетического производства»

Фундаментом для промышленности, сельского хозяйства, любого материального и интеллектуального развития, а следовательно, и роста производительности труда, ВВП, развития науки, культуры, продолжительности и качества жизни людей является наличие у стран мира доступных источников энергии. СССР, а затем и Российская Федерация путем грандиозных усилий и концентрации всех ресурсов смогли создать (и сохранить) одну из лучших в мире энергетических систем. В течение более чем 100 лет наша страна входит в десятку мировых лидеров по масштабам и объемам энергетического производства, что позволило создать эффективную экономику и комфортные условия жизни людей, в том числе в достаточно суровой климатической зоне.

Традиционно считалось, что энергетика является одной из самых капиталоемких сфер экономики, имеющей длительные, соизмеримые с длительностью жизни поколения людей (несколько десятилетий) сроки окупаемости капиталовложений, и ее развитие требует использования ресурсов сегодняшних поколений для улучшения жизни последующих. Однако опыт КНР показывает, что это условие не является в современном мире аксиомой. Эта страна в течение XXI века показала, что уже сегодняшнее население получает эффект от вложений в энергетику: растет ВВП, качество

жизни, страна стала мировым лидером в сфере материальной и интеллектуальной деятельности.

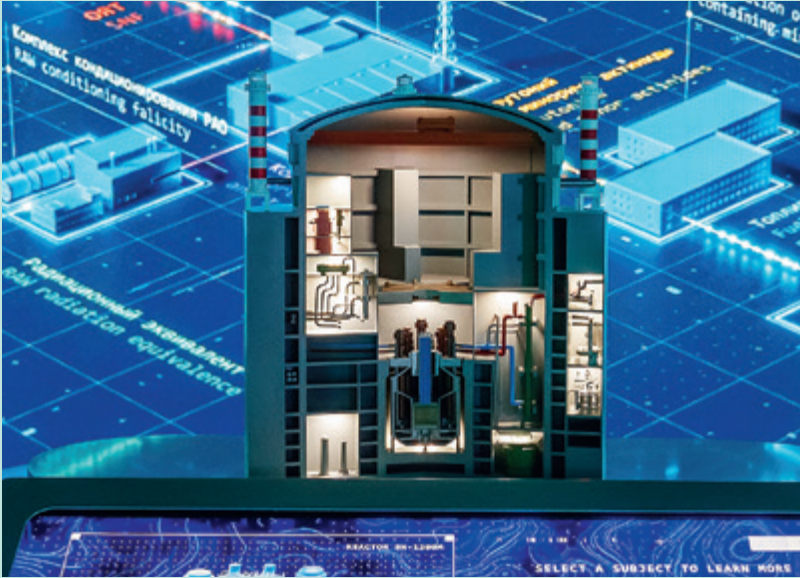
Потребность в электроэнергии на длительный срок определяется условиями сохранения эффективности экономики и качества жизни населения в суровых природно-климатических условиях большей части территории РФ. Аналогом могут явиться США и Канада, где уровень годового удельного энергопотребления составляет 12 000–14 000 кВт·ч/чел (в РФ в 2024 г. — 7300 кВт·ч/чел). Для прогнозирования энергопотребления полезно изучить опыт КНР по составлению межотраслевых балансов развития экономики, энергетики и социальной сферы.

Особенностями новой Генсхемы являются:

- необходимость модернизации источников энергии, систем передачи и распределения энергии с преодолением отставания от мировых лидеров практически по всем видам энергоисточников, многие из которых уже исчерпали свой физический ресурс;
- необходимость развития новых направлений энергетического производства, учитывающих усложнение и удорожание доступа к органическим видам топлива;
- необходимость учета влияния энергетики на окружающую среду и климатические изменения.

В части атомной энергетики особенностями новой Генсхемы являются:

- вывод из эксплуатации АЭС с реакторами РБМК-1000 и замена их на освоенные и высоконадежные АЭС с реакторами ВВЭР мощностью 1200 МВт;
- широкомасштабная реализация накопленного в нашей стране опыта по созданию нового класса коммерческих АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, позволяющих радикально снизить нагрузку на окружающую среду, а в перспективе перейти к практической реализации расширенного воспроизводства ядерного топлива (путем реализации бридинга и замкнутого топливного цикла);
- широкомасштабная реализация накопленного в нашей стране опыта по созданию нового класса коммерческих АЭС с реакторами малой мощности РИТМ-200/400, позволяющая сократить сроки строительства вследствие полного заводского изготовления всей реакторной части и обеспечения гибкого наращивания необходимой мощности АЭС с использованием модульной структуры.



На фото
Заливка первого бетона на четвертом энергоблоке Ленинградской АЭС-2. Третий и четвертый блоки Ленинградской АЭС-2 с реакторами ВВЭР-1200 заместят блоки №3 и 4 ЛАЭС с РБМК-1000



Планы по строительству АЭС в Сибири и на Дальнем Востоке существовали еще в советское время, но время для их реализации пришло именно сейчас по ряду причин:

- ресурсная база освоенных регионов страны в основном исчерпана — нужен доступ к новым источникам ресурсов в Сибири и на Дальнем Востоке;
- необходимость выравнивания условий комфортности проживания населения в удаленных регионах страны, закрепление и привлечение людей в богатые ресурсами (Сибирь) и климатически благоприятные (Дальний Восток) регионы, в том числе обеспечение программы «Дальневосточный гектар»;
- высокая зрелость и референтность технологий малых АЭС;
- способность энергомашиностроительного комплекса РФ обеспечить требуемые сроки изготовления оборудования.

Что даст регионам и экономике страны в целом появление новых объектов атомной генерации:

- экономика страны получит доступ к богатым и рентабельным ресурсам;
- регионы получат повышение социальных условий и качества жизни населения;
- в близкой перспективе — наличие большого количества новых заказов и рабочих мест для региональных и российских предприятий и населения;
- в отдаленной перспективе — энергетический фундамент для развития промышленности, культуры, образования, надежности и экологической безопасности энергоснабжения.

Основные сложности при реализации масштабных планов по вводу новых объектов электроэнергетики:

- в связи с длительными сроками окупаемости капиталовложений в энергетике наличие внешних инвесторов сомнительно, поэтому основная финансовая нагрузка ляжет на бюджет РФ и российских госкорпораций, что может привести к необходимости роста налогов, тарифов, стоимости другой продукции госкорпораций;
- необходимость опережающего развития электросетевого хозяйства, формирования новых правил взаимодействия базовых энергоисточников (АЭС) с пиковыми (ТЭС).

Для решения задач, обозначенных в Генсхеме, в первую очередь требуется скорейшее создание референтных объектов (ВВЭР-ТОИ, БН-1200, АЭС с РУ РИТМ-200) на территории РФ — завершение строительства Курской АЭС-2, БН-1200 в Заречном, РИТМ-200 в Якутии.

Фундаментом для промышленности, сельского хозяйства, любого материального и интеллектуального развития является наличие доступных источников энергии. СССР, а затем и Российская Федерация смогли создать и сохранить одну из лучших в мире энергетических систем.



Александр Путилов

Декан факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами НИЯУ «МИФИ»

«Атомная генерация является базовой гарантией обеспечения технологического развития»

Предыдущие периоды формирования энергетических планов не содержали современного императива — технологическая независимость и технологическое лидерство. Без технологического лидерства само существование нашего государства будет под вопросом, ранее такой постановки задачи не было. А технологии, какими бы они ни были, всегда требуют энергии: даже технология майнинга криптовалют превращает в стоимость и полезность для производителя именно киловатт-часы. Любые другие технологии без энергообеспечения — только благие пожелания. Поэтому атомная генерация, в меньшей степени зависящая от стоимости энергоресурса (урана), чем газовая, угольная и другие, является базовой гарантией обеспечения технологического развития, какие бы технологии ни родились в будущем далекие годы.

Кроме того, сами технологии атомной энергетики — двигатель прогресса. Достаточно вспомнить указ президента России от 2020 года о приоритетах атомного развития. Там их четыре: двухкомпонентная атомная энергетика (с реакторами на быстрых нейтронах и замыканием ядерного топливного цикла), реакторы малой и средней мощности (ПАТЭС «Академик Ломоносов» работает с 2019 года в Певеке), управляемый термоядерный синтез (в том числе участие России в международном проекте ИТЭР) и материалы и технологии для атомной энергетики. Согласитесь, что это громадный «технологический пакет».

Экономическая эффективность любой энергетической технологии зависит от серийности энергоблоков и масштабов использования: чем больше, тем удельно дешевле. Но для атомной генерации есть еще один аспект, связанный с двухкомпонентной атомной энергетикой и замыканием ядерного топливного цикла с использованием реакторов на быстрых нейтронах. Это повышает масштаб ядерных энергоресурсов на два порядка (в 100 раз) за счет перевода урана-238 (который лежит на складах пока без движения) в энергоресурс в реакторах на быстрых нейтронах. Это известный проект «Прорыв», первая реализация которого произойдет в Сибири: на Сибирском химическом комбинате в Северске, пригороде Томска, строится первый реактор естественной безопасности с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем (реактор БРЕСТ-ОД-300) и сопутствующие производственные комплексы — модуль фабрикации-рефабрикация ядерного топлива и пр. Так что крупнейшие комбинаты атомной отрасли, расположение которых именно в Сибири и на Урале, могут стать в будущем и энергетическими центрами федерального масштаба. Что касается Дальнего Востока — это огромные территории, на которые завоз ядерного топлива для атомных энергоблоков гораздо эффективнее транспортировки любых других видов энергоресурсов. Вспомним еще раз ПАТЭС в Певеке на Чукотке.

В близкой перспективе появление новых объектов атомной генерации означает строительство,

развитие, новые рабочие места и пр. В отдаленной перспективе — это точки притяжения инвестиций, а следовательно, освоение тех громадных природных богатств, которыми гордится страна: от полезных ископаемых до рекреационного потенциала. Это означает устойчивое развитие территорий, которое предполагает наличие энергетической инфраструктуры. Причем в Генсхеме это прописано довольно подробно на региональном уровне. Достаточно упомянуть, что распоряжение о Генеральной схеме электроэнергетики содержит 160 страниц. Надо поблагодарить разработчиков Генеральной схемы, они проделали огромную работу, которая в современных условиях дает возможность обосновать эффективные экономические решения: обработка и анализ больших данных позволяет подключить и моделирование, и обученные нейронные сети, называемые искусственным интеллектом, к принятию наиболее эффективных решений стратегического характера.

Из первоочередных задач для реализации проектов Генсхемы можно отметить необходимость цифровой революции на всех этапах освоения перспективных энергоресурсов: от проектирования и создания до «умных» сетей использования энергии, «умных» контрактов при заключении сделок, цифровых аккредитивов в инвестиционных процессах и предиктивной аналитики на базе обработки и анализа больших данных. Все это, конечно, развивается, надо только ускорить эти процессы и сделать безопасной критическую информационную инфраструктуру на базе отечественных решений. Очень многое в этой сфере уже сделано (отечественное ПО типа «Логос» и пр.), но предстоит сделать еще больше. Только масштабные цифровые платформы, информация в которых постоянно актуализируется, позволяют в современном мире быть конкурентоспособным. А это работа, квалификация кадров, информационное «железо» и перспективное программное обеспечение. Так что на материальную энергетическую инфраструктуру надо накинуть сверху информационную инфраструктуру, и тогда нас будет не догнать никому!

Если говорить о прогнозировании потребности в электроэнергии, то прогнозы вообще сегодня вещь совершенно необходимая. В Федеральном законе 2014 года «О стратегическом планировании в Российской Федерации» есть 22 статья, которая так и называется — «Научно-технологическое прогнозирование». После этого вышло уже несколько подзаконных актов по технологиям прогнозирования, было проведено много прогнозных мероприятий, которые на зарубежный манер называются «форсайт-исследования». Вообще, термин «форсайт», хотя и имеет англоязычную природу, не только означает «видение будущего», но и предполагает формирование дорожных карт приближения к этому самому будущему. Главное — понимать, что бесплатных прогнозов не бывает: это тяжелый и длительный труд множества экспертов, оснащенных

современной техникой и программными продуктами. Поэтому должен быть источник финансирования и система управления, тогда научно-технологическое прогнозирование можно эффективно использовать для стратегического планирования, в том числе и в энергетике. А в наборе технологий прогнозирования сегодня около полусотни наименований. Первый масштабный прогноз «Технологии-2030», в котором участвовал и НИЯУ «МИФИ», был одобрен

правительством России в далеком 2014 году, а потом уже был принят и закон о стратегическом планировании, и подзаконные акты, и несколько лет проходило прогнозирование развития Национальной технологической инициативы, получившее наименование «Форсайт-флот». Так что сегодня научно-технологическое прогнозирование — это эффективный инструмент стратегического планирования, если к нему относиться серьезно и ответственно.

«Генеральная схема меняет вектор развития энергоснабжения Сибири и Дальнего Востока в пользу атомной энергетики»

Утвержденная в декабре 2024 года Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики РФ содержит в себе сигналы планируемых институциональных изменений, которые приведут к постепенной трансформации как отрасли электроэнергетики, так и экономики страны в целом.

Во-первых, Генеральная схема закладывает значительный прогнозный рост объемов потребления электроэнергии на период предстоящих 18 лет, который составляет 20%, а также прирост объемов потребляемой мощности на 18% (31 ГВт). Указанная динамика прироста потребления электроэнергии является достаточно оптимистичной, т.к. за предшествующий 16-летний период развития экономики России (2008–2023 гг.) фактический прирост потребления электроэнергии в России составил лишь 14%.

Во-вторых, основная доля прироста потребления электроэнергии будет касаться второй синхронной зоны ЕЭС России, а это территории Сибирского федерального округа. Прогнозный прирост потребления электроэнергии в этом энергорайоне составит 50%. Это определяет далеко идущие планы по освоению экономики территорий Сибири.

В-третьих, существенной особенностью изменений, вводимых в Генеральной схеме, является изменение структуры выработки электроэнергии по типам электростанций, прежде всего увеличение доли АЭС в структуре баланса производства с 19 до 24%, а также прирост объемов выработки электроэнергии на ВЭС и СЭС, а также ГАЭС. Из этого следует тенденция изменения технологической политики развития электроэнергетики России, которая со времен СССР делала ставку на развитие газовой электрогенерации.

В-четвертых, планируется строительство большого количества АЭС в Сибири и на Дальнем Востоке. На указанных территориях приоритетные объемы выработки электроэнергии всегда отдавались ГЭС, что связано со значительным гидротехническим потенциалом указанных промышленных районов. При этом утвержденная Генеральная схема все же меняет вектор развития энергоснабжения Сибири и Дальнего Востока в пользу атомной энергетики.

Появление новых объектов атомной энергетики позволит развить промышленный потенциал экономических районов, в которых планируется строительство АЭС как в краткосрочной, так и в стратегической перспективе. При этом ключевой сложностью при реализации новых проектов в атомной промышленности является дефицит квалифицированных кадров, прежде всего на территориях Сибири и Дальнего Востока.

В текущих условиях прогноз спроса на электроэнергию на перспективу 80 лет (срок службы АЭС) делать сложно. Однако, как следует из действующих условий развития экономики России, спрос на электроэнергию формируется там, где есть на нее предложение как в части свободных мощностей, так и в части низкой и конкурентоспособной цены на рынке электроэнергии. Поэтому для строящихся проектов атомной энергетики спрос будет всегда.

Современная атомная промышленность России отличается высоким качеством и надежностью производимых энергоблоков. Также, как известно, атомные электростанции обеспечивают базовую (постоянную) нагрузку спроса на электроэнергию в энергосистеме, а волатильная часть спроса обеспечивается другими, более маневренными типами электростанций.

Современный этап развития оптового рынка электроэнергии постепенно «обучает» потребителей управлять собственным спросом на электроэнергию и мощность, а также использовать механизмы регулирования нагрузки со стороны гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Если посмотреть на планы развития Генеральной схемы, то можно увидеть планы по вводу ГАЭС, современная доля которых в ЕЭС России является минимальной. Согласно Генеральной схеме, планируется ввести в строй сразу пять ГАЭС, которые смогут участвовать в регулировании спроса на электроэнергию в масштабах отдельных ОЭС России. Планы по вводу ГАЭС, безусловно, являются тенденцией к изменению политики технологического развития электроэнергетики России, совершенствованию процессов управления режимами ЕЭС, а также развитию технологий управления спросом в масштабах энергорынка.



Анатолий Дзюба

Профессор кафедры «Системы управления энергетикой и промышленными предприятиями» Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, доктор экономических наук

От производителя до потребителя

Генсхема-2042: задачи по развитию сетевой инфраструктуры и возможные меры по оптимизации затрат на строительство

Генеральная схема размещения объектов энергетики до 2042 года направлена на формирование рациональной перспективной структуры генерирующих мощностей и объектов электросетевого хозяйства, обеспечивающих долгосрочный баланс производства и потребления электрической энергии и мощности в Единой энергетической системе (ЕЭС) России. С учетом определения наилучших доступных технологий в области производства и передачи электроэнергии (включая АЭС малой мощности и АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, гидроаккумулирующие электростанции, линии передачи постоянного тока) и их технико-экономических характеристик, в дальнейшем на базе Генеральной схемы формируются долгосрочные производственные планы по выпуску энергетического оборудования, а также проводится оценка объемов необходимых инвестиций в новое строительство.

Важнейшим условием эффективной интеграции новых генерирующих мощностей, совокупный объем которых, согласно Генсхеме, превышает 88 ГВт (это треть установленной мощности всех станций ЕЭС, составляющей 263 ГВт), является их синхронизация с развитием электросетевой инфраструктуры. Так, в части сетевого комплекса в Генсхеме предусмотрены мероприятия по строительству магистральных сетей 330 кВ и выше для ЕЭС и 220 кВ и выше для территориально изолированных технологических энергосистем¹. Кроме того, проработаны схемы выдачи мощности (СВМ) вновь вводимых станций мощностью свыше 100 МВт.

Однако список строительства сетевой инфраструктуры является далеко не окончательным. Более того, для каждого нового генерирующего объекта будет разрабатываться собственный проект с повторной проработкой СВМ на уточненные условия, соответствующие периоду ввода в работу, актуализируя решения Генеральной схемы.

Планы и масштабы

Согласно Генсхеме, суммарная протяженность ЛЭП 330–750 кВ, планируемых к строительству до 2036 года, составляет более 12 000 км, а совокупная трансформаторная мощность подстанций — более 26 000 МВА. Для сравнения: за аналогичный период с 2007 года в России было введено в эксплуатацию свыше 15 000 км ЛЭП 330 кВ и выше и трансформаторного оборудования общей мощностью более 86 000 МВА. При этом наиболее интенсивный период ввода оборудования пришелся именно на последние 10 лет. Исходя из этого, с точки зрения масштабов строительства магистральной сети предстоящие задачи оцениваются как вполне реалистичные в условиях достаточно эффективно выстроенного процесса строительства сетевой инфраструктуры, подтвержденного многолетней практикой. Это важный фактор, поскольку темпы развития сетевой инфраструктуры должны опережать ввод новых генерирующих мощностей, обеспечивая их своевременное подключение и выдачу проектной мощности в момент ввода объектов генерации.

Однако сохраняются вопросы, касающиеся готовности производственных мощностей в части некоторого оборудования, в первую очередь выпуска комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 500–750 кВ, а также производства микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики.

Отдельным направлением, оставшимся за рамками Генсхемы, осталась оценка мероприятий по строительству, техническому перевооружению и реконструкции распределительного комплекса 220–110 кВ и ниже, без реализации которых прием новых мощностей потребителями становится невозможным, а необходимый объем финансирования может быть сопоставим с затратами на строительство магистральных сетей.

Межсистемные связи

Среди наиболее технологически сложных проектов, предусмотренных Генсхемой, особое место занимают линии передачи постоянного тока (ППТ), которые не строились в России в последние десятилетия (последним проектом с применением постоянного тока была вставка на подстанции 220 кВ «Могоча» мощностью 200 МВт, введена в эксплуатацию в 2014 году для обеспечения параллельной работы ОЭС Сибири и Дальнего Востока). К таким проектам относится строительство ППТ Итатская — Ключи — Чита — Мокская ГЭС — Даурия суммарной протяженностью более 4000 км. Задача данных проектов — передача избытков мощности из Восточной Сибири, а также выдача мощности вновь строящейся Мокской ГЭС (1100 МВт) для покрытия дефицита в юго-восточной части Сибири и западных районах Амурской области. Реализация указанных проектов обеспечит как усиление межсистемных связей между ОЭС Сибири и Востока, окончательно решив вопрос их параллельной работы, так и окажет комплексный эффект на шунтирующие связи 220–110 кВ за счет их разгрузки от транзитных перетоков, повышая надежность режимов работы и облегчая проведение ремонтных кампаний в условиях роста железнодорожных нагрузок Восточного полигона.

Еще один проект — строительство ППТ от Нововоронежской АЭС до Москвы. Его задача, наряду со строительством генерации и ЛЭП 750 кВ, — покрытие дефицита мощности в южной части Московского региона в долгосрочной перспективе.

Генеральной схемой также определена конфигурация усиления межсистемных связей Урал — Сибирь за счет строительства линий передачи 500 кВ Курган — Таврическая — Алтай. Реализация данных проектов направлена на решение многолетнего вопроса ограниченной пропускной способности связи между двумя ОЭС, а также на повышение энергетической безопасности за счет сокращения транзитных перетоков по линиям, проходящим по территории соседних государств. Помимо этого, строительство дополнительного транзита повысит эффективность работы сибирских ГЭС и позволит снизить дефицит мощности в восточных регионах страны в периоды маловодья, особенно на фоне устойчивого роста электропотребления.

Вопросы финансирования

Все капитальное сетевое строительство условно подразделяется на две группы. Первая — это СВМ, необходимые для ввода новых генерирующих объектов

Зарубежный опыт

Программа Made in China 2025 («Сделано в Китае — 2025»), запущенная в 2015 году, была нацелена на превращение Китая в лидера высокотехнологичного производства и снижение зависимости от импорта в ключевых отраслях. В рамках программы Китай поставил цель локализовать до 70% производства ключевого электроэнергетического оборудования, включая технологии ультравысокого класса напряжения и «умных сетей». Одним из приоритетов стало развитие производств трансформаторов, выключателей и элегазовых КРУЭ, ранее зависимых от импорта. Уже к началу 2020-х годов страна достигла полной локализации производства высоковольтного оборудования 500–750 кВ. Крупнейшие производители, такие как China XD Electric, при государственной поддержке создали масштабную научно-производственную базу, обеспечив выпуск полного спектра оборудования до 800 кВ.

(без СВМ подключение любой новой станции невозможно, и затраты на нее относятся на соответствующий проект генерации). Вторая группа — мероприятия по развитию сетевого комплекса, направленные на увеличение пропускной способности сечений в связи с дефицитом мощности энергорайонов как в нормальных, так и в ремонтных режимах.

Оцененный объем инвестиций в развитие магистрального электросетевого комплекса превышает 2,5 трлн рублей, из которых около одной пятой части предусмотрено на строительство СВМ. И эта цифра, как ранее отмечалось, не является окончательной, к тому же оценка строительства новых ЛЭП выполнена только до 2036 года. Требуемый объем строительства и инвестиций после 2036 года будет определяться в рамках актуализации Генеральной схемы, проводимой один раз в три года при подготовке отчета по ее реализации.

В период 2025–2042 годов совокупная потребность в капиталовложениях на развитие генерирующих мощностей и электросетевой инфраструктуры оценивается более чем в 42,5 трлн рублей. При этом проведенный анализ ценовых и тарифных последствий показывает, что совокупная выручка, формируемая во всех сегментах отрасли (как в генерации, так и в сетях), недостаточна для покрытия этих потребностей. Дефицит выручки за указанный период оценивается в размере 41,4 трлн рублей. В этих условиях традиционные механизмы, основанные на последовательном увеличении тарифной и ценовой нагрузки, утрачивают эффективность и не позволяют обеспечить устойчивую финансовую основу развития электроэнергетики в долгосрочной перспективе.

В настоящее время обсуждаются подходы и механизмы привлечения инвестиций в отрасль для

¹ Энергосистемы Камчатского края, Чукотского автономного округа, Магаданской и Сахалинской областей, а также Норильско-Таймырская энергосистема в Красноярском крае.

Генсхема-2042		Инфраструктура		Генсхема в цифрах		Подробности	
		реализации обозначенных планов. Однако энергетика в последнее время не входит в число наиболее привлекательных с точки зрения инвестиций отраслей экономики: по данным McKinsey & Company, рентабельность инвестированного капитала (ROIC) после налогообложения в энергетическом секторе составляет 6–9%. При этом в условиях текущей макроэкономической ситуации и высокой стоимости заемного финансирования, что влечет сокращение инвестиционных программ энергетических компаний, создаются риски для реализации решений Генеральной схемы, требующих ежегодных вложений на уровне 2,5 трлн рублей. Если рассматривать пример Китая, то опыт этой страны демонстрирует масштабные программы энергетического строительства, поддерживаемые доступными финансовыми ресурсами. Базовая кредитная ставка для промышленного сектора, включая энергетические компании, в Китае составляет 3–3,4% годовых, что существенно облегчает привлечение инвестиций. Для сравнения, согласно данным Генеральной схемы, прогнозируемая средняя процентная ставка по заемным средствам составляет: 18% — в 2025 году, 13% — в 2026 году, 10,5% — в 2027 году, а начиная с 2027 года ставка по всем сегментам отрасли принята на уровне 10% годовых. Альтернативный пример устойчивого роста и масштабного развития на фоне уже бюджетной поддержки — жилищное строительство, и финансирование этой сферы существенно превышало объемы инвестиций, необходимых для реализации проектов в электроэнергетике. В текущих же экономических и геополитических условиях, когда надежность энергоснабжения становится фактором технологической и социальной безопасности, приоритетное развитие энергетической инфраструктуры приобретает критически важное значение, требуя расстановку приоритетов. Решения о финансировании проектов Генсхемы нуждаются в оперативном принятии, в противном случае реализация таких мероприятий, как		> 42,5 трлн рублей оценка совокупной потребности в капитальных вложениях на развитие генерирующих мощностей и электросетевой инфраструктуры в период 2025–2042 годов		способствовать повышению эффективности использования уже построенной инфраструктуры и достижению ее экономической окупаемости. Адаптация нормативного регулирования становится также направлением оптимизации проектных решений в электроэнергетике. Одним из таких шагов является новая редакция Методических указаний Минэнерго России по обеспечению устойчивости энергосистем. Внесенные изменения направлены как на учет активно внедряемой системы мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ) при управлении режимами работы энергосистем, так и на исключение ряда нормативных групп возмущений. Учет этих факторов снижает требования как к резервам мощности, так и к инфраструктуре, а также создает предпосылки для более эффективного использования пропускной способности существующих сетей и одновременного снижения капиталоёмкости новых инвестиционных проектов. Механизмы управления спросом способствуют снижению пиковых нагрузок, что позволяет оптимизировать потребность в строительстве новых генерирующих и сетевых мощностей. Например, пилотный проект, реализованный в Пекине в 2013–2015 годах, наглядно подтвердил эффективность данного подхода. В рамках проекта была усилена дифференциация тарифов по времени потребления (увеличение разницы между дневными пиковыми и ночными тарифами) и привлечены к управлению нагрузкой крупные промышленные потребители. В результате удалось снизить пиковое значение потребления почти на 800 МВт, что соответствовало 4–5% нагрузки города. Достигнутый эффект позволил отсрочить строительство новых пиковых генерирующих мощностей и необходимость усиления внешней схемы электроснабжения столицы. Разработка механизмов стимулирования безаварийной работы оборудования приобретает все большее значение в контексте планирования развития электроэнергетики. Аварийность оказывает прямое влияние на формирование потребности в строительстве новых сетевых и генерирующих мощностей. Максимальная аварийность на электростанциях ЕЭС за последние пять отопительных сезонов увеличилась с 5,6 до 12 ГВт, что соответствует росту в 2,1 раза, а в период экстремально высоких температур, начиная с 2020 года, рост увеличился в 3,2 раза. Согласно СИПР ЕЭС, для обеспечения надежной работы ОЭС Юга требуется ввод более 2,8 ГВт новой генерации. Однако, по оценкам Системного оператора, при условии отсутствия аварийности необходимость в данном строительстве могла бы быть устранена. Аналогичным образом снижение аварийности в ОЭС Сибири и Востока позволило бы сократить потребность в строительстве новой генерации либо заменить ее на менее капиталоемкие сетевые решения. Эти обстоятельства подчеркивают целесообразность создания инструмента, стимулирующего поддержание субъектами электроэнергетики оборудования в техническом состоянии, не допускающем превышения среднестатистических уровней аварийности.	

строительство ППТ (требующее не только восстановления компетенций в этой области, но и разворачивания отечественных производств), рискует остаться только в планах на бумаге.	
Направления оптимизации	
Наряду с ключевыми вопросами — от поиска инвестиций и совершенствования механизмов поддержки до пересмотра подходов к обоснованию стоимости строительства АЭС (это уже произошло: в 2024 году правительством утверждены предельный CAPEX и другие ключевые параметры расчета цены на мощности новых атомных блоков) и ГЭС, капитальные затраты которых по ряду причин не могут быть покрыты исключительно за счет доходов от продажи электроэнергии, — все более проявляются тенденции, потенциально способствующие оптимизации мероприятий и затрат на новое строительство.	
Одним из направлений является регулирование майнинга. Показательным примером служит временный запрет майнинговой деятельности, введенный на территории Иркутской области, Забайкальского края и Республики Бурятии в период прохождения осенне-зимнего максимума нагрузок. По информации Системного оператора ЕЭС, данная мера уже позволила пересмотреть ранее сформированные оценки потребности в строительстве новых генерирующих мощностей в сторону их сокращения, а возможно, и переориентировать планы на развитие сетевой инфраструктуры, включая увеличение пропускной способности связей Братск — Иркутск и Сибирского транзита 500 кВ от Итатской до Читы.	
С другой стороны, гибкость размещения «мобильных» майнинговых центров целесообразно рассматривать не только как инструмент предотвращения локальных дефицитов мощности. По данным Минэнерго, в период 2010–2016 годов по заявкам на технологическое присоединение потребителей было введено 65 ГВт сетевой мощности, из которых фактически было востребовано лишь около 12%, а общий объем невостребованной мощности оценивался на уровне 60% от всей мощности сетевой инфраструктуры. При этом затраты на строительство и обслуживание сетевых объектов полностью возлагаются на сетевые компании и учитываются в тарифе на передачу электроэнергии. С учетом этого факта гибкое управление размещением «мобильных» потребителей может	

Ликвидация так называемых запертых мощностей электростанций (то есть мощностей, не имеющих возможности выдачи в сеть из-за сетевых ограничений) остается актуальной задачей в условиях устойчивого роста потребления электроэнергии. Существенный объем запертой мощности сохраняется на сегодняшний день на ряде электростанций ЕЭС. Однако решение этой проблемы зачастую остается в зоне ответственности собственников генерирующих объектов, в то время как формирующийся дефицит мощности в отдельных регионах уже приобретает общесистемный характер. Здесь можно также отметить и проблематику ограничений мощности ВИЭ, построенных по ДГП. В этой связи представляется целесообразным инициировать централизованную комплексную работу по оценке существующих ограничений мощности на станциях и разработке технических решений по их устранению. Возможно, данные мероприятия окажутся менее капиталоемкими и более эффективными в сравнении со строительством новых генерирующих мощностей.	
--	--

способствовать повышению эффективности использования уже построенной инфраструктуры и достижению ее экономической окупаемости.

Адаптация нормативного регулирования становится также направлением оптимизации проектных решений в электроэнергетике. Одним из таких шагов является новая редакция Методических указаний Минэнерго России по обеспечению устойчивости энергосистем. Внесенные изменения направлены как на учет активно внедряемой системы мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ) при управлении режимами работы энергосистем, так и на исключение ряда нормативных групп возмущений. Учет этих факторов снижает требования как к резервам мощности, так и к инфраструктуре, а также создает предпосылки для более эффективного использования пропускной способности существующих сетей и одновременного снижения капиталоемкости новых инвестиционных проектов.

Механизмы управления спросом способствуют снижению пиковых нагрузок, что позволяет оптимизировать потребность в строительстве новых генерирующих и сетевых мощностей. Например, пилотный проект, реализованный в Пекине в 2013–2015 годах, наглядно подтвердил эффективность данного подхода. В рамках проекта была усилена дифференциация тарифов по времени потребления (увеличение разницы между дневными пиковыми и ночными тарифами) и привлечены к управлению нагрузкой крупные промышленные потребители. В результате удалось снизить пиковое значение потребления почти на 800 МВт, что соответствовало 4–5% нагрузки города. Достигнутый эффект позволил отсрочить строительство новых пиковых генерирующих мощностей и необходимость усиления внешней схемы электроснабжения столицы.

Разработка механизмов стимулирования безаварийной работы оборудования приобретает все большее значение в контексте планирования развития электроэнергетики. Аварийность оказывает прямое влияние на формирование потребности в строительстве новых сетевых и генерирующих мощностей. Максимальная аварийность на электростанциях ЕЭС за последние пять отопительных сезонов увеличилась с 5,6 до 12 ГВт, что соответствует росту в 2,1 раза, а в период экстремально высоких температур, начиная с 2020 года, рост увеличился в 3,2 раза.

Согласно СИПР ЕЭС, для обеспечения надежной работы ОЭС Юга требуется ввод более 2,8 ГВт новой генерации. Однако, по оценкам Системного оператора, при условии отсутствия аварийности необходимость в данном строительстве могла бы быть устранена. Аналогичным образом снижение аварийности в ОЭС Сибири и Востока позволило бы сократить потребность в строительстве новой генерации либо заменить ее на менее капиталоемкие сетевые решения. Эти обстоятельства подчеркивают целесообразность создания инструмента, стимулирующего поддержание субъектами электроэнергетики оборудования в техническом состоянии, не допускающем превышения среднестатистических уровней аварийности.

Фокус — на качестве проектирования

Российская электроэнергетика вступает в новый инвестиционный цикл, требующий комплексного подхода к развитию как генерирующих мощностей, так и сетевой инфраструктуры. В этой связи создание нового департамента в Минэнерго РФ и штаба по мониторингу строительства — важные шаги.

Однако ключевым фактором, определяющим сроки, эффективность и стоимость реализации проектов, остается качество проектирования. В настоящее время проектные институты функционируют разрозненно, отличаются уровнем квалификации, что по ряду причин увеличивает риски задержек сроков по проектам на всех этапах: от разработки проектной документации до ввода объектов в эксплуатацию, а увеличение сроков всегда ведет к удорожанию проектов. В том числе вопрос проектирования становится более актуальным для масштабных энергетических проектов в Сибири и на Дальнем Востоке, где необходим системный и скоординированный подход, требующий понимания региональных особенностей функционирования энергосистем, а также высокой квалификации кадров.

Одним из возможных решений могло бы стать создание регионального единого центра проектирования на базе ведущих энергетических компаний. Такая структура позволит повысить качество проектных решений, минимизировать технологические и организационные риски, а также существенно сократить сроки и издержки на реализацию крупных инвестиционных проектов, предусмотренных Генеральной схемой.

Генсхема-2042	Мнения	На фото
ПАТЭС «Академик Ломоносов». Новая Генсхема предусматривает решение проблем изолированных энергосистем за счет атомных станций малой мощности		

Движение вперед: эксперты в области электроэнергетики о новой Генсхеме



Валерий Андрианов

Доцент кафедры политологии Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

«Цифры в Генсхеме — это тот минимум, который точно надо обеспечить»

Обращает на себя внимание увеличение планируемых масштабов ввода мощностей АЭС. Если в предыдущей Генсхеме (на 2017–2035 гг.) был запланирован ввод по минимальному сценарию 17,7 млн кВт, а по базовому — 21,4 млн кВт, то в новой Генсхеме при той же продолжительности прогнозируемого периода (18 лет, с 2024 по 2042 г.) этот показатель увеличен до 29,299 млн кВт.

Несколько по-иному расставлены и технологические акценты. Так, в Генсхеме-2035 основным направлением развития атомных электростанций называлось «внедрение энергоблоков с реакторами типа ВВЭР-ТОИ». В новой же редакции помимо оптимизированных реакторов типа ВВЭР предлагается также «разработка и внедрение энергоблоков средней мощности с реакторами типа ВВЭР; освоение технологий атомных электростанций малой мощности; освоение технологий замкнутого ядерного цикла». При этом подчеркивается, что энергоблоки средней мощности будут востребованы в энергосистемах, «в которых системные ограничения не позволяют обеспечить надежную эксплуатацию энергоблоков большой единичной мощности».

Также существенно расширен перечень объектов, планируемых к строительству в Сибири и на Дальнем Востоке. Причина того, что советские планы по их строительству не были реализованы, очевидна. В результате реформ 1990-х годов мы получили деиндустриализацию экономики, обернувшуюся



в том числе падением спроса на энергоресурсы. Свою роль сыграла и чернобыльская катастрофа, на долгие годы поставившая под вопрос безопасность атомной генерации. Сегодня же, с одной стороны, Россия находится в состоянии стабильного экономического роста, причем базирующегося на расширении промышленного производства. Драйвером этого процесса, конечно, стало импортозамещение. При этом значительная доля и модернизируемых, и новых промышленных мощностей находится в Сибири и на Дальнем Востоке, и этот восточный вектор будет лишь усиливаться за счет переориентации нашей экономики с западных рынков на Азиатско-Тихоокеанский регион. Соответственно, растет и спрос на энергоресурсы, который может быть удовлетворен как за счет разработки газовых ресурсов упомянутых регионов, так и благодаря сооружению новых АЭС.

С другой стороны, технологический прогресс сделал атомную энергетику более безопасной, существенно снизив риск аварий. И это также стимул для возвращения к старым советским планам, но уже в новом экономическом и технологическом формате.

Появление новых АЭС даст прежде всего стабильный источник энергоснабжения. Да, Россия обладает значительными запасами ископаемых энергоресурсов, которые будут оставаться основой энергобаланса на ближайшие десятилетия. Но развитие атомной генерации позволяет обеспечить электроэнергией те регионы, которые испытывают дефицит традиционных энергоресурсов или где недостаточно развита газотранспортная инфраструктура. Особенно это актуально для отдаленных регионов, что наглядно продемонстрировал пример Чукотки. Опыт создания и эксплуатации ПАТЭС «Академик Ломоносов» актуален и для других регионов. И новая Генсхема также предусматривает решение проблем, в частности, Чукотки и других отдаленных регионов за счет малых АЭС.

Немаловажным является и то обстоятельство, что атомная генерация будет способствовать развитию низкоуглеродной энергетики, а значит, достижению углеродной нейтральности РФ к 2060 году, как это определено в Климатической доктрине РФ. Одним из следствий достижения этой цели станет усиление роли России на рынке углеродных единиц, что может стать одной из важных доходных статей нашего бюджета.

А для регионов, конечно, это и рабочие места, и социальные проекты «Росатома», и мультипликативный

Фото: ГК «Росатом», СХК, РИА «Новости» / Валерий Мельников, Антон Глухоедов

эффект за счет эксплуатации АЭС, и общее повышение технологического потенциала.

По сути, главная сложность при реализации Генсхемы одна — финансирование. Значительная часть планируемых проектов отодвинута на период 2037–2042 годов, что обусловлено не только длительным циклом их технологической подготовки, но и необходимостью поиска источников инвестиций.

В Генсхеме дается прогноз роста потребления электроэнергии до 2042 года. Это достаточно длительный период, поэтому о точности таких прогнозов можно говорить с большой долей условности. При этом бросается в глаза осторожность оценок: ожидаемая динамика роста потребления электроэнергии замедляется, ее пик прогнозируется уже на 2026 год (+2,5%), а к 2042 году этот показатель снижается до 0,5%. А среднегодовой прирост потребления составляет 1,28%. Это обусловлено отнюдь не неверием в перспективы российской экономики, а отсутствием на сегодняшний день реальных проектов, обеспечивающих данный рост. Понятно, что со временем такие проекты появятся, что закономерным образом потребует

«Появление новых объектов атомной генерации создает условия для развития регионов и экономики страны»

В Генсхеме-2042 относительно атомной энергетики предполагается рост доли АЭС в совокупной установленной мощности электростанций с 11,7% в 2023 году до 15,7% в 2042 году (в базовом сценарии) и рост доли АЭС в выработке электроэнергии с 18,9% в 2023 году до 24% в 2042 году. При этом предполагается вывод 10,4 ГВт мощности и ввод 38 атомных энергоблоков мощностью 29,3 ГВт. В Генсхеме-2035 также предполагалось увеличение доли АЭС в установленной мощности электростанций и в выработке электроэнергии, к 2035 году ввод атомных энергоблоков должен был составить 18 ГВт.

Принципиальным отличием рассматриваемых Генсхем является размещение новых энергоблоков. В Генсхеме-2035 новые АЭС вводились в центральной части России, а в Генсхеме-2042 значительная часть АЭС вводится в том числе на Урале (Рефтинская АЭС, Южноуральская АЭС), в Сибири (Сибирская АЭС, Северская АЭС, Якутская АЭС, Норильская АЭС) и на Дальнем Востоке (Приморская АЭС, Хабаровская АЭС, Чукотская АЭС).

Надо отметить, что в Генсхеме-2042 есть риск завышенного прогноза: на первую пятилетку заложен крайне оптимистический прогноз роста спроса, а затем на остальной период действия Генсхемы-2042 рост относительно адекватный с точки зрения эластичности экономики (то есть приросты электропотребления 1,0–1,5% в год), но он начинается

очередного пересмотра Генсхемы. Более того, если исходить из мировых тенденций, рост потребления электроэнергии в стране может быть более динамичным, чем указано в Генсхеме, в связи с увеличением спроса со стороны центров обработки данных и других элементов цифровой экономики. Иными словами, цифры в Генсхеме — это ограничение по нижней планке, а не по верхней, это тот минимум, который точно надо обеспечить. Реальные потребности могут быть гораздо выше. К примеру, согласно сценарию ИНЭИ РАН, при среднем росте ВВП страны на 3% в год производство электроэнергии к 2050 году необходимо будет увеличить на треть. Поэтому нет сомнений и в востребованности новых атомных энергоблоков.

К тому же при наличии уже построенных и действующих АЭС рынок электроэнергии будет балансироваться за счет других видов генерации, прежде всего газовой (по крайней мере в тех регионах, где оба эти вида генерации присутствуют). Иными словами, проще сократить добычу газа (или перенаправить газ на внешние рынки), чем закрыть уже работающую АЭС. Но подобный сценарий избытка генерирующих мощностей нам, скорее всего, не грозит.



Валерий Семикашев

Заведующий лабораторией прогнозирования ТЭК Института народнохозяйственного прогнозирования (ИНП) РАН, кандидат экономических наук



Александра Терентьева

Научный сотрудник ИНП РАН, кандидат экономических наук



На фото

В Генсхеме отражены планы по строительству энергоблоков нового типа, в том числе с реакторами на быстрых нейтронах, необходимыми для замыкания ЯТЦ. В Северске Томской области ведется сооружение инновационного опытно-демонстрационного энергоблока с РУ БРЕСТ-ОД-300

При этом большая часть генерации на Дальнем Востоке устаревшая, крайне изношена и требует обновления — более 80% генерирующих объектов отработало нормативный срок эксплуатации. Решением проблем накапливающегося дефицита электроэнергии может быть ремонт существующего оборудования электростанций и строительство новых электростанций. Поскольку в области строительства АЭС есть отечественные технологии, целесообразно рассмотреть масштабирование этого решения.

Появление новых объектов атомной генерации покрывает растущий спрос на электроэнергию и обеспечивает надежное энергоснабжение территорий без риска отказа импортного оборудования, что может быть у газовых турбин. Все это создает условия для развития регионов и экономики страны. Однако в текущей конфигурации рынка жители и бизнес близлежащих населенных пунктов и регионов нового строительства не получают льгот, хотя они были бы разумны для условий строительства АЭС на новых площадках.

Вызовы для атомного комплекса состоят в переходе на больший выпуск основного оборудования и серийном возведении атомных энергоблоков (стройка, видимо, наиболее проблемная и затратная часть, особенно для новых площадок). Эти вызовы чисто административные, и мы не сомневаемся, что «Росатом» с ними справится. Но есть вызовы экономические — научиться строить в таких условиях дешевле в расчете на киловатт мощности, а не дороже. И концентрация усилий при реализации столь амбициозной задачи — строительства более 29 ГВт новых мощностей — должна быть на этом. А это совокупность управленческих

(улучшение управления жизненным циклом АЭС), технологических (совершенствование технологий) и инновационных (внедрение инновационных методов) решений.

Также надо сказать, что важнейшим вызовом как для «Росатома», так и для электроэнергетики в целом является вопрос стоимости финансирования реализации Генсхемы-2042. Сейчас расчеты сделаны исходя из стоимости кредита в 10%. В реальности в условиях турбулентности отечественной экономики и текущей политики ЦБ ставки могут быть выше. Поэтому в части финансирования надо предусмотреть, что первая половина наиболее востребованных новых мощностей финансируется под 5%, следующие 25% — под 10% (или рыночную ставку), а остальные 25% — по рыночной ставке. Глупо строить за счет дорогого финансирования те мощности, которые точно востребованы.

Напомним, стоимость кредита — это не договоренность нескольких экономических агентов, а плата за риск. Если риска в отношении спроса на электроэнергию нет, то можно эмитировать фондирование таких проектов по минимальным ставкам. И это приведет к позитивному влиянию на инфляцию (а для борьбы с высокой инфляцией держат высокую ключевую ставку). Тогда как финансирование по высоким ставкам, наоборот, приведет к росту цен на электроэнергию, что увеличит инфляцию через три-пять лет — после ввода новых дорогих мощностей.

Если говорить о прогнозировании потребности в электроэнергии с учетом длительного срока эксплуатации атомных станций, то следует отметить, что АЭС являются базовой генерацией. Новые станции проектируются (в рамках энергосистемы) как закрывающие эту базовую нагрузку, то есть они

Цифры

до 24%

планируется рост доли АЭС в выработке электроэнергии к 2042 году (с 18,9% в 2023 году)

38

атомных энергоблоков общей мощностью 29,3 ГВт планируется построить к 2042 году

замещают выбывающую базовую нагрузку и прогнозируемый рост базовой нагрузки. В дальнесрочной перспективе (30+ лет) неопределенность обычно выше. Но для электропотребления еще не было значимых страновых случаев, чтобы оно сокращалось. То есть если использовать подход прогнозирования

по догоняющему циклу развития, то горизонт 30+ лет можно рассматривать как относительно надежный с точки зрения роста спроса на электроэнергию. Кроме того, на том же Дальнем Востоке заявлены реальные проекты, которые увеличат потребление электроэнергии.

«Основное отличие новой Генсхемы — в акценте на технологию реакторов на быстрых нейтронах»

В редакции Генсхемы до 2035 года ставка делалась на проверенную как на российском рынке, так и за рубежом технологию ВВЭР, причем основное строительство было сосредоточено на существующих площадках АЭС для замещения выбывающих мощностей. Основное же отличие новой Генсхемы до 2042 года заключается в акценте на технологию реакторов на быстрых нейтронах с установленной мощностью 1,2 ГВт на новых площадках (Свердловская, Челябинская, Иркутская, Томская области). Стоит отметить, что в настоящий момент нет ни одной референтной (по типу РУ и мощности) АЭС в мире для таких проектов (не считая

БН-600 и БН-800 на Белоярской АЭС). Отсюда следуют возможные риски: одновременное сооружение и ввод в эксплуатацию (2037–2041 гг.) первых четырех энергоблоков нового поколения (поколения IV), отсутствие референтного проекта как такового — все это может привести к сдвигу сроков и стоимости строительства таких объектов. Тем не менее, развитие технологии реакторов на быстрых нейтронах является решением важной экологической проблемы накопления долгоживущих минорных актинидов, что станет значимым шагом не только для российской атомной промышленности, но и мировой ядерной энергетики в целом.

«В новой Генсхеме больше внимания уделяется азиатской части страны»

В новой Генсхеме есть определенная преемственность со старыми версиями, но есть больший упор на строительство атомных электростанций малой мощности. Дополнительно делается акцент на замыкании ядерного топливного цикла с помощью строительства АЭС с реакторами на быстрых нейтронах и больше внимания уделяется азиатской части страны, то есть речь идет о необходимости строительства АЭС в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Предполагается, что мировой рынок АЭС малой мощности будет очень активно развиваться. «Росатом» предлагает подобные проекты не только в России, но и за рубежом. Модульный объект ставится, например, около крупного населенного пункта, и таким образом этот населенный пункт полностью обеспечивается электроэнергией на годы и на десятилетия вперед. На такие проекты может быть спрос и для крупных промышленных объектов, которым необходима электроэнергия, в том числе на востоке нашей страны.

Так, на Дальнем Востоке объем потребления электроэнергии растет, и именно здесь возникает дефицит, который нарастает после 2022 года, потому что и транспортная составляющая значительно увеличилась, и значение Дальнего Востока в этом плане. И энергии уже не хватает, поэтому встает

вопрос, на базе какой генерации можно построить объект, чтобы удовлетворить возрастающий спрос и создать задел на будущее для развития промышленного комплекса Дальнего Востока в целом. Здесь есть объективные сложности, например с газовой генерацией. Газа лишнего нет, потому что предполагается, что еще 10 млрд м³ с месторождений шельфа Сахалина с 2027 года пойдет в Китай по ответвлению от газопровода Сахалин — Хабаровск — Владивосток. Поэтому для крупной электростанции газа на данный момент на Дальнем Востоке нет. А у «Росатома» есть линейка атомных энергоблоков на разную мощность.

Технических препятствий для строительства новых атомных энергообъектов нет, потому что мы видим, что АЭС «Росатома» строятся с очень большой степенью локализации, то есть фактически мы от импорта тут не зависим. Основной вопрос — это возврат инвестиций. Какой будет тариф на электроэнергию, как он будет индексироваться и пр. Есть и некоторая неопределенность с точки зрения спроса на электроэнергию, особенно если мы говорим про Восточную Сибирь. Там, условно говоря, сегодня майнят, поэтому имеется энергодефицит в Иркутской области, а завтра майнинга не будет и будет профицит предложений. Здесь нужны определенные гарантии спроса, но это и есть те самые гарантии возврата инвестиций.



Дарья Семенова

Старший преподаватель НИЯУ «МИФИ»



Игорь Юшков

Ведущий аналитик ФНЭБ, научный сотрудник Финансового университета при Правительстве Российской Федерации

Генсхема-2042	Мнения	На фото
		В Генсхеме обозначены приоритеты территориального развития, в том числе восточных регионов России, с учетом роста энергопотребления в новых проектах по добыче и переработке сырья



Сергей Черепов

Директор департамента энергетики «Рексофта»

«Новая Генсхема — это качественно новый подход к развитию атомной генерации»

В Генеральной схеме до 2042 года точно обозначены приоритеты территориального развития, в том числе восточных регионов России. При этом акцент делается не только на замещение выводимых мощностей, но и на опережение с учетом роста энергопотребления в новых проектах по добыче и переработке сырья, а также логистики (Северный морской путь). Кроме этого, учтен вклад АЭС малой мощности для изолированных и труднодоступных мест.

Сегодня существенно возросла потребность в источниках энергии для крупных проектов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. При этом современные проекты АЭС возможно существенно быстрее технологически реализовывать, чем 40 лет назад. Кроме того, актуальная ситуация требует энергонезависимости и экспорта энергоресурсов. АЭС дают стабильные цены, устойчивую энергобезопасность и высокий коэффициент загрузки.

В ближайшем будущем новые атомные станции — это надежное энергоснабжение промышленности, а также рост занятости населения и развитие инфраструктуры. В долгосрочной перспективе можно говорить о развитии новых промышленных территорий, росте экспорта электроэнергии и снижении углеродной нагрузки, что важно в контексте ESG-повестки. Атомная генерация становится основой для устойчивого, «зеленого» экономического развития в восточной части нашей страны.

Основные сложности при реализации планов, отраженных в Генсхеме, — кадровый и производственный дефицит, особенно на региональном уровне; логистика и строительство в удаленных районах. Первоочередные задачи — развитие производства (через кооперацию и/или развитие собственного), подготовка квалифицированных специалистов, оптимизация логистики поставок.

«Есть понимание, что электроэнергия будет становиться все более универсальным и востребованным источником энергии»

В новой Генсхеме по сравнению с предыдущей атомной энергетике уделено значительно больше внимания и места. Поставлена весьма амбициозная цель довести к 2045 году долю АЭС в балансе электрогенерации до 25%. К 2042 году предполагается ввод 29,3 ГВт новых мощностей, причем существенно расширена география строительства с особым фокусом на развитие генерации в Сибири и на Дальнем Востоке (+12,7 ГВт). Предполагается расширять линейку строящихся реакторов, в том числе за счет внедрения инновационных реакторов поколения IV и использования малых модульных реакторов для наиболее удаленных регионов. Прямо заявлено, что Россия считает развитие атомной энергетики одним из ключевых элементов перехода к низкоуглеродной экономике.

В советское время энергобаланс Сибири и Дальнего Востока вполне надежно покрывался угольной и гидрогенерацией. В принципе, можно было бы и дальше делать ставку на уголь, замещая новыми угольными блоками те, что требуют замены. Недостатка в угле у нас нет и не предвидится, хотя есть логистические ограничения. Но это никак не укладывается в цели по декарбонизации российской экономики и по улучшению экологической обстановки в городских агломерациях.

Кроме того, в советское время не было необходимых реакторов малой мощности (таких, как РИТМ-200 или РИТМ-400), которые планируется использовать для изолированных энергосистем Крайнего Севера и энергоснабжения отдельных потребителей.

Атомные станции — это долгосрочный (на десятилетия вперед), надежный, бесперебойный и низкоуглеродный источник энергии, приходящий на смену устаревающим угольным и газовым станциям. Российский ответ на требования по декарбонизации электроэнергетики — это сохранение ведущей роли и повышение эффективности газовой генерации, развитие атомной генерации в масштабах всей страны, а также на локальном уровне, там, где это экономически оправданно, солнечной и ветровой генерации, малых ГЭС, ГеоТЭС и пр. Эта формула не похожа на реализуемую или обсуждаемую в большинстве других стран, но она хорошо отражает особенности и потребности российской экономики.

Масштабная программа строительства новых АЭС — это еще и долгосрочный заказ для российской промышленности, стимул для развития отечественного атомного машиностроения, а также крупные инвестиционные проекты, способные существенно увеличить региональный внутренний продукт, улучшить инфраструктуру и создать рабочие места во многих субъектах РФ.

Основная сегодняшняя проблема — это слишком высокая стоимость заемного капитала, Впрочем, это

общий вызов для всей российской экономики. Чтобы конкурировать за капитал и другие ресурсы, атомной энергетике нужно снижать капитальные издержки, в том числе за счет масштабирования производства, включая поиск новых экспортных заказов, за счет цифровизации и пр. Как и во многих других отраслях промышленности, довольно остро стоит проблема дефицита кадров. Есть отдельные риски в части импортозамещения критических технологий и компонентов.

Для прогнозирования потребности в электроэнергии на длительный срок используются разные подходы. Но, как правило, оценивают темпы экономического роста и изменение его удельной энерго- и электроемкости, демографические изменения, включая миграцию населения внутри страны, эволюцию структуры спроса по ключевым группам потребителей, стоимость жизненного цикла разных видов генерации и пр. Никто сегодня не скажет точно, каким будет спрос на электроэнергию в России в 2080 или 2100 году. Любые расчетные модели будут давать большую погрешность. Но есть общее понимание, что электроэнергия будет становиться все более универсальным и востребованным источником энергии и поэтому спрос на нее может в перспективе вырасти в два-три раза. Это позволяет вполне уверенно строить новые объекты базовой нагрузки, такие как атомные станции, тем более что надежное энергоснабжение требует наличия существенного резерва мощностей.



Алексей Белогорьев

Директор по исследованиям Института энергетики и финансов

На фото

Ответ на требования по декарбонизации электроэнергетики — это в том числе развитие на локальном уровне, там, где это экономически оправданно, солнечной, ветровой и других видов низкоуглеродной генерации



Текст: Федор Веселов, кандидат экономических наук, заместитель директора ИНЭИ РАН

На горизонте Климатической доктрины

АЭС в технологическом профиле электроэнергетики 2060 года¹

В XXI веке на развитие мировой энергетики, помимо традиционных факторов технологической и межтопливной конкуренции, во все большей степени влияет так называемая климатическая повестка — требования по ограничению роста и последующему сокращению объемов выбросов парниковых газов, прежде всего диоксида углерода, возникающего при сжигании любого органического топлива.

«Попутная» декарбонизация российской электроэнергетики

Многие «развитые страны»² еще во время действия Киотского протокола сделали декарбонизацию главной целью своей энергетической политики, причем ее фокус пришелся именно на электроэнергетику: как правило, снижение выбросов парниковых газов (ПГ) в отрасли опережало снижение выбросов по экономике в целом (табл. 1).

Это решение объясняется тем, что именно в электроэнергетике имеются разнообразные технологические возможности для сокращения эмиссии ПГ за счет: — замещения органического топлива безуглеродными энергоресурсами (включая и атомную энергию); — повышения топливной эффективности (КПД) тепловых электростанций; — замещения газом более углеродоемких энергетических углей и мазута; — развития технологий улавливания CO₂ при сжигании топлива на тепловых электростанциях с его последующим захоронением.

В отличие от большинства развитых стран (прежде всего европейских), в России развитие

электроэнергетики в последние 10–15 лет не было политически ориентировано на интенсивное сдерживание выбросов ПГ. Однако при этом в отрасли было реализовано несколько важных инвестиционных программ, способствовавших заметному снижению углеродной интенсивности производства электроэнергии, в том числе: — ввод более 20 ГВт современных парогазовых и газотурбинных когенерационных мощностей с более высокой топливной эффективностью по сравнению с паросиловыми блоками; — ввод более 5 ГВт мощностей атомных электростанций и более 6 ГВт мощностей гидроэлектростанций; — запуск программы поддержки проектов ВИЭ-электростанций, мощность которых еще в конце 2019 года не превышала 1,5 ГВт, а на конец 2024 года достигла 6,8 ГВт.

Эти факторы в совокупности, а также изменение топливного баланса электростанций в пользу газа привели к тому, что фактические выбросы ПГ в отрасли в 2023 году еще оставались примерно на 2% ниже, чем в 2010 году, несмотря на существенный рост объемов производства электроэнергии (рис. 1). Если же сравнивать с выбросами, которые в 2023 году могли бы гипотетически случиться при сохранении производственной структуры и топливного баланса электроэнергетики на уровне 2010 года, то реализованный потенциал снижения составляет почти 100 млн тонн CO₂ и более четверти его обусловлено развитием атомной электрогенерации.

Стратегическое значение АЭС в отрасли как одновременно надежных базисных и безуглеродных источников электроэнергии неоспоримо. При этом созданный в том числе за счет активной программы зарубежного строительства промышленный задел позволяет после 2030 года увеличить интенсивность ввода атомных энергомощностей на территории России при

¹ Исследование выполнено в ИНЭИ РАН за счет гранта Российского научного фонда №21-79-30013-П. <https://rscf.ru/project/21-79-30013/>

² Имеются в виду страны, входящие в состав ОЭСР — Организации экономического сотрудничества и развития.

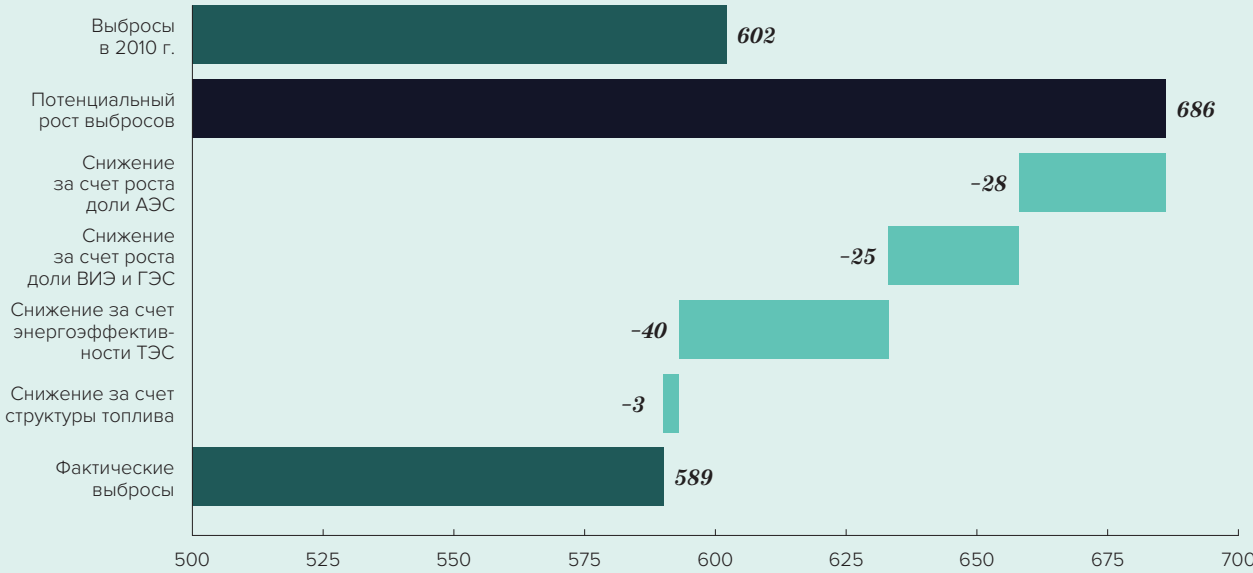
Снижение выбросов CO₂ от сжигания топлива для ряда развитых стран и России в период 2000–2021 гг., раз, относительно 2000 г.

	Суммарные выбросы CO ₂ от сжигания топлива			Суммарные выбросы CO ₂ в электроэнергетике		
	2010 г.	2019 г.	2022 г.	2010 г.	2019 г.	2022 г.
Мир в целом	1,31	1,43	1,45	1,34	1,50	1,59
США	0,94	0,83	0,81	0,92	0,67	0,64
Канада	1,04	1,10	1,04	0,82	0,63	0,56
Австралия	1,17	1,15	1,06	1,18	1,01	0,96
Япония	0,99	0,91	0,85	1,18	1,19	1,16
Великобритания	0,92	0,66	0,60	0,94	0,38	0,36
Франция	0,93	0,81	0,78	1,10	0,76	0,72
Германия	0,94	0,80	0,76	1,01	0,71	0,70
Испания	0,95	0,84	0,78	0,73	0,55	0,42
Италия	0,94	0,74	0,74	1,00	0,71	0,63
Россия	1,04	1,08	1,10	1,02	0,90	0,92

Источник: анализ ИНЭИ РАН по данным МЭА

Таблица 1

Вклад различных факторов в сдерживание выбросов CO₂ в электроэнергетике России с 2010 по 2023 г., млн т CO₂



Источник: анализ ИНЭИ РАН по отчетным данным

Рис. 1

на АЭС, хранения и утилизации радиоактивных ядерных отходов (в том числе их возврат в топливный цикл), спланировать динамику технических решений по всей отраслевой производственной цепочке.

Однако формирование прогнозов развития всей энергетики страны на такой горизонт осложнено высокими неопределенностями не столько в темпах роста энергопотребления, сколько в фундаментальных сдвигах его структуры, определяемых изменением не только технологий использования энергии, но и поведения потребителей, связанного с новым уровнем качества жизни. Не меньшие неопределенности находятся и на стороне энергопроизводства. Это касается не только темпов улучшения стоимостных и производственных характеристик технологий под влиянием технологического обучения и НТП, но и возможного слома наметившихся технологических трендов за счет более или менее раннего появления иных, так называемых подрывных технологий. (Подрывные технологии (Disruptive technologies) — это инновации, которые создают новый рынок и в результате разрушают существующий, вытесняя его признанных лидеров. — *Примеч. ред.*)

Научная и методическая основа разработки таких прогнозов находится еще на этапе своего формирования. Тем не менее представляется допустимым в рамках существующей парадигмы прогнозирования расширить временной горизонт, заглянув на десятилетие «за экватор» XXI века — до 2060 года, удвоив дальность прогноза по сравнению с Генеральной схемой. Анализ ситуации в электроэнергетике на такой срок важен для исследования потенциального вклада отрасли в достижение к 2060 году углеродной нейтральности экономики страны — цели, поставленной национальной Климатической доктриной, принятой в 2023 году.

«Электрический путь» к углеродной нейтральности

Достижение нулевого значения нетто-выбросов ПГ (то есть разности между антропогенными выбросами и поглощением экосистем) становится все более распространенной целью для долгосрочных национальных климатических стратегий стран — участниц Парижского соглашения по климату. По данным Университета Цинхуа³, на конец 2024 года такие цели на горизонте 2050–2070 годов были объявлены уже 151 страной, а в 86 из них уже разработаны и утверждены детальные дорожные карты по их достижению.

Значительная часть усилий по достижению этих целей связана с электроэнергетикой и вовлечением безуглеродных энергоресурсов — возобновляемых источников энергии и атомной энергии, которая все активнее включается в набор инструментов декарбонизации. В других секторах экономики снижение выбросов ПГ

нередко связывают с замещением топлива электро-энергией («новая электрификация»). Темпы этого процесса, очевидно, также будут сильно влиять на масштабы развития электроэнергетики и ее технологической структуры. «Новая электрификация» становится все более популярной темой в контексте радикального снижения выбросов ПГ — «электрический мир» становится одним из обсуждаемых сценариев достижения той самой углеродной нейтральности экономики, но при условии, что производство электроэнергии будет сопровождаться низким уровнем эмиссии ПГ.

Если посмотреть в целом на мир, то доля электроэнергии в структуре конечного энергопотребления⁴ выросла с 18% в 2010 году до 21% в 2022 году. При этом большинство прогнозов предполагают, что вклад электроэнергии будет увеличиваться с тем же или даже более высоким темпом и к 2050 году достигнет 30–50% (рис. 2).

В России на долю электроэнергии приходится 13–14% от конечного энергопотребления, однако при этом еще 20% занимает тепловая энергия. Помимо транспорта и промышленности, теплоснабжение является еще одним потенциальным направлением для сокращения выбросов ПГ (рис. 3).

В какой же мере электрификация может потребоваться для достижения нулевых нетто-выбросов в российской экономике? Предварительную оценку можно сделать на основе цифр Стратегии развития страны с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (СНУР). К 2050 году в целевом сценарии СНУР годовые нетто-выбросы ПГ должны снизиться на 60% от уровня 2019 года — до 630 млн тонн CO₂-экв. за счет (1) роста поглощающей способности экосистем (до 1200 млн тонн CO₂-экв.) и (2) снижения объема прямых выбросов (до 1830 млн тонн CO₂-экв.).

В 2019 году прямые годовые выбросы оценивались в 2120 млн тонн CO₂-экв., к 2030 году СНУР допускает их рост до 2210 млн тонн CO₂-экв. Таким образом, за 20 лет (с 2030 до 2050 г.) прямые годовые выбросы в экономике должны быть сокращены на 390 млн тонн CO₂-экв. Это составляет около 2/3 от текущего объема выбросов ПГ от электростанций страны.

При сохранении того же уровня поглощения ПГ для достижения углеродной нейтральности к 2060 году прямые годовые выбросы должны снизиться до 1200 млн тонн CO₂-экв. Таким образом, за следующие 10 лет потребуется обеспечить сокращение годовой эмиссии на 630 млн тонн CO₂-экв. Другими словами, после 2050 года темпы декарбонизации должны возрасти более чем втрое. Сам же объем сокращений годовых выбросов с 2030 по 2060 год составит 1120 млн тонн CO₂-экв. Это уже в 1,9 раз выше, чем текущие годовые выбросы от электростанций.

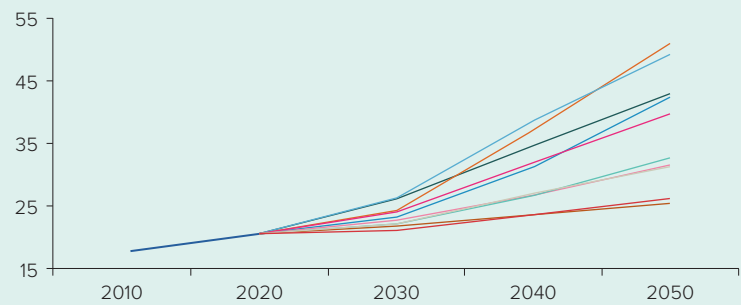
Даже если предположить, что весь прирост генерирующих мощностей в электроэнергетике до 2050–2060 годов (включая замещение выбывающих по ресурсу мощностей тепловых и атомных электростанций) будет происходить на основе безуглеродных источников или с использованием технологий CCS, такая предельно интенсивная, но «точечная» декарбонизация в электроэнергетике не сможет обеспечить необходимых объемов сокращения выбросов ПГ, и в этот процесс должны активно включаться все остальные секторы экономики, в том числе транспорт, промышленность и теплоснабжение.

Однако, в отличие от электроэнергетики, другие отрасли не имеют столь больших технологических возможностей по переключению на безуглеродные природные ресурсы, а замещение угля или нефтетоплива газом дает ограниченный экологический эффект, снижая удельные выбросы CO₂ на 30–60%. Поэтому потенциально дополнительный спрос на электроэнергию для замещения топлива в этих секторах может оказаться достаточно большим. Например, оценки ИНЭИ РАН показали, что при электрификации от 30 до 70% легкового и автобусного транспорта и от 10 до 30% грузового и коммерческого транспорта дополнительное годовое потребление электроэнергии в 2050 году может вырасти на 170–460 ТВт·ч, а дополнительная требуемая мощность — на 25–75 ГВт⁵. При активном развитии водородных технологий на транспорте, в металлургии для производства каждых 10 млн тонн водорода потребуется дополнительно 400–500 ТВт·ч электроэнергии и 50–65 ГВт новых АЭС или ГЭС (иликратно больше ВИЭ-электростанций). При современном уровне технологий масштабное замещение топлива электроэнергией (при сопутствующем усилении электрической сети) становится возможным. Однако на практике такой переход столкнется с жесткими ограничениями по резкому наращиванию объемов выпуска энергетического и электротехнического оборудования, а главное — с ограничениями как по доступности стремительно возрастающих инвестиционных ресурсов для отрасли, так и по доступности более дорогой электроэнергии для более массового использования потребителями.

Сколько стоит «более электрический мир»?

Для оценки «силы» экономических ограничений, связанных с «новой электрификацией», в ИНЭИ РАН было проведено многовариантное моделирование оптимальной структуры генерирующей мощности, производства электроэнергии и централизованного тепла в России на перспективу до 2060 года. Наряду с базовым вариантом развития отрасли были рассмотрены варианты с более высоким спросом на электроэнергию, отражающим эффект расширенного потребления электроэнергии вместо топлива.

Диапазон ожиданий по изменению доли электроэнергии в глобальном расходе энергии конечными потребителями (по прогнозам IEA, BP, Shell)

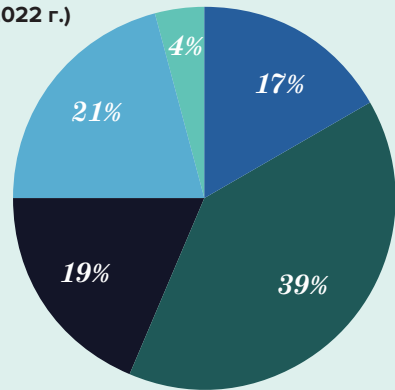


Источник: анализ ИНЭИ РАН

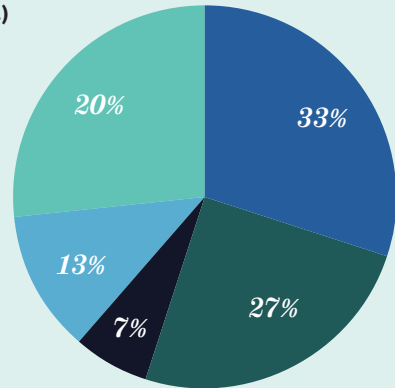
Рис. 2

Структура обеспечения энергетических потребностей в секторе конечного энергопотребления в мире и России

Мир в целом (2022 г.)



Россия (2022 г.)



■ Газовое топливо ■ Нефтетопливо ■ Твердое топливо
■ Электроэнергия ■ Теплоэнергия

Источник: анализ ИНЭИ РАН по данным МЭА

Рис. 3

³ 2024 Global Carbon Neutrality Annual Progress Report. Institute for Carbon Neutrality. Tsinghua University, October 2024.

⁴ То есть потребления неэнергетическими отраслями (final energy consumption).

⁵ Веселов Ф. В., Соляник А. И. Влияние электрификации в секторе дорожного транспорта на уровень электропотребления и суточный график нагрузки в ЕЭС России // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2023. №1. С. 57–71.

В базовом варианте, когда эффект от дополнительно-го замещения топлива электроэнергией отсутствует, ее производство увеличивается на 35% к 2050 году и на 55% к 2060 году относительно 2021-го. Рост спроса потребует сопоставимого роста установленной мощности электростанций страны — до 330 ГВт к 2050 году и 375 ГВт к 2060 году. При условии удешевления типовых энергоблоков за счет технологического обучения мощность АЭС к 2050 году может почти удвоиться и увеличиться еще в 1,5 раза за следующие 10 лет (рис. 4). Это позволит увеличить вклад атомных электростанций в производство электроэнергии до 29% к 2050 году и 36% к 2060 году (рис. 5). Такой сценарий изменений в структуре отрасли обеспечит «попутно» и заметное снижение выбросов ПГ от электростанций и котельных относительно 2019 года (опорный год СНУР) на 9% к 2050 году и 13,5% к 2060 году (рис. 6).

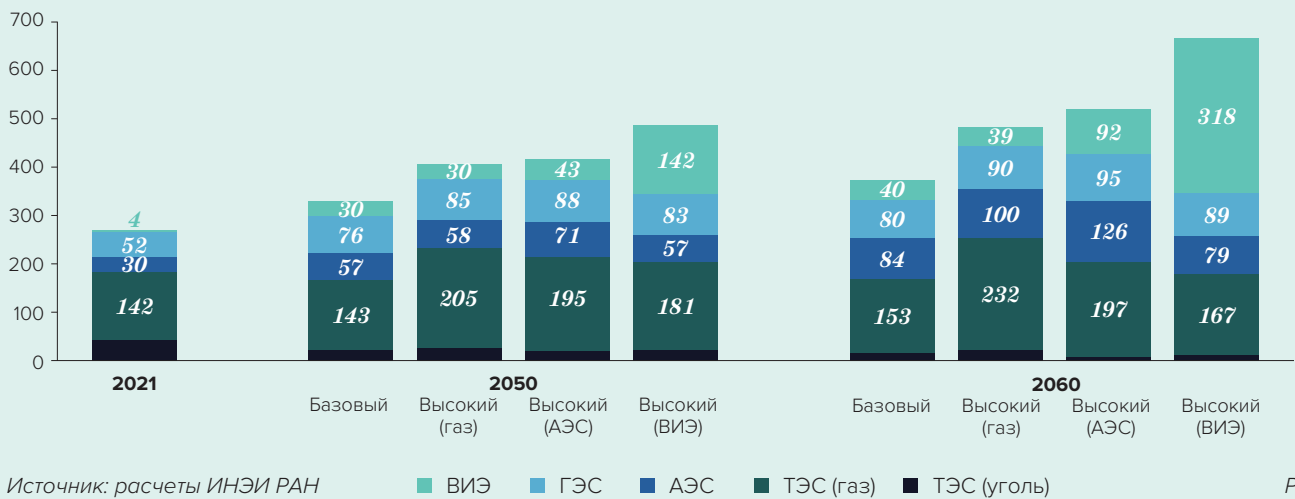
Активный переход с топлива на электроэнергию в секторе конечного потребления может увеличить необходимые объемы ее производства против базового варианта на четверть к 2050 году и на треть к 2060 году (относительно отчетного уровня это означает почти удвоение объемов производства). Исходя из складывающихся условий межтопливной конкуренции в отрасли, основной объем дополнительной электрогенерации обеспечат газовые электростанции при ограниченном, хотя и значимом вкладе ГЭС и АЭС (эффективная мощность последних к 2060 году увеличится уже до 100 ГВт, а доля в производстве электроэнергии — до 33%). Однако существенное увеличение расхода газа приведет и к росту выбросов от электростанций, и к 2060 году их отраслевой уровень останется на 9% выше, чем в 2019 году (рис. 6). Таким образом, общий для экономики экологический эффект при электроориентированной декарбонизации в других секторах экономики будет заметно снижен.

Более активное вовлечение безуглеродных источников позволит даже при более высоком уровне производства электроэнергии сдержать выбросы ПГ от электростанций и котельных (рис. 6). В случае если реализовать такую стратегию с опорой на АЭС, их мощность к 2060 году может превысить 125 ГВт (рис. 4), а доля в производстве электроэнергии — 40% (рис. 5). Альтернативная стратегия, с опорой на ВИЭ-электростанции, потребует на 30% больше установленной мощности с учетом резервирования негарантированной выработки ветровых и солнечных электростанций маневренными газовыми установками или накопителями. Однако и в этом случае в 2060 году потребуются почти 80 ГВт АЭС, хотя их доля в суммарном производстве будет скромнее — 26%.

Во сколько обойдется такая «новая электрификация» экономике? Для реализации базового варианта необходимые капиталовложения до 2050 года оцениваются в 36 трлн рублей (в ценах 2019 г.). Масштабная инвестиционная программа потребует увеличения цен электроэнергии примерно на 30% сверх инфляции к 2040–2050 годам.

Для обеспечения более высоких объемов производства электроэнергии за счет сжигания газа потребуются на 37% больше капиталовложений (рис. 7). Рост инвестиций вместе с увеличением топливных затрат из-за интенсивного развития газовой электрогенерации потребуют роста цены электроэнергии (в реальном выражении) на 40% уже к 2040 году. Замещение дополнительных газовых мощностей атомными позволит, как отмечено выше, добиться и более низкого, чем отчетный, уровня выбросов ПГ от электростанций и котельных. Инвестиций для этого потребуются больше (+45% к базовому), однако за счет одновременного снижения топливных затрат необходимый рост цены

Структура установленной мощности электростанций России, ГВт

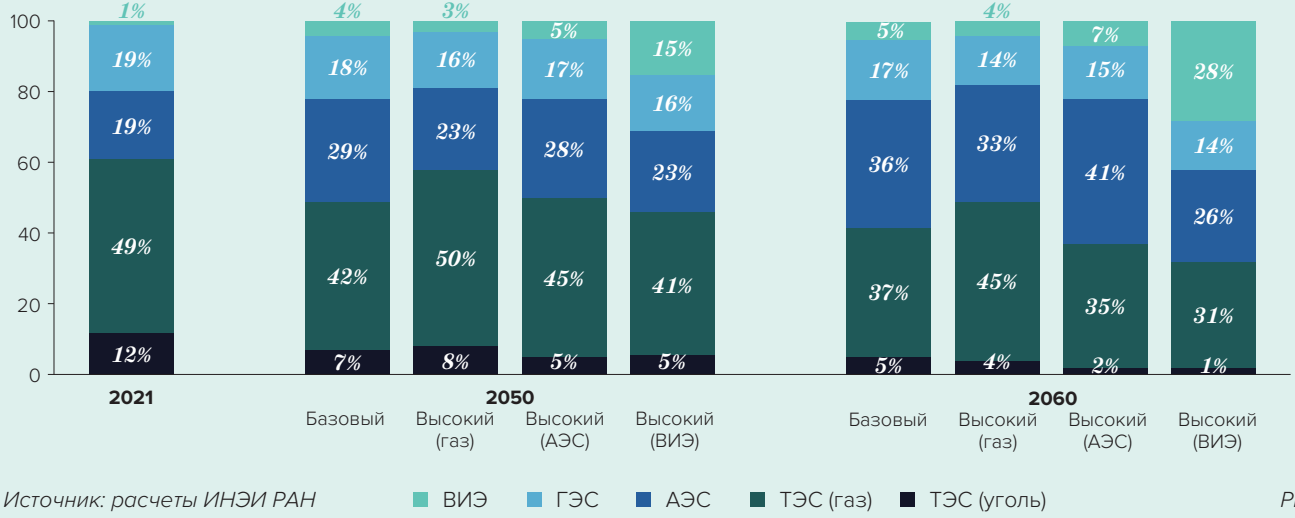


Источник: расчеты ИНЭИ РАН

ВИЭ ГЭС АЭС ТЭС (газ) ТЭС (уголь)

Рис. 4

Структура производства электроэнергии в России



Источник: расчеты ИНЭИ РАН

ВИЭ ГЭС АЭС ТЭС (газ) ТЭС (уголь)

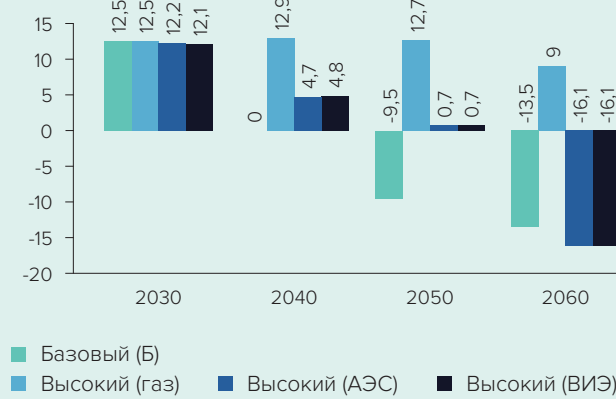
Рис. 5

электроэнергии будет сопоставимым. Таким образом, более интенсивное развитие АЭС позволяет при той же ценовой нагрузке усилить общий эффект декарбонизации экономики с учетом активного замещения топлива электроэнергией в других отраслях⁶. Альтернативный вариант, с опорой на ВИЭ-электростанции, оказывается существенно более капиталоемким (+60% к базовому) и приведет к заметно более высокой ценовой нагрузке.

Однако, как показывают модельные расчеты, в любом случае форсированный рост электропотребления

(в два раза к 2060 году) для обеспечения «новой электрификации» потребует более интенсивных инвестиций и более высокого роста цены для потребителей. Это может угнетать дополнительный рост спроса на электроэнергию, снижая эффективные объемы электрификации (или увеличивая субсидии государства на ее продолжение). Существенное влияние такой обратной связи важно учитывать при формировании системы приоритетов и мер для реализации СНУР до середины века и для движения к цели Климатической доктрины уже за пределами 2050 года при сохранении устойчивого экономического роста.

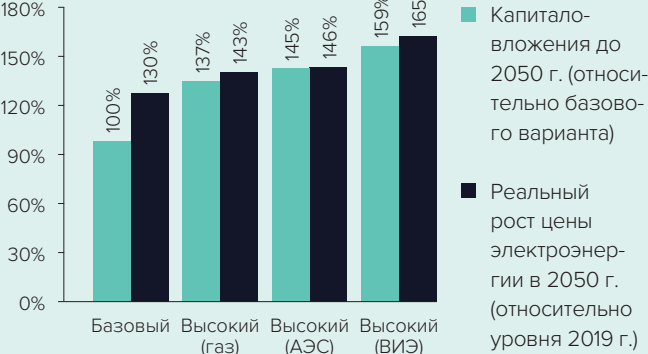
Изменение годовых выбросов CO₂ от ТЭС и котельных (в % относительно 2019 г.)



Источник: расчеты ИНЭИ РАН

Рис. 6

Изменение экономических параметров вариантов развития электроэнергетики в условиях «новой электрификации»



Источник: расчеты ИНЭИ РАН

Рис. 7

⁶ Веселов Ф. В., Хоршев А. А., Ерохина И. В., Аликин Р. О. Исследование направлений и сопутствующих затрат при снижении эмиссии углерода в электроэнергетике до 2050 года с учетом межотраслевых факторов // Проблемы прогнозирования. 2023. № 6(201). С. 79–90. DOI 10.4771/0868-6351-201-79-90.

Текст: пресс-служба АО «Атомкомплект»
Фото: Светлана Юлдашева

«Трансформация — это залог нашего успеха»

Перспективы развития АО «Атомкомплект»



В этом году уполномоченному органу по закупочной деятельности госкорпорации «Росатом» — АО «Атомкомплект» — исполняется 15 лет. С 2023 года компания является оператором цифрового решения «БРИФ». «Атомкомплект» уже прошел большой путь и сейчас выступает в качестве единого сервисного подразделения по ведению, сопровождению закупочных процедур как по отрасли, так и для внешних поставщиков. О том, какую трансформацию совершила компания и какие амбициозные цели перед ее командой стоят в дальнейшем, рассказала генеральный директор АО «Атомкомплект» Анна Стенина.

— Анна Ильинична, что сейчас представляет собой АО «Атомкомплект»?

— АО «Атомкомплект» всем знакомо как отраслевой организатор закупочных процедур. Но на самом деле компания оказывает гораздо больший спектр услуг. Мы занимаемся расчетом НМЦ, разработкой категорийных стратегий, аудитом достоверных поставщиков, аудитом достоверности данных, ценовым аудитом и мониторингом исполнения договоров. И этот список не полный. Он может быть расширен в зависимости от индивидуальных потребностей заказчика. Услуги «Атомкомплекта» всегда отличаются персонализированным подходом, рассчитанным на определенного заказчика, на конкретный запрос.

По сути, сегодня «Атомкомплект» — это отраслевой центр компетенций по закупкам. Наш опыт и знания позволяют контролировать риски и управлять ими в самых значимых и важных закупках. Ежегодно мы проводим около 40% от всего объема конкурентных закупок отрасли. У команды АО «Атомкомплект» высокий уровень экспертности, благодаря этому она решает широкий круг вопросов в области закупок, МТО или управления качеством.

Уже с уверенностью можно сказать, что «Атомкомплект» является полноценным центром компетенций по техническому, цифровому сопровождению всех закупочных процедур. Об этом свидетельствует рост закупок, которые нам передаются (и в количественном, и в качественном выражении). Так, за прошлый год количество проведенных нами процедур для предприятий атомной отрасли по сравнению с 2023-м выросло на 50%. И несмотря на такой ощутимый рост, нам удалось сохранить лояльность клиентов и свою эффективность. Например, в прошлом году мы сэкономили для наших заказчиков более 19 млрд рублей.

— С 2023 года АО «Атомкомплект» является оператором цифрового решения «БРИФ». В чем его суть, в чем уникальность для заказчиков?

— В автоматизации процессов и получении данных из государственных и отраслевых систем, верификации поставщиков оператором до этапа закупки, сокращенных сроках проведения закупок.

Можно сказать, что «БРИФ» — это «атомный маркетплейс», хотя данное определение сильно упрощает принцип его работы. В основу цифрового решения

«БРИФ» заложен принцип взаимодополняющих баз данных: предложения товаров со стороны поставщиков и спроса на них со стороны заказчиков. При появлении соответствующего спроса со стороны заказчика система автоматически формирует подборку всех потенциальных подрядчиков, соответствующих условиям закупки, и высылает им приглашение принять участие в ней. Перевод этих процессов в цифровую форму призван повысить их эффективность, безопасность и прозрачность, оптимизировать стоимость, снизить административные барьеры, экономия ресурсы поставщиков и заказчиков.

— А в чем удобство этого решения для поставщиков предприятий атомной отрасли?

— «БРИФ» — единая точка входа на все предприятия атомной отрасли. Поставщику теперь не надо искать каждое предприятие отрасли отдельно. В системе, если он надежный подрядчик, его увидят все компании отрасли. И таким образом добросовестный поставщик может расширять свою клиентскую базу, заполнив профиль только один раз. Кроме того, мы предполагаем распространение «БРИФа» не только на атомную отрасль. Надеюсь, что в ближайшее время в нашей цифровой системе появятся и заказчики из других сфер, которым требуется сложная технологическая продукция.

— Какие новые вызовы стоят перед АО «Атомкомплект» в юбилейный для атомной отрасли год?

— Сегодня отрасль ставит перед собой амбициозные цели. И это тот вызов, на который мы должны ответить. Например, отрасль планирует строить атомную станцию за 60 месяцев. А это приводит к тому, что и мы должны поддерживать данный темп: проводить закупки не более чем за 40 дней, применять такие инструменты, как опережающая контрактация.

Поэтому в 2024 году мы совместно с АО «Атомстройэкспорт» провели ряд пилотных закупок. Это необходимо в том числе для того, чтобы определить, на каких еще этапах можно сократить сроки при проведении закупочных процедур. По результатам исследования были выявлены просрочки на этапах рассмотрения заявок (41%) и их подачи (16%) (в сумме — 57%). Это объективные факторы, которые отчасти удастся минимизировать с переходом на цифровое решение «БРИФ». Совместно с АО «Атомстройэкспорт» были уже достигнуты определенные результаты по ускорению закупочных процедур. Но мы признаем, что совершенствование работы АО «Атомкомплект» необходимо для дальнейшего сокращения сроков проведения закупок.

Мы перестраиваем не только нашу операционную работу. «Атомкомплект» меняется полностью. Мы корректируем внутривнутреннюю модель, которая требует серьезного изменения, так как только 40% процессов находятся в регламентных сроках. Оптимизация процесса, с одной стороны, является следствием разграничения продуктов, а с другой — прямо

Отраслевое цифровое решение «БРИФ» (бизнес, развитие, информация, функционал) было внедрено в 2022 году. В основу работы «БРИФа» заложен принцип взаимодополняющих баз данных — предложения товаров со стороны поставщиков и спроса на них со стороны заказчиков. Сначала система была апробирована на внутриотраслевых закупках, с сентября 2024 года доступ в «БРИФ» был открыт и для внеотраслевых поставщиков. На сегодня им доступно уже более 30 номенклатурных групп.

отвечает на вызов отрасли по сокращению сроков закупки.

Также существует очень серьезная задача по импортозамещению, выполнив которую мы сможем достичь технологического суверенитета. Это важный вызов для нас.

Все объявленные отраслью цели и задачи приводят к четкому пониманию того, что процесс проведения закупочных процедур должен существенно измениться. АО «Атомкомплект» должен быстро, качественно, своевременно обеспечивать проведение закупок и закрытие потребностей заказчиков.

Несмотря на все сложности в работе с отраслевым решением на внешнем рынке, «БРИФ» динамично растет и развивается, уже есть определенные успехи. Может быть, пока они не грандиозные, но мы верим в перспективность системы. В планах через три года перевести 70% всех закупок стандартизированной продукции в «БРИФ», а через шесть лет — до 85–95%.

В текущем году будет происходить развитие системы «БРИФ». Это увеличение номенклатуры закупаемой продукции, объема закупок и поставщиков в системе, адаптация и упрощение интерфейса, расширение функций оператора.

Команда АО «Атомкомплект» тоже в процессе обновления, усиления и постоянного развития. Сегодня, когда мы начинаем общаться с внешним заказчиком, мы должны его слушать, слышать и быть готовыми что-то делать под его запрос. Мы перестраиваем механизмы работы, улучшаем процессы внутри компании. Наша задача — совершенствование функционала, повышение качества предоставления услуг, рост производительности.

«Сегодня «Атомкомплект» — это отраслевой центр компетенций по закупкам. Наши опыт и знания позволяют контролировать риски и управлять ими в самых значимых и важных закупках».

Текст подготовил Александр Южанин
Фото: ВНИИНМ, ITER, РИА «Новости»

Энергия будущего

Термоядерный синтез: вчера, сегодня, завтра и послезавтра



Идея использовать управляемый термоядерный синтез для получения энергии появилась еще в 50-х годах прошлого века. Тогда считалось, что уже в 2000-х годах термоядерные установки станут для человечества основным источником энергии. Однако овладеть термоядом оказалось гораздо сложнее, чем предполагалось. О задачах в области термоядерного синтеза, которые ученые решают сегодня, а также о перспективах развития этого направления в России и в мире рассказала Елена Дергунова, ведущий научный сотрудник АО «ВНИИНМ».

Жарче Солнца

Идею получения энергии благодаря реакции термоядерного синтеза первым озвучил Олег Лаврентьев, молодой человек, который получил лишь школьное образование, но активно самостоятельно занимался изучением ядерной физики. В 1948 году он написал письмо советскому правительству, в котором изложил свои предложения, взяв в качестве примера процессы, происходящие на Солнце. К этому времени ученым уже было известно, что в недрах Солнца и других

звезд происходит термоядерная реакция вследствие взаимодействия двух изотопов водорода — дейтерия и трития — с выделением нейтронов, гелия и огромного количества энергии. Лаврентий Берия предложил рассмотреть этот вопрос советским физикам — Игорю Тамму и Андрею Сахарову, которые уже занимались разработкой этой темы.

В 1950-е годы ученые в разных странах мира начали параллельно изучать реакции деления ядра и термоядерного синтеза. В частности, темой термояда активно интересовался Игорь Курчатов. Даже ходила байка, что он якобы пообещал сбрить бороду, когда будет осуществлена управляемая термоядерная реакция. Но для осуществления подобной реакции требуется очень высокая температура. Так, температура Солнца варьируется в пределах от 5000–6000 °C на поверхности до 15 млн °C в его ядре. Однако на Солнце очень высокая плотность вещества, которую мы не можем достичь на Земле. Поэтому, чтобы провести подобную реакцию и заставить взаимодействовать изотопы водорода, требуется гораздо более высокая температура. Сначала считалось, что она должна составлять порядка 400 млн °C, сейчас ученые считают, что достаточно достичь 100–150 млн °C. Но такую температуру не выдержит ни один материал.

Плазма в магнитном поле

Игорь Тамм и Андрей Сахаров знали, что плазма отталкивается от магнитного поля, и если проводить термоядерную реакцию внутри поля, плазма не сможет выйти за его пределы, оставаясь как бы «подвешенной» в пространстве. Таким образом можно удерживать плазму, разогретую до температур в сотни миллионов градусов Цельсия. Ими предложена идея создания токамака — тороидальной магнитной камеры, и первый в мире токамак с магнитными катушками запустили в СССР в 1954 году. В 1950–1960-е годы считалось, что термоядерная энергетика начнет вытеснять ядерную уже с 1980-х годов, и к 2000 году все АЭС будут замещены термоядерными электростанциями, а к 2010 году нефть, уголь и газ перестанут использоваться для производства электроэнергии. Но время показало, что все гораздо сложнее.

Тем не менее сегодня многие ученые полагают, что за токамаками будущее энергетики. Такой реактор безопасен: реакцию в нем можно остановить в любой момент, просто прекратив подачу энергии. Взорваться он тоже не может, поскольку плотность плазмы слишком мала. Тритий и дейтерий достаточно дешевы, при этом всего из 80 граммов смеси двух изотопов можно получить столько же энергии, сколько дает

1000 тонн угля. Основная проблема токамаков в том, что они функционируют в импульсном режиме и пока длительность импульса недостаточна для получения полезного выхода энергии. Сегодня одна из главных задач ученых — добиться увеличения длительности импульса не менее 100 секунд, а в идеале — до 1000 секунд.

Путь длиной в полвека

В конце 1970-х годов советские ученые по предложению академика Евгения Велихова выступили с инициативой создания международного термоядерного экспериментального реактора. Их поддержали США, Япония и Европейский союз. Изначально проект назывался INTOR, однако потребовалось 10 лет, чтобы проект был официально инициирован уже под названием ITER (ИТЭР, англ. International Thermonuclear Experimental Reactor, Международный экспериментальный термоядерный реактор; название также отсылает к латинскому iter — «путь»). Для строительства рассматривались площадки в Канаде, Франции и других странах. Специалисты Японии особенно активно предлагали построить реактор у них: Японию можно назвать страной сверхпроводников, поскольку многие годы там разрабатывают эти высокотехнологичные материалы и устройства. Но из-за высокой сейсмической опасности такое решение не было принято. Под площадку для ИТЭР выбрали местечко в южной Франции — Кадараш, расположенный недалеко от Марселя, в окрестностях старинного города Экс-ан-Прованс. Подготовка площадки началась в 2008 году, а в 2013 приступили к строительству, однако из-за сложности проекта предполагаемые сроки зажигания плазмы постоянно сдвигались.

Чтобы передать масштаб проекта ИТЭР, можно воспользоваться аналогией с другим крупнейшим в Европе мегасайенс-проектом (физической установкой) — Большим адронным коллайдером, расположенным в окрестностях Женевы. Так вот, говорят, что коллайдер — это просто игрушка для детей младшего школьного возраста по сравнению с тем, что представляет собой ИТЭР.

ИТЭР — это уникальная сложнейшая система и в то же время эксперимент, в ходе которого разрабатывается множество новейших технологий. Чтобы получить большое кольцо плазмы, необходимо решить ряд физических проблем, создать криогенные, вакуумные и многие другие системы. Планируется, что ИТЭР станет первым термоядерным реактором, где будет осуществлен процесс безубыточного термоядерного синтеза дейтерий-тритиевой плазмы. А вот сможем ли мы, управляя этим процессом, получать энергию, покажут только эксперименты и время.

220 тонн сверхпроводников

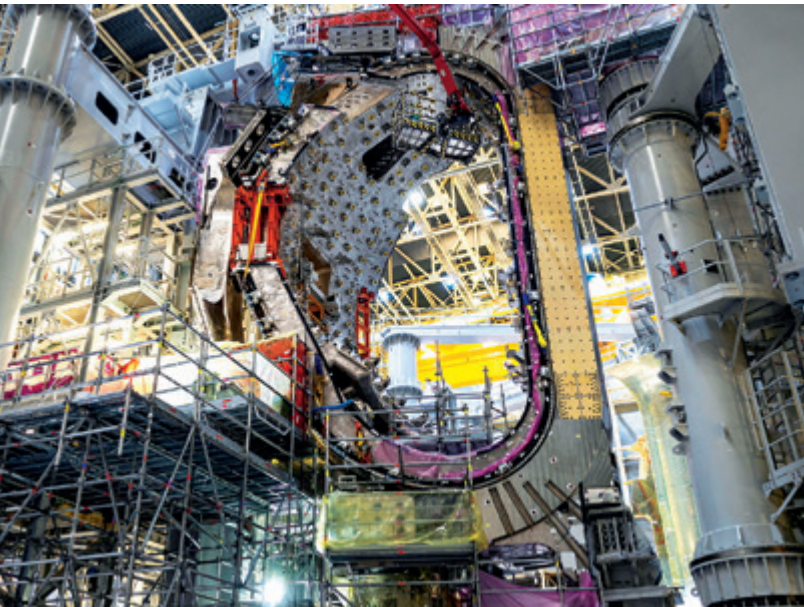
Для создания сильного магнитного поля, способного удерживать кольцо высокотемпературной плазмы, необходимы сверхпроводники. Специалисты ВНИИНМ начиная с 1970-х годов занимались

разработкой технологии создания сверхпроводников, производство которых было налажено сначала в Казахстане. Еще в 1977 году в Курчатовском институте был создан первый в мире токамак (Т-7) с обмоткой из NbTi-сверхпроводников. Это было самое начало долгого пути, и до конструкции, подобной ИТЭР, было все еще очень далеко. Прототипом международного реактора стал советский Токамак-15, созданный в СССР в 1988 году (также впервые в мире на основе хрупкого сверхпроводящего интерметаллида Nb₃Sn, разработанного во ВНИИНМ). Нарботанные компетенции позволили нам стать одними из победителей в тендере поставщиков сверхпроводников для международного проекта ИТЭР.

Основной вклад ВНИИНМ в ИТЭР связан с разработкой технологии и организацией промышленного производства сверхпроводников в России, на Чепецком механическом заводе (г. Глазов, Удмуртия). Там при участии АО «ТВЭЛ» был построен практически новый цех, в котором было налажено производство и выпущено более 220 тонн сверхпроводников для ИТЭР. Стоит отметить, что эти сверхпроводники по своим характеристикам были признаны наиболее стабильными при циклических нагрузках при работе магнитной системы.

Когда зажгут плазму?

При разработке ИТЭР планировалось, что первое зажигание плазмы может быть осуществлено в 2016 году. Однако по мере реализации проекта возникали непредвиденные проблемы. Один из примеров: на площадке выяснилось, что стенки вакуумной камеры ИТЭР (за эту часть отвечает Корея) не стыкуются, трубы тепловых экранов растрескались. Поврежденные экраны ремонтируют или заменяют, а поскольку это огромное сооружение, потребуется не один год, чтобы решить эту проблему, что также означает отсрочку пуска ИТЭР. Только на сварку



На фото

Очередной секторный модуль токамака ИТЭР готовят к установке, его вес — 1200 тонн (апрель 2025 г.)

«Планируется, что ИТЭР станет первым термоядерным реактором, где будет осуществлен процесс безубыточного термоядерного синтеза дейтерий-тритиевой плазмы. А вот сможем ли мы, управляя этим процессом, получать энергию, покажут только эксперименты и время».

На фото	
Магнитная система реактора ИТЭР — самая крупная сверхпроводниковая система, когда-либо созданная в мире. Помимо сверхпроводников, Россия изготовила и отправила на площадку сооружения будущей установки одну из шести катушек полоидального магнитного поля	Сегодня принято решение не стремиться к скорейшему зажиганию первой плазмы. Но необходимо понимать, что зажечь плазму — это не самоцель. Гораздо важнее — наладить работу всех систем реактора. На сегодня готовность к физическому пуску ИТЭР и получению первой плазмы составляет, по сообщению руководства проекта, 70%. Бóльшая часть оборудования доставлена на площадку. При этом Россия свои обязательства стабильно выполняет. В феврале 2023 года последняя магнитная катушка, изготовленная в АО «НИИЭФА», с обмоткой из NbTi-сверхпроводников, произведенных на Чепецком механическом заводе (АО «ТВЭЛ»), была транспортирована на место строительства.
	Намечены несколько этапов ввода в эксплуатацию: начало будет в 2034 году в процессе дейтерий-дейтериевого эксперимента на проектных параметрах, дейтерий-тритиевый сдвинется на 2039–2049 годы. А в период 2049–2059 годов планируется достичь выработки токамаком 500 МВт энергии на протяжении минимум 500 секунд. Еще через 10 лет должны начаться



испытания модулей бланкета, который преобразует термоядерную энергию в электрическую.

Российский бериллий

Еще одно достижение специалистов ВНИИНМ — разработка технологии создания материала для облицовки первой стенки реактора ИТЭР, граничащей с кольцом плазмы. Таким материалом стал бериллий. Он обладает совокупностью целого ряда уникальных свойств, как физико-механических, так и ядерно-физических. В первую очередь это обусловлено малым порядковым номером бериллия в периодической системе элементов, где он идет четвертым после водорода, гелия и лития, что очень благоприятно для горения плазменного шнура, так как при возможном попадании бериллия в плазму ее температура почти не падает. Материал для облицовки первой стенки реактора должен иметь высокие характеристики по механической прочности, вакуумной плотности, тепло- и электропроводности, а также высокую жаропрочность, стойкость к термоциклическим нагрузкам и радиации. Состав марки бериллия, разработанный специалистами ВНИИНМ, обладает всеми требуемыми характеристиками.

Однако бериллий не одобрил французский регулятор. Предлагают заменить его вольфрамом, но если же облицовку первой стенки сделать из вольфрама, то при малейшем его попадании в плазму происходит вспышка, при которой фотонам передается энергия плазмы, из-за чего ее температура падает, и термоядерная реакция гаснет. Чтобы компенсировать эти недостатки вольфрама, предложено нанести покрытие из карбида бора и добавить гиротроны (их потребуется в несколько раз больше), создающие СВЧ-излучение мощностью 1 МВт для зажигания плазмы. Гиротроны тоже производят в России, они были изобретены в нижегородском Институте прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова РАН. Это оборудование используют во всех крупнейших токамаках мира.

Термоядерный синтез в мире

Сегодня в мире действуют около 10 крупных работающих токамаков. При этом роль каждой из термоядерных установок неоценима для научного сообщества. Например, американский токамак TFTR смог достичь температуры плазмы свыше 500 млн °С. Также стоит отметить, что в США создан импульсный космический двигатель на водяном топливе с термоядерным форсажем (американский стартап RocketStar).

На японском токамаке JT-60SA была достигнута наибольшая плотность плазмы. Они идут по пути повышения плотности плазмы, так как это позволит снизить ее температуру. Япония — страна, во многом живущая за счет внедрения новых высоких технологий, так как у них весьма ограниченное количество собственных ресурсов. Поэтому неудивительно, что Япония приняла первую в истории национальную стратегию по термоядерному синтезу, отражающую необходимость создания в стране термоядерной

На фото
Первый в мире гибридный термоядерный реактор T-15МД запущен в Курчатовском институте в 2020 году



промышленности. В последние годы исследования в области термоядерного синтеза развиваются быстро: инвесторы финансируют частные проекты, в намерения которых входит запуск коммерческого термоядерного источника энергии быстрее, чем ИТЭР. На этом основании правительство решило использовать «многогранный подход», включающий создание и поддержку собственной термоядерной энергетики. Один из рассматриваемых вариантов — создание термоядерного реактора меньших масштабов.

Китайский токамак EAST называют действующим чемпионом: в 2021 году на нем удалось удерживать плазму с температурой в 120 млн °С на протяжении 101 секунды, а нагретую до 160 млн °С — около 20 секунд. В недавнем сообщении говорилось уже о длительности удержания плазмы в 1066 секунд. Токмак BEST мощностью 20–200 МВт планируют достроить в Китае в этом году, а получить первую плазму — к концу 2027 года. Цель проекта — добиться не только устойчивого горения плазмы, но и выработки энергии.

В Китае принят государственный проект по строительству первой термоядерной станции, где будет вырабатываться электроэнергия на коммерческой основе. Поставлены сроки, выбрано место, и строительство уже началось. Запуск проекта запланирован на 2050 год.

Английский JET — самый большой в мире токамак, единственный, способный работать на дейтериево-тритиевой плазме. JET действовал до 2023 года, а сейчас остановлен, как подошедший к пределу своей мощности. Коэффициент Q (соотношение произведенной термоядерной энергии и затраченной энергии на проведение реакции) для дейтерия и трития, достигнутый на JET, составил 0,67 (было произведено 69 МДж за 5 секунд с использованием всего 0,2 мг топлива). На сегодня это самый высокий показатель: на 24 МВт энергии, затраченной на нагрев плазмы, выход при термоядерном синтезе составил 16 МВт. Правда, после этого эксперимента стенки реактора облучились настолько сильно, что пришлось разрабатывать полностью роботизированную систему обслуживания реактора, поскольку человеку туда вход заказан. Тем не менее Великобритания видит перспективы термоядерной энергетики и планирует инвестировать в ближайшие пять лет более 1 млрд долларов, чтобы к началу 2040-х годов построить новый реактор и получить дешевую и надежную коммерческую форму термоядерного синтеза, основанную на технологии токамака.

В термояд активно вкладывается не только Великобритания. В сентябре 2022 года министр образования и науки Германии сообщила, что страна инвестирует в ближайшие пять лет более 1 млрд евро в исследования в области термоядерного синтеза.

Российские токамаки

Сейчас в России функционируют несколько токамаков: T-11М (на площадке Научного дивизиона

«Росатома» в Троицке), уникальный сферический токамак «Глобус-М2», существенно модернизированный в 2017 году (в ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН), в 2023 году после модернизации возобновил работу токамак «Мифист» в НИЯУ «МИФИ». В декабре 2020 года в Курчатовском институте был запущен первый в мире гибридный термоядерный реактор T-15МД. Его цель — поддержка проекта ИТЭР и получение физико-технологической базы для обоснования создания стационарных термоядерных реакторов и перспективных гибридных систем на основе токамаков. Гибридный токамак также может использоваться для выжигания радиоактивных отходов и производства ядерного топлива: уран-238 и другие компоненты отработавшего ядерного топлива можно преобразовывать в другие изотопы, подходящие для работы АЭС.

Главный российский термоядерный проект сегодня — токамак с реакторными технологиями ТРТ. Под этот проект будет отдана почти треть территории института «Росатома» в Троицке. ТРТ будет более чем в 25 раз меньше ИТЭР по объему, но при этом куда более продвинутым в научно-техническом плане. Для защиты стенок токамака от перегрева и попадания в плазму примесей предполагается использовать жидкий литий. Также в конструкции реактора применят лучшие на сегодняшний день высокотемпературные сверхпроводники — их производят в Москве. Только им под силу поддерживать высокое магнитное поле. При этом в криостате, где находятся катушки, температура приближается к абсолютному нулю. Еще одной уникальной чертой ТРТ станет использование новейших технологий нагрева плазмы и поддержания ее термоядерных параметров. Планируется, что токамак будет собран к 2030-му, а запуск установки состоится к 2036 году.

Текст: Ирина Дорохова
Фото: ГК «Росатом», «Техснабэкспорт», Игорь Ягубков
Инфографика: по данным обзора Uranium: Resources, Production and Demand; Cameco

Урановое пополнение

Как в России работают над увеличением ресурсной базы стратегического металла



Мировые затраты на геологоразведку урана начали расти в 2021 году, говорится в свежем выпуске обзора Uranium: Resources, Production and Demand («Красной книги»). Россия — часть этого тренда: объемы работ и затраты на геологоразведку растут. Их цель — увеличить ресурсную базу действующих рудников и обнаружить месторождения в новых районах.

Что такое «Красная книга»

Неформальное название «Красная книга» закрепилось за обзором Uranium: Resources, Production and Demand благодаря цвету обложки. Раз в два года его выпускают эксперты МАГАТЭ и Агентства по ядерной энергии (Nuclear Energy Agency, NEA). Свежий выпуск вышел в апреле 2025 года, но маркирован 2024-м. В нем приведена подробная статистика по странам и миру в целом, он охватывает 2021 и 2022 годы, а также частично 2023 и 2024 годы, содержит прогнозы на различные периоды, максимальный из которых — до конца века.

Мировые тенденции урановой геологоразведки

По данным «Красной книги», положение дел в урановой геологоразведке изменилось. Тренд на снижение расходов сменился повышением. Так, в 2015 году мировые затраты на разведку и строительство рудников составляли \$876 млн, в 2020 году они обвалились до \$377 млн, а в 2022 году выросли до \$803 млн. По предварительным данным экспертов «Красной книги», в 2023 году эти затраты продолжают расти, составив \$840 млн. Возможно, они окажутся еще выше, так как некоторые страны не предоставили предварительные данные за 2023 год. В первую очередь речь идет о США, где активность в геологоразведке в тот год была высока.

За 2021–2023 годы совокупные мировые затраты на разведку и строительство рудников составили \$2,1 млрд. На 12 стран (см. инфографику «Лидеры по совокупным затратам в 2021–2023 годах») приходится 98% общего объема таких затрат.

Сокращение расходов с 2015 по 2020 год авторы «Красной книги» объясняют устойчиво низкими ценами на уран. Тогда акционеры, не видя перспектив роста, снизили объем инвестиций, а разведочные и уранодобывающие компании в ответ замедлили разведку месторождений и строительство рудников.

Напротив, быстрый рост цен на уран с 2020 года спровоцировал рост инвестиций и увеличение затрат.

Геологоразведка в России: ретроспектива

Поиски
Поисковые работы, нацеленные на обнаружение новых объектов и предварительную оценку ресурсов, финансирует Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). В 2021–2022 годах, по данным «Красной книги», геологоразведка шла главным образом в Иркутской области, Бурятии, Забайкальском крае, Амурской области и Еврейской автономной области. Искали и оценивали объекты для отработки скважинным подземным выщелачиванием (СПВ) и традиционным горным способом.

По данным «Красной книги», в 2021 году в России затраты на геолого-разведочные работы составили 197 млн рублей. Из них 66 млн рублей было потрачено на проведение тестов на добычу и подготовку технических отчетов о ресурсах для оценки приповерхностных залежей урана на Каренгской площади (Витимо-Каренгский район Забайкальского края). 24,5 млн рублей было потрачено на завершение геолого-разведочных работ на Кульдурской площади на плато Хинган в Амурской и Еврейской автономной областях. 100 млн рублей — на комплексные аэрогеофизические исследования и поиски новых месторождений на Туюканской площади в Иркутской области.

В 2022 году были проведены геологические и геофизические работы, пробурено 17 скважин на нескольких участках Туюканской площади. Объем вложений составил 97 млн рублей. В гранитах было выявлено несколько перспективных зон мощностью до 40 м с содержаниями урана 0,01–0,03%.

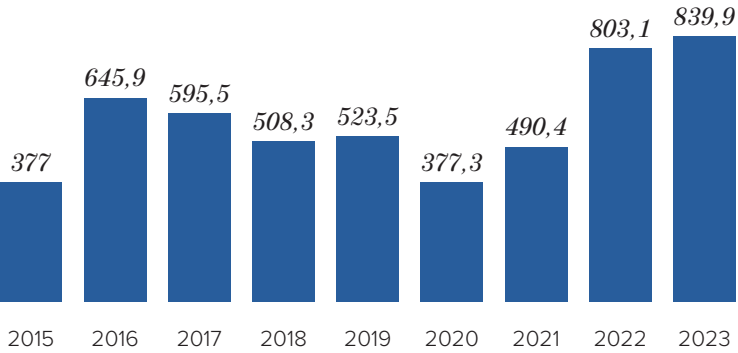
Разведка на действующих рудниках

В 2021 году Приаргунское производственное горнохимическое объединение (ППГХО — предприятие, входящее в «Росатом Недра» — Горнорудный дивизион «Росатома») вело разведку на флангах действующих месторождений и пробурило несколько скважин из горных выработок. В 2022 году геологоразведка шла на Добровольном и Далматовском месторождениях (их отрабатывает «Далур», предприятие также входит в «Росатом Недра») с акцентом на Усть-Уксянский участок Далматовского.

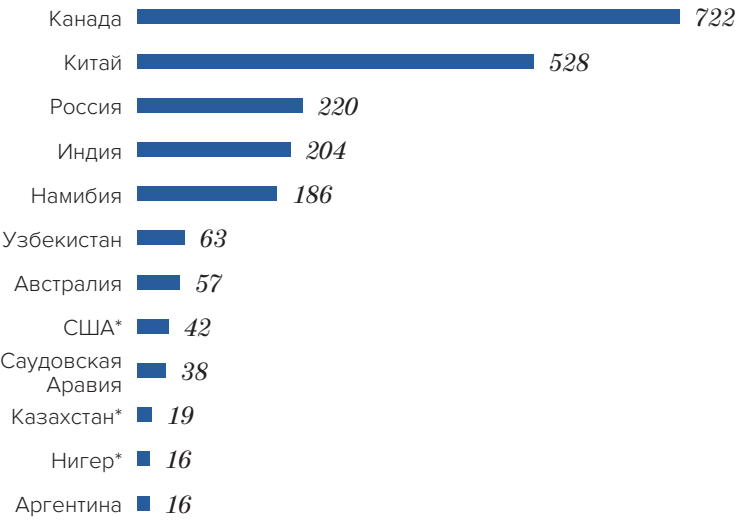
Геологоразведка в России: настоящее и будущее

Для обеспечения будущих потребностей российских АЭС, по оценкам Горнорудного дивизиона, в России необходимо добывать 6 тыс. тонн урана в год. Пока объем производства более чем вдвое меньше (почти 2,8 тыс. тонн в 2024 году). Балансовые запасы дивизиона составляют 496 тыс. тонн урана, и, казалось бы, проблем с сырьевой базой нет. Однако 72%

Динамика мировых затрат на разведку и строительство рудников, \$ млн



Лидеры по совокупным затратам в 2021–2023 годах, \$ млн



* Не предоставили данные за 2023 год

Цены на уран, \$/фунт



ее относятся к Эльконскому рудному полю, месторождения которого на уран пока не отрабатываются. А запасы действующих рудников истощаются, поэтому нужны новые.

ППГХО

Как заявил на VI международном симпозиуме «Уран: геология, ресурсы, производство», который прошел во Всероссийском научно-исследовательском институте минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ВИМС) 22–23 апреля 2025 года, заместитель генерального директора — исполнительный директор АО «Росатом Недра» Виктор Святецкий, наППГХО запасы действующих месторождений отработаны более чем на 70%. На смену им придут Широудкуйское (балансовые запасы 8 тыс. тонн), Аргунское и Жерловое (37,4 тыс. тонн и 3,5 тыс. тонн соответственно) месторождения.

Запасы Широудкуйского месторождения будут вовлечены в отработку через год с помощью инфра-структуры рудника №1. Предполагается, что разрешение на строительство Главгосэкспертиза выдаст в конце первого полугодия 2025 года, после чего сразу начнется строительство. Срок отработки месторождения — 15 лет.

Для отработки Аргунского и Жерлового строится рудник №6, это ключевой объект развитияППГХО. В этом году планируется пройти ствол до 12-го горизонта и начать строить комплекс главного водоотлива. «Темпы строительства таковы, что ввод в эксплуатацию и вывод на проектную мощность запланированы на начало 2030-х годов», — подытожил Виктор Святецкий.

Чтобы обеспечить стабильную работуППГХО в будущем, «Росатом Недра» развивает проект «Кальдера». «Все, кто занимался Стрельцовой, понимают, что потенциал ее не реализован до конца. «Кальдера» — это

продление жизни нашей урановой столицы — Краснокаменска», — отметил Виктор Святецкий. Новые объекты дополнят и заменят запасы рудника №6. В Горнорудном дивизионе рассчитывают благодаря «Кальдере» поставить на баланс 20–30 тыс. тонн урана.

«Далур»

Из трех отрабатываемых месторождений «Далура» Далматовское почти отработано, на Хохловском осталось немногим более половины запасов. На Добровольном идут опытно-промышленные работы, предполагается, что месторождение будет введено в промышленную эксплуатацию в 2028 году. В целом действующих запасов хватит на 10 лет отработки на текущем уровне (500–600 тонн в год), затем объем производства будет снижаться. Полностью действующие запасы будут отработаны к 2045 году.

Для расширения своей сырьевой базы «Далур» и ВИМС провели прогнозно-аналитические работы, выявили перспективную Воробьевскую площадь и предложили Роснедрам провести там региональные работы. «Если там что-то обнаружится на первом этапе и наши коллеги-геологи подскажут, что там что-то есть, мы готовы вкладываться в этот проект. Это позволит нам расширить минерально-сырьевую базу всего «Далура». Других вариантов пока в Зауралье мы не видим», — сказал Виктор Святецкий.

«Хиагда»

Запасы месторождений «Хиагды» составляют 28,9 тыс. тонн урана. Уран добывают на Хиагдинском, Источном, Вершинном, Количиканском и Дыбрынском месторождениях, идут работы по вводу в эксплуатацию Намаруского месторождения. Следующие на очереди — Кореткондинское и Тетрахское. На Тетрахском, лицензию на которое «Хиагда» получила в 2024 году, проведут геолого-разведочные работы, чтобы подсчитать запасы и поставить их на баланс.

Для пополнения сырьевой базы «Хиагды» «Росатом Недра» планирует разведку в Витимском урановорудном районе (месторождения «Хиагды» тоже входят в него). ВИМС уже работает на Дулесминском рудном поле, начата оценка запасов. Предполагается, что по категории С1 (самый высокий уровень разведанности для урана) они составят 3 тыс. тонн урана, по категории С2 — 12 тыс. тонн. Дулесма удачно расположена вблизи от Дыбрына. Его перерабатывающую инфраструктуру можно будет использовать для отработки объектов Дулесмы.

Эльконский ГМК

«Росатом Недра» подготовил финансово-экономические документы, чтобы согласовать отработку месторождений Элькона в госкорпорации. Эльконские месторождения — сложные объекты. Содержания урана в рудах невысокие, идет он попутно с золотом, цена которого в последнее время бьет рекорды. Сейчас извлекают золото, для извлечения урана необходим специальный техрегламент. На симпозиуме прозвучало предложение — извлекать уран с помощью кучного выщелачивания по щелочному

(а не кислотному, как обычно) варианту. Поскольку для извлечения золота используют цианиды, создающие щелочную среду, для окисления урана потребуется очень много реагента. Первичные руды, залегающие под окисленными, считаются упорными, то есть требующими многоступенчатой технологии извлечения металлов.

Контурсы дефицита

Проблема в том, что отработка запасов трех действующих рудников и подготавливаемого Элькона даже с учетом вовлечения новых близлежащих месторождений не позволит достичь целевого уровня добычи в 6 тыс. тонн урана в год. Максимум — 5 тыс. тонн. Рост производства возможен только при наращивании добычи на Эльконе, но это чревато ростом капитальных затрат и нерентабельностью отработки. На объектах, которые находятся в нераспределенном фонде недр, уран либо попутный, либо с низкими содержаниями в руде, поэтому для отработки они неинтересны.

Заведующий отделом урана и редких металлов ВИМС Николай Гребенкин считает, что, если не предпринимать никаких усилий, то запасы «Далура» закончатся через 15–20 лет, «Хиагды» — через 20–25 лет,ППГХО — через 25–30 лет. А поскольку от проведения поисковых работ до начала отработки месторождения проходит 15–20 лет, активизировать разведку в районах добычи надо уже сейчас.

Таким образом, пополнение ресурсной базы урана — это проблема. Осознают ее не только в АО «Росатом Недра», но и в правительстве. Распоряжениями правительства РФ от 30 августа 2022 года и 16 апреля 2024 года уран включен в перечни стратегических и дефицитных твердых полезных ископаемых соответственно. В ноябре 2023 года президент России Владимир Путин поручил разработать программы геологического изучения недр в Сибири и на Дальнем Востоке, включив их в федеральный проект «Геология: возрождение легенды». В него вошли восемь урановых объектов, на которых в этом году начинаются геолого-разведочные работы.

Поиски

Представители урановой отрасли сходятся на том, что в первую очередь необходимо продолжить поиски урана возле действующих рудников. Во вторую — в новых районах, и там создавать на их базе новые промышленные центры. Таких районов в России немало: Зауральский, Северо- и Южно-Енисейский, Присяянский, Северо-Байкальский, Витимский, Учуро-Майский, Амуро-Зейский, Средне-Амурский и Албазинский.

Для Зауралья важно доказать, что на Воробьевской площади уран есть. Геохимические и геофизические работы там можно провести за счет федерального бюджета. «Если окажется, что палеопритоки могут быть рудоносными, это существенно расширит урановорудный потенциал Зауралья. Можно выходить на их опоиcкование, так как раньше ими не занимались», — уверен Николай Гребенкин.

В Витимском урановорудном районе (УРР) геолого-разведочные работы (ГРР) за счет федерально-го бюджета в разгаре. На Байтахской площади на северо-востоке Витимского УРР выявлены ранее неизвестные рудные залежи в Ашиглинской, Дутакитской и Шадурской палеодолинах. Объем прогнозных ресурсов — 7 тыс. тонн по категории Р1 (самый высокий уровень разведанности для прогнозных ресурсов) и 20 тыс. тонн по категории Р2. Тип руд тот же, что и на месторождениях «Хиагды».

На Муясынской площади проведены работы, включающие беспилотные исследования и комплексную аэрогеофизическую съемку, выделены перспективные на выявление урановых палеодолин участки. На них в 2025–2027 годах запланированы поисковые работы, нацеленные на локализацию прогнозных ресурсов (5 тыс. тонн и 40 тыс. тонн урана по категориям Р1 и Р2 соответственно). Николай Гребенкин считает, что необходимо также провести работы на участках Аталанга, Ингур, Баркасун, Куларикта, Джилинда и Байтах. Эксперт уверен, что потенциала Витимского УРР достаточно, чтобы он стал главным центром добычи урана в России.

Для пополнения сырьевой базыППГХО геологи ВИМС в 2024 году уточнили участки поисковых работ и предложили современный поисковый комплекс, включающий геохимические и геофизические исследования, в том числе с помощью дронов, апробированный на других скрытых месторождениях. В 2025 году ВИМС планирует провести прогнозные работы на Куладжинской площади возле Забайкальска. Искать будут скрытые (не выходящие на поверхность) объекты, которые, возможно, есть под залежами флюорита, как и на Стрельцовке.

На Эльконе ВИМС на Западно-Сохсолоохской площади запланировал поиски богатых оксидных урановых руд. На юге Сохсолоохской зоны — оценочные работы, в рамках которых предполагается разработать технологию извлечения полезных компонентов из окисленных золотоурановых руд и модернизировать технологию переработки первичных. Также запланированы ГРР в пределах Сохсолоохской структуры.

Николай Гребенкин считает, что результативность работ в районах возле действующих рудников окажется высокой.

Более сложными будут поиски в новых районах. Один из них — Каменушенский, на границе Еврейской автономной области и Хабаровского края. Каменушенская вулcano-тектоническая структура — аналог Стрельцовой кальдеры. Северную часть этой структуры ранее изучали, нашли несколько непромышленных объектов. Теперь эксперты ВИМС считают, что перспективными могут быть поиски в центральной части — по аналогии со Стрельцовой кальдерой. Предполагается, что поиски позволят локализовать 40 тыс. тонн прогнозных ресурсов в категории Р2. На южной границе Сибирской платформы есть шанс

На фото

Строительство рудника №6 — ключевого объекта развитияППГХО



найти месторождения типа несогласия (см. Словарь). Ранее там выявили малые объекты — Столбовое, Ансах, Чепок и проч. В России геологоразведка месторождений этого типа не ведется, однако по результатам анализа материалов эксперты предлагают провести поисковые работы на Уватской, Кирейской и других площадях и участках. Наконец, есть предположение, что месторождения типа несогласия можно найти на Анабарском щите. Эту идею в докладе на симпозиуме обосновал заведующий отделом металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского Анатолий Молчанов: «Все тектоно-метасоматические зоны просто кричат: «Мы перспективны, здесь должен быть уран». Вся восточная часть Анабарского щита, как мы, уранщики, говорим, «стучащая». Западная часть тоже характеризуется наличием радиометрических аномалий».

Перспективы Забайкалья связаны с объектами песчаникового типа. Поиски идут в Бадинской впадине, на 2025 год запланированы работы на Кудунской впадине и в пределах Нашитуйской площади. Есть вероятность, что там найдут палеорусловые месторождения, аналогичные Витимским. Но проблема этих объектов в том, что они слаболитифицированные, то есть плохо проницаемые, а проницаемость — ключевой параметр для применения скважинного подземного выщелачивания. Поэтому надо не только найти новые объекты, но и подобрать для них технологию извлечения, иначе есть риск, что они повторят судьбу Имского месторождения. Оно считается средним по размеру, его запасы — 23,5 тыс. тонн урана с неплохими для СПВ средними содержаниями (0,058%). Но испытания на применение СПВ дали отрицательный результат. В итоге месторождение оказалось в патовой ситуации: за бюджетные деньги разрабатывать технологию извлечения урана нельзя, так как для месторождения подсчитаны запасы. А брать лицензию — это риск для «Росатом Недра», что отработка окажется нерентабельной. Выход предложил главный специалист ВИМС Геннадий Авдонин: внести месторождения урана в слаболитифицированных песчаных и глинистых породах

в перечень объектов, в отношении которых право недропользования может предоставляться для разработки технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых (постановление от 19 сентября 2020 года № 1499).

На юге Забайкалья есть еще одно перспективное направление — Чикойский УРР. Ранее здесь нашли Горное и Березовое месторождения и более 30 рудопроявлений бета-уранотил-цеолитового типа (см. Словарь). Их достоинство — высокие содержания и возможность перерабатывать уран кучным выщелачиванием. ВИМС анализирует материалы, чтобы предложить участки для поисков. Николай Гребенкин считает, что в этом районе вполне можно найти новые качественные объекты.

Эксперты ВИМС видят некоторые перспективы обнаружить месторождения песчаникового типа в южной части Енисейского кряжа и Амуро-Зейской и Средне-Амурской впадинах на Дальнем Востоке, так как в Китае обнаружено месторождение в аналогичной впадине Сунляо. Но сначала необходимо еще раз проанализировать фондовые материалы.

На что обращать внимание

Есть круг вопросов, на которые надо отвечать при определении приоритетных объектов геологоразведки.

Ревизия данных

Ветеран урановой геологоразведки и консультант профильных отраслевых организаций Михаил Шумилин считает, что успех может принести ревизия некоторых ранее отбракованных объектов, расположенных в относительно освоенных районах. Объекты в новых районах, по его мнению, из-за высоких затрат и ограниченного роста цен на уран могут оказаться нерентабельными.

Важнейший вопрос при ревизии — оценка реального эрозийного среза районов и ответ на вопрос, почему нашли только мелкие месторождения. Если эрозийный срез глубокий, то это лишь останцы размывших рудных систем и перспектив нет. Но если срез небольшой, то это «вершки» рудной системы и на глубине можно обнаружить новые залежи. «К сожалению, данные о возможном срезе в старых материалах чаще всего отсутствуют», — сетует эксперт.

Кроме того, раньше геологи недостаточно внимания уделяли оценке абсолютного возраста руд. «Нередко такой аналитики не делали, да и методы были несовершенны. Но, не понимая реальной временной картины формирования руд, дать обоснованный прогноз на глубину невозможно даже по таким детально изученным объектам, как Стрельцовский район. Так, по данным гравиметрической съемки, которые подтвердились бурением, выполненным еще Лидией Петровной Ищуковой, под осадками Урулунгуевской впадины располагается северное продолжение Стрельцовой кальдеры, — уверен эксперт. — Но до сих пор эта область практически не изучена. Да, глубины там

На фото

Месторождение Крылья (Wings) в Намибии было обнаружено с помощью изотопно-почвенного метода



метод. Он основывается на том, что радионуклиды в урановых месторождениях и окружающих их породах, в том числе в почве, находятся в определенных соотношениях и распределены определенным образом. Зная эти соотношения и распределения, можно резко сузить область поисков месторождений. ВИМС отработал метод в Казахстане на участке № 4 месторождения Инкай и на Северном Харасане, а затем в сотрудничестве с «Атомредметзолотом» (сейчас — «Росатом Недра») с помощью геохимического картирования применил его для определения наиболее перспективного участка в Намибии. С помощью этого метода было быстро обнаружено месторождение Крылья (Wings). «Метод показал, что он очень хорошо работает, и игнорировать его нет необходимости», — уверен советник гендиректора ВИМС Игорь Печенкин. В Намибии именно он определил площадь поисков и рекомендовал провести изотопно-почвенную съемку, спрогнозировав наличие месторождения песчаникового типа.

Объединение усилий

Наконец, следует обращать внимание на налаживание сотрудничества и совместной работы научных, производственных и сервисных организаций для поиска урана. «Мы — не только я, но и многие — считаем, что есть необходимость сплочения рядов, создания плана совместных действий. Необходимо ежегодное согласование планов и проектов работ всех ведомств с корректировкой результатов и планов работ», — говорит научный руководитель ВИМС и глава научно-технического совета «Росатома» «Сырьевая база атомной энергетики» Григорий Машковцев. Он уверен, что совместно необходимо работать и при отработке действующих месторождений, и в поисках и оценке новых. Участие научных институтов будет способствовать разработке, апробации и внедрению новых методик поисков, что должно ускорить пополнение урановой сырьевой базы России.

Редакция благодарит коллег из сетевого издания «Геовebinары» за доступ к записи симпозиума.

Словарь

Месторождения типа несогласия названы так из-за нарушенной последовательности залегания слоев. Стали знаменитыми благодаря крупным объектам в бассейне канадской реки Атабаски.

Бета-уранотил — силикат урана, разновидность минерала уранофана.

Вулкани́ты — горные породы, образовавшиеся в результате извержений вулканов.

Международный атом

Зарубежные проекты госкорпорации «Росатом»

«Росатом» и Вьетнам подписали межведомственную дорожную карту в сфере развития ядерных технологий на период до 2030 года.

Документ подписали генеральный директор госкорпорации «Росатом» Алексей Лихачев и министр науки и технологий Вьетнама Нгуен Мань Хунг.

Дорожная карта охватывает вопросы сооружения центра ядерной науки и технологий, поставок топлива для исследовательского реактора в Далате, участия вьетнамской стороны в консорциуме «Международный центр исследований на базе реактора МБИР» и подготовки кадров для атомной отрасли Вьетнама.

«Много десятилетий флагманом нашего сотрудничества является работа в научно-исследовательской сфере. Советские специалисты в 1980-е годы перепустили исследовательский реактор, построенный американцами, а сейчас вьетнамские специалисты заказали нам новый исследовательский реактор. Мы уже вышли на площадку на юге страны, в провинции Донгай, недалеко от Хошимина. И там в скором времени появится мощный, современный, я думаю, лучший в Юго-Восточной Азии исследовательский реактор. Со своей стороны, мы приглашаем коллег к себе в Димитровград для проведения исследований на нашем перспективном многоцелевом быстром реакторе. Кроме того, этот визит ознаменовал переход к новому этапу сотрудничества — проекту по созданию крупной АЭС. Мы предлагаем наш «бестселлер» — реактор ВВЭР-1200. Конечно, должны пройти переговоры по уточнению технического облика и по финансовому сопровождению. Сегодня эти переговоры стартовали. Для нас, конечно, будет большая честь и ответственность построить флагманский энергетический реактор в Юго-Восточной Азии, но здесь мы в самом начале пути», — отметил, комментируя подписанное соглашение, Алексей Лихачев.

«Росатом» начал изготовление реакторного оборудования для первого блока атомной станции малой мощности (АСММ) в Узбекистане.

На металлургическом заводе «АЭМ-Спецсталь» (Машиностроительный дивизион «Росатома») отлит слиток из специальной легированной стали весом 205 тонн. Из него в дальнейшем машиностроители изготовят фланец корпуса реакторной установки

РИТМ-200Н для АСММ, строящейся в Узбекистане по российскому проекту.

Разливка стали — это фактический старт процесса создания ядерного реактора. После завершения всех технологических операций на «АЭМ-Спецсталь» металлургическая заготовка будет передана на другие предприятия дивизиона для сборки корпуса реакторной установки в единое целое.

«Переход к практической реализации проекта строительства АСММ в Узбекистане свидетельствует о высоком интересе зарубежных партнеров к малым ядерным технологиям и их доверии к решениям «Росатома» в этой области. Предприятия Машиностроительного дивизиона обладают необходимыми мощностями и опытом в изготовлении реакторных установок серии РИТМ, которые уже не первый год эксплуатируются в ледокольном флоте. Наши знания и компетенции будут применены в изготовлении всех шести реакторных установок РИТМ-200Н для АСММ в Узбекистане», — отметил глава Машиностроительного дивизиона «Росатома» Игорь Котов.

Реакторные установки типа РИТМ, эксплуатирующиеся на четырех атомоходах новейшего поколения («Арктика», «Урал», «Сибирь», «Якутия»), доказали свою безопасность и эффективность. Различные модификации позволяют использовать РИТМ в составе наземных АСММ и плавучих энергоблоков в разных климатических условиях. РИТМ-200Н — результат адаптации инновационной технологии малой мощности судового исполнения под наземное размещение. Ее мощность — 55 МВт, ориентировочный срок службы — до 60 лет.

27 мая 2024 года в ходе государственного визита президента России Владимира Путина в Узбекистан в присутствии глав государств России и Узбекистана был подписан протокол о внесении изменений в межправительственное соглашение о сотрудничестве между двумя странами в строительстве в Узбекистане атомной электростанции, суть которых состоит в расширении сотрудничества для строительства в Узбекистане атомной электростанции малой мощности (АСММ) по российскому проекту. Также следом на полях мероприятия «Атомстройэкспорт» (Инжиниринговый дивизион госкорпорации «Росатом») и Дирекция по строительству АЭС при Агентстве по атомной энергии при Кабинете министров Республики Узбекистан подписали контракт на сооружение атомной электростанции малой мощности в Узбекистане. Проект предусматривает строительство в Джизакской области Узбекистана АСММ по российскому проекту



мощностью 330 МВт: шесть реакторов мощностью 55 МВт каждый.

Предварительные работы по проекту АСММ начались летом 2024 года: в июне на площадке будущей атомной станции состоялось первое заседание Штаба по сооружению, на котором были определены первоочередные задачи, выполнение которых позволит в регламентные сроки начать работу. В апреле 2025 года началось сооружение строительно-монтажной базы, которая обеспечит необходимые площади для административных и производственных зданий на весь период сооружения энергоблоков АСММ. Также здесь планируется разместить складское хозяйство и цеха укрупненной сборки.

«Росатом» впервые поставил генераторы технеция-99м в Кыргызстан.

Сотрудничество госкорпорации с Кыргызстаном направлено на развитие инфраструктуры ядерной медицины в республике и повышение эффективности лечения онкологических заболеваний.

АО «Всерегionalное объединение «Изотоп» (АО «В/О «Изотоп», входит в Научный дивизион госкорпорации «Росатом») будет осуществлять регулярные поставки наборов генераторов технеция-99м в Кыргызскую Республику. Радиофармацевтическая продукция будет направлена в Национальный центр онкологии и гематологии в Бишкеке. Поставки осуществляются в рамках национального проекта программы технического сотрудничества

МАГАТЭ «Восстановление ядерной медицины в Кыргызстане» и по линии программы агентства «Лучи надежды».

Генераторы технеция-99м типа ГТ-5К позволяют получать один из самых востребованных радионуклидов в ядерной медицине — технеций-99м. Он используется в 80% диагностических процедур однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) для выявления онкологических, кардиологических, нейроэндокринных и других заболеваний. Метод ОФЭКТ помогает проводить визуализацию щитовидной железы, сердца, костной ткани, легких, почек и желудочно-кишечного тракта, выявляя метастазы и другие патологические изменения на ранних стадиях. Это значительно повышает точность диагностики, эффективность лечения и общую выживаемость пациентов.

«Развитие сотрудничества с Кыргызстаном в области ядерной медицины — это шаг к повышению доступности современных технологий и своевременной диагностики различных заболеваний. Совместными усилиями мы сможем улучшить качество жизни пациентов и сократить смертность от онкологических заболеваний», — отметил генеральный директор АО «В/О «Изотоп» Максим Кушнарев.

Генератор технеция-99м типа ГТ-5К производит АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л. Я. Карпова» (АО «НИФХИ им. Л. Я. Карпова», входит в Научный дивизион госкорпорации «Росатом»). Предприятие занимает лидирующую позицию в России по выпуску этого медицинского изделия.

Под надежной защитой

Как осуществляется процедура зарубежного патентования и зачем она нужна правообладателям результатов интеллектуальной деятельности

Потребности развития инновационной экономики в РФ определяют необходимость обеспечения охраны и защиты прав на создаваемые объекты интеллектуальной собственности в зарубежных странах. Как работает международная система патентования, каковы основные тенденции в этой области и почему патентование за рубежом помогает компаниям усилить позиции на высокотехнологичных рынках, рассказывает Андрей Николаев, кандидат экономических наук, директор центра развития института интеллектуальной собственности Университета ИТМО, руководитель магистерской программы «Стратегическое управление интеллектуальной собственностью», и Анастасия Сенникова, патентный аналитик центра развития института интеллектуальной собственности, преподаватель практики Университета ИТМО.

— Можно ли посчитать, каков общий объем действующих в мире патентов?

Андрей Николаев: По ряду оценок, ежедневно в мире подается от 2 тыс. до 3 тыс. патентных заявок. Около 300 тыс. патентных заявок подается ежегодно по процедуре Договора о патентной кооперации (Patent Cooperation Treaty, PCT). По части из них национальными патентными ведомствами принимается решение о выдаче патентов. Процент отсева зависит от патентного ведомства и технологической области, к которой относится заявляемое техническое решение. Так, в молодых технологических нишах процент отказа выше.

В 2024 году, по данным Роспатента, в России было выдано 22 тыс. патентов. На 4% выросла активность по подаче

заявок на изобретения. На 18% увеличилось число поданных на регистрацию промышленных образцов, это соответствует тренду на увеличение доли продуктовых инноваций, отражающих новые решения внешнего вида. Патенты на изобретения выдаются на 20 лет, на полезные модели — на 10 лет, на промышленные образцы — на 5 лет с возможностью продления этого срока до 25 лет. При этом не все патенты сохраняют свое действие в течение установленного периода действия, а прекращают свою жизнь досрочно в связи с неоплатой годовых пошлин. С течением времени число действующих патентов сокращается.

— Почему для страны важно присутствовать на рынке международного патентования?

Андрей Николаев: Речь идет не о представительстве страны на международном патентном рынке, а, конечно же, о представительстве правообладателей. Важно отметить, что объекты патентного права охраняются согласно территориальному признаку. То есть только там, где действует патент, обеспечивается исключительное право правообладателя на охраняемый им, полученный им или приобретенный результат интеллектуальной деятельности.

Поэтому, конечно, если патент получен только в одной стране мира, это создает возможности для использования запатентованного решения третьими лицами в других странах без согласия правообладателей. То есть может возникнуть ситуация, при которой компания из России инвестировала свои деньги в разработку, получила патент, но только на территории Российской Федерации, а не озаботилась правовой охраной данного решения за рубежом, что открывает возможности для организаций, в том числе из недружественных стран, на свободное использование российских технологий. По сути, это экономит другим компаниям из других стран их деньги и делает

инновации для них более доступными. В этой связи процедура международного патентования позволяет обеспечить правовую охрану решений на территории тех юрисдикций, в которых мы, соответственно, подали заявку и обеспечили таким образом международную охрану, допустим, через систему, предусмотренную договором о международной патентной кооперации. Плюсы этой системы состоят в том, что мы получаем правовую охрану согласно приоритету по российской заявке, соответственно, таким образом блокируем какую-либо деятельность наших конкурентов на иных иностранных рынках и, по сути, обеспечиваем себе комфортный доступ на эти рынки.

Конечно, очевидно, что в основном процедурой международного патентования пользуются заявители, являющиеся все-таки юридическими лицами, поскольку эта процедура сопряжена с достаточно серьезными финансовыми затратами и эти действия, как правило, являются частью корпоративной стратегии по охвату каких-либо зарубежных рынков. Поэтому если крупные экспортеры страны считают, что они достойны занять ключевые рыночные ниши по всему миру, то процедура международного патентования является, по сути, необходимым условием для достижения позиций лидерства на международной арене. Иначе компании-конкуренты будут иметь преимущество за счет того, что они не тратили так много денег, как мы, на разработку и создание инноваций, а взяли готовое решение.

— Прокомментируйте, пожалуйста, статистику международной патентной активности по разным странам. Например, в лидерах — Китай и США, это довольно ожидаемо, но на третьем месте — сравнительно небольшая Япония. О чем это говорит?

Андрей Николаев: Международная патентная активность в данном случае отражает как динамику подачи



Андрей Николаев, кандидат экономических наук, директор центра развития института интеллектуальной собственности Университета ИТМО, руководитель магистерской программы «Стратегическое управление интеллектуальной собственностью»



Анастасия Сенникова, патентный аналитик центра развития института интеллектуальной собственности, преподаватель практики Университета ИТМО

от национальных заявителей для обеспечения правовой охраны их разработок на внутренних рынках, так и тенденцию к обеспечению правовой охраны на крупных ключевых международных рынках. Для патентования за рубежом выбираются рынки, где обеспечивается основная торговля товарами. Это те рынки, где есть либо ключевые потребители производимого продукта, либо потенциальные конкуренты, которые выпускают продукцию аналогичного качества или являющуюся близким заменителем товаров.

Приход на рынки, где много потребителей (Европа, Китай, рынки стран Азии и Южной Америки), обоснован желанием конкурировать за потребителя с такими же импортерами. С другой стороны, тенденция на регистрацию своих разработок на рынках, в которых сильными игроками являются внутренние производители продукции, связана с желанием затормозить их инновационный рост. Похожую стратегию, например, реализуют иностранные компании, когда приходят на российский рынок. Зачастую они стремятся получать патенты на решения в ключевых отраслях российской промышленности для того, чтобы таким образом создавать барьеры для инновационной деятельности российских компаний. Наши заявители тоже по мере возможностей реализуют эту стратегию на других мировых рынках.

Собственно говоря, лидерство в патентной активности на рынках Китая, Соединенных Штатов Америки или Европы является иллюстрацией этой конкурентной борьбы. С одной стороны, там много потребителей, с другой стороны, там также много и производителей. Поэтому лидерство этих регионов по показателям патентной активности совершенно оправдано именно указанными обстоятельствами.

Надо сказать, что Китай — лидер по патентованию практически во всех ключевых областях, за исключением, может быть, каких-то только очень точных, конкретных технологических ниш. В Китае более развита культура патентования, китайские научные центры и институты патентуют в разы больше, чем все остальные вузы мира,

вместе взятые. Что же касается лидерства Японии, то здесь это тоже логично, поскольку Япония также является крупным высокотехнологичным рынком и страной, национальные производители которой также активно производят высокотехнологичную продукцию. При формировании патентного портфеля большинство компаний, задумывающихся о международном патентовании в Европе, США, Китае, также выбирают Японию. Особенно, собственно говоря, это наглядно видно в тех областях, которые связаны с энергетикой.

И стоит отметить, что в целом размеры страны совершенно не обязательно коррелируют с тем, насколько высока активность заявителей по обеспечению правовой охраны на территории данной юрисдикции. Например, можно вспомнить такие территории, как Сингапур, привлекающий внимание зарубежных правообладателей просто потому, что у Сингапура интересное экономическое положение, и, соответственно, особенность этой территории делает ее привлекательной для охраны своих разработок.

— Как вы оцениваете положение России по действующим зарубежным патентам и патентным заявкам? Какими могут быть достижимые цели в этой области?

Андрей Николаев: Важно отметить, что в данном случае мы говорим о рейтингах, построенных по количественному признаку. А количество не всегда означает качество, в том числе и в контексте патентования. В разных странах и у разных специалистов по интеллектуальной собственности, являющихся представителями разных национальных или региональных школ, есть свои подходы к тому, как и что патентовать. Многие коллеги из разных стран используют стратегию дробления одного решения на целый ряд самостоятельных мини-патентов, задача которых делать решение охраняемым за счет покрытия целым «зонтом» из патентов. Российские заявители достаточно часто реализуют практику патентования одного решения в одном патенте. По каким-то технологиям данный подход совершенно справедлив, но по некоторым требуется более вариативный подход.

С точки зрения роли и места российского патентования на международной арене однозначно можно сказать, что наша страна по многим технологическим нишам демонстрирует высокие показатели и темпы по патентованию, что вселяет определенный оптимизм. По числу патентных семейств российских заявителей, конечно, нам есть куда расти. Нам необходимо усиливать свои позиции на международной арене в части обеспечения правовой охраны своих разработок именно на тех рынках, на которые мы сегодня переориентируем свои внешнеторговые приоритеты. Российские заявители стали подавать больше заявок на национальные рынки стран Латинской Америки, Азии, начинаем увеличивать число патентов, подаваемых через международные системы и процедуры на Африканский континент. Мы ведем активную работу по формированию культуры патентования, включающую просветительскую деятельность. И растущие показатели российской патентной активности в целом говорят о том, что мы движемся в правильном направлении.

— Что такое индекс GII и почему у России такие скромные результаты, согласно этому индексу?

Анастасия Сенникова: Глобальный инновационный индекс (Global Innovation Index, GII) — это инструмент, разработанный Всемирной организацией интеллектуальной собственности (World Intellectual Property Organization, WIPO) для оценки инновационного потенциала стран. Он учитывает более 80 показателей, объединенных в две группы: «ресурсы инноваций» (институты, человеческий капитал, инфраструктура, развитие рынка и бизнеса) и «результаты инноваций» (научные открытия, креативная деятельность, технологические достижения). Ежегодный рейтинг GII позволяет сравнить способности государств превращать идеи в продукты, услуги и бизнес-модели, что сегодня считается ключевым фактором экономического роста.

Россия в рейтинге GII 2024 года заняла 59-е место из 132 стран, оказавшись ниже Китая (11-е место), Индии (39-е) и ряда других государств БРИКС. Такие результаты связаны с системными

вызовами, ограничивающими развитие инновационной экосистемы. Во-первых, сохраняется структурная зависимость экономики от сырьевого сектора, что снижает стимулы для инвестиций в наукоемкие отрасли. Во-вторых, наблюдается слабая интеграция между научными организациями и бизнесом: многие разработки российских ученых не доходят до стадии коммерциализации из-за недостатка качественного управления интеллектуальной собственностью на всех этапах жизненного цикла разработки.

Еще одной проблемой остается дефицит цифровых навыков и утечка мозгов — миграция высококвалифицированных специалистов в страны с более развитыми исследовательскими возможностями и конкурентными зарплатами. Хотя Россия демонстрирует сильные позиции в сфере высшего образования и числа выпускников технических специальностей, эти преимущества не всегда трансформируются в патентную активность или создание технологических стартапов. Кроме того, институциональные факторы, например уровень правовой охраны интеллектуальной собственности, по международным оценкам остаются ниже среднемировых. Попытки исправить ситуацию предпринимаются: реализуются нацпроекты по цифровой экономике и науке, создаются инновационные кластеры (например, «ИТМО Хайпарк»), расширяется поддержка стартапов. Однако для существенного прогресса в ГП требуется не только увеличение финансирования и привлечение большого количества людей, но и системное качественное управление интеллектуальной собственностью.

— Усложнилась ли процедура международного патентования после 2022 года для российских заявителей?

Андрей Николаев: Процедура перехода национальных патентных заявок на международную фазу всегда была крайне непростой и требующей высокой компетенции специалистов в области интеллектуальной собственности. Следует отметить, что для осуществления зарубежного патентования во всех странах мира требуется привлечение национальных патентных поверенных со стороны тех юрисдикций, в которые мы осуществляем подачу своих патентных заявок. Поэтому сама по себе эта процедура не может быть дешевой, поскольку здесь есть не только затраты

на оплату пошлин, но и затраты на перевод, на заверение документов, а также на их курьерскую доставку. Конечно же, с ростом цен и с ростом курсов валют стоимость процедуры возрастает. Если ранее можно было в среднем прогнозировать, что подача национальной заявки в среднестатистическое зарубежное ведомство обойдется клиенту в сумму примерно около полумиллиона рублей (без учета каких-либо накладных расходов и издержек), то сегодня мы уже закладываем сумму от миллиона за подачу. Поэтому, конечно же, рост цен оказывает сдерживающее влияние на данную активность, поскольку компаниям требуется повышать бюджет для того, чтобы реализовать данную стратегию. Именно поэтому сегодня международным патентованием занимаются компании, у которых есть четко выстроенное понимание того, что эти затраты вернутся им в виде прибыли, которую принесут поставки товаров на зарубежные рынки или производство на контрактных площадках.

Что касается санкционных ограничений, конечно же, их тоже следует учитывать при международных процедурах. Наша команда регулярно сталкивается с проблемами наших клиентов, связанными с тем, что банки не принимают платежи от российских юридических лиц или через российские банки. Стоит отметить, что, несмотря на эти сложности, это пока еще не является непреодолимым барьером. При работе через зарубежные патентные фирмы всегда существует возможность каким-либо образом оплатить услуги поверенных, чтобы они осуществили по поручению доверителя оплату госпошлин в национальные ведомства. Что же касается санкций Европейского союза в отношении российских заявителей, здесь стоит отметить, что заявители из России в основном патентовались через процедуру РСТ, на которую не распространяются данные санкции. При этом, по данным годового отчета Роспатента, в 2024 году отечественные правообладатели подали 709 международных патентных заявок по системе РСТ. Это на 4% больше, чем было подано в 2023 году. Таким образом, процедура действительно стала дороже, но вместе с тем она не перестала быть возможной.

Анастасия Сенникова: После 2022 года процедура международного патентования для российских заявителей усложнилась, но осталась реализуемой. Основные трудности связаны с финансовым барьером. Финансовые барьеры

международного патентования для российских заявителей включают, помимо роста стоимости процедур из-за инфляции и валютных курсов, санкционные ограничения в платежах, высокие сопутствующие расходы (переводы, заверение документов), необходимость привлечения иностранных патентных поверенных и риски неоплаемости затрат. Решения включают использование международных систем, таких как РСТ, для отсрочки расходов и оптимизации географии патентования через региональные ведомства (Евразийское, ARIPO — Африканская региональная организация интеллектуальной собственности, African Regional Intellectual Property Organization). Санкционные ограничения преодолеваются через зарубежных посредников, взаиморасчеты и лоббирование упрощенных механизмов — через WIPO. Снижение сопутствующих затрат достигается цифровизацией процессов и локализацией переводов с привлечением русскоязычных поверенных. Для минимизации зависимости от иностранных юристов развивается обучение российских специалистов и заключаются долгосрочные контракты с зарубежными фирмами.

— Что дает владельцу получение зарубежного патента?

Андрей Николаев: Существует совокупность национальных или региональных регистраций одного и того же технического решения в разных юрисдикциях. На сегодняшний момент в мире существуют как национальные, так и региональные международные патентные ведомства. К числу региональных патентных ведомств относятся ведомства стран Европейского союза или Евразийское патентное ведомство. Таким образом, получение патентных документов на территории разных стран мира позволяет правообладателю осуществлять контроль над тем, что происходит в охраняемом технологическом поле, который обеспечивается правовой охраной данного запатентованного технического решения. И, безусловно, иметь контроль над ситуацией лучше, чем его не иметь.

— По словам главы Роспатента Юрия Зубова, накопленный опыт российской патентной аналитики не имеет аналогов в мире, а в настоящее время идет разработка отечественной системы глубинной патентной аналитики, которая будет отслеживать мировые тренды в технологиях, что даст инструмент

Подробности

Механизмы международного патентования доказали свою эффективность в защите интересов правообладателей на глобальном уровне, однако их применение требует стратегического подхода и значительных ресурсов.

Сильные стороны
Территориальная охрана: патентование в ключевых юрисдикциях (США, Китай, РФ) блокирует деятельность конкурентов и обеспечивает монопольные права.

Региональные системы: использование Евразийского патентного ведомства или Европейского патентного ведомства упрощает охват нескольких стран через единую процедуру.

Стратегическое преимущество: патенты позволяют контролировать технологические ниши, замедлять инновационный рост конкурентов (как это делают иностранные компании в России) и создавать барьеры для входа на рынок.

Слабые стороны
Высокие затраты: финансовая нагрузка ограничивает участие малого и среднего бизнеса.

Сложности адаптации: требуется учет национальных особенностей (например, дробление патентов в Китае vs унитарный подход в России).

Перспективы
Развитие цифровых инструментов (поисковые платформы, ИИ-аналитика) снижает стоимость и повышает доступность патентных данных. Это позволяет малым компаниям и научным организациям активнее включаться в международную деятельность. В условиях санкций актуальность патентования как инструмента защиты технологического суверенитета только возрастает. Таким образом, при грамотном планировании и использовании международных процедур механизмы остаются эффективными, но требуют гибкости и долгосрочных инвестиций.

к развитию решений в области патентной аналитики подключилось довольно много исследовательских команд, представляющих не только Роспатент, но и региональные отраслевые вузы и научные центры. Сегодня патентной аналитикой как самостоятельной областью научных исследований в области интеллектуальной собственности занимаются Проектный офис ФИПС, Университет ИТМО, РГАИС, «Сколково», «Иннополис».

Все это способствует тому, что в российской практике управления интеллектуальной собственностью патентная аналитика не является закрытой от потребителя. Потребители знают о преимуществах патентной аналитики благодаря популяризационной деятельности, которую ведут научные коллективы на различных тематических конференциях. Благодаря усилиям Роспатента появляются современные цифровые инструменты, такие как поисковая

платформа Роспатента и другие агрегаторы информации о патентных данных. Есть достаточно много стартапов, которые позволяют обрабатывать патентные данные и строить прогнозы по достаточно большому числу показателей.

Российские специалисты по патентной аналитике могут не просто создать локальный тренд для национального рынка, но и сформулировать новые стандарты и подходы для всего мира по работе в сфере интеллектуальной собственности. При этом патентная аналитика сегодня перестает являться тем продуктом, который доступен только крупным компаниям. Развитие цифровых инструментов снижает стоимость аналитики и делает ее доступнее для среднего и малого бизнеса, ученых и исследователей. Интерес к патентной аналитике проявляют и представители органов государственной власти, и чиновники на местах.

Текст: Константин Михайлец
Фото: Роман Пышкин, газета «Страна Росатом» / Анастасия Барей



Атом для людей

Безопасность, гордость, вдохновение и мечты: что скрывается за сухими цифрами планов по развитию атомной энергетики

30 декабря 2024 года правительство РФ утвердило Генеральную схему размещения энергообъектов до 2042 года. Для профессионалов отрасли — это своего рода «священные скрижали», которые определяют их жизнь на много десятилетий вперед. Но что увидят в этом документе обычные люди? Колонки малознакомых аббревиатур с числовыми кодами? Бесконечные таблицы с объемами выводимых из эксплуатации и вводимых им на смену генерирующих мощностей? Так или иначе, эти мегаватты, помноженные на рубли, мало что скажут обычным жителям нашей страны. В сети Информационных центров по атомной энергии умеют рассказывать о будущем энергетики доступно и интересно — так, чтобы это было понятно каждому.

Генеральная схема, по утверждению разработчиков, «живой документ» и поэтому, вполне возможно, будет корректироваться. Но масштаб замыслов все равно впечатляет. Особенно это касается атомной генерации. За неполных два десятилетия планируется построить 11 новых АЭС разной мощности на пространствах от Ростова-на-Дону до Хабаровска и от Чукотки до Иркутска. И это без учета замещающих мощностей на уже работающих Смоленской, Ленинградской, Кольской, Белоярской, Курской и Нововоронежской АЭС, а также опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК) в Томской области на базе реактора БРЕСТ-ОД-300. Всего 88,1 ГВт, что доведет долю атомной генерации в энергобалансе страны до рекордных 25%.

Энергетика мифа

Но о чем подумает обычный человек, увидев циклопические градирни новой АЭС? Можно поспорить, что в первую очередь ему в голову придут

всевозможные мифы об атомной энергетике. И это вполне логично, считает Андрей Акатов, старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного технологического института и один из ведущих популяризаторов атомной энергетики: «Странно было бы ожидать от обычных граждан глубоких знаний о тех процессах, которые протекают в ядерном реакторе, о природе радиоактивности. Тем более, будем честны, аварии в Чернобыле и Фукусиме много сделали, чтобы эти мифы стали чрезвычайно устойчивыми. Помню, что когда я поступал в институт, даже некоторые родственники слегка переживали за мое будущее здоровье. К счастью, отец, который множество раз ходил в море на атомных подводных лодках, развеял их страхи».

Со временем опасения сходят на нет, а интерес к областям применения атомных технологий и к перспективам атомной энергетики, наоборот, растет. И все же Андрею Акатову, по его собственному признанию, буквально на каждом выступлении приходится заниматься разоблачением мифов. «Самое простое, с чем приходится встречаться, это, конечно, вопросы о безопасности персонала: до сих пор есть представление, что работники атомных станций — это такие камикадзе, люди, заранее обреченные. Часто приходится сталкиваться со страхами, связанными с радиацией. Это объяснимо, поскольку это что-то неосязаемое, а человек боится в первую очередь именно непонятного и неизведанного. Естественно, поднимается вопрос и о радиоактивных отходах. Приходится объяснять, что пруды-охладители сооружают рядом с АЭС совсем не для того, чтобы в будущем сбрасывать туда отработавшее ядерное топливо и «зараженную» воду», — замечает Андрей Акатов.

Есть среди мифов и экзотические, появление которых связано с массовой культурой, с вымышленными мирами фильмов, книг, комиксов и игр. «Здесь тема номер один — это, конечно, мутанты всех видов и мастей — от двухголовых оленей до зеленых халков. При том что действительная роль природной радиации в эволюции человеческого вида довольно значительна, это как раз интереса практически не вызывает. А вот про Человека-паука — действительно ли укус радиоактивного насекомого способен наделять сверхчеловеческими способностями — спрашивали меня не единожды», — вспоминает ученый.

И все же главное, что волнует большинство людей, — безопасность АЭС и возможность повторения инцидентов, аналогичных тем, что случились на АЭС на Три-Майл-Айленде, в Чернобыле, Фукусиме. «Тут жителей нашей страны можно успокоить: сейчас в России строятся преимущественно водо-водяные реакторы (ВВЭР), и, по общему признанию, это один из самых безопасных атомных реакторов в мире, — утверждает Андрей Акатов. — За всю историю эксплуатации на них не было зафиксировано ни одной тяжелой аварии. Возможно, для людей непосвященных это звучит не слишком убедительно, но поверьте, этот факт для такого сверхсложного технологического комплекса, каковым является



Андрей Акатов

Старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного технологического института:

“
Сейчас в России строятся преимущественно водо-водяные реакторы (ВВЭР), и, по общему признанию, это один из самых безопасных типов атомных реакторов в мире. За всю историю эксплуатации на них не было зафиксировано ни одной тяжелой аварии

”

АЭС, очень показателен. Уровень защищенности у энергоблоков этого типа достаточно высокий, даже учитывая крайне строгие требования, предъявляемые к этому параметру в атомной отрасли».

«Если мы говорим о других, не таких массовых типах реакторов, то можно упомянуть реакторы на быстрых нейтронах: БН — с натриевым и БРЕСТ — со свинцовым теплоносителем. Вероятность тяжелой аварии на них сравнима или даже ниже, чем на ВВЭР, где теплоносителем является вода. В случае нештатной ситуации, например при нарушении охлаждения топлива, она постепенно будет испаряться и сбрасываться в виде пара. В какой-то момент топливо может оказаться осушенным и начать плавиться. В реакторах БН жидкий натрий находится при достаточно низком давлении и температура его кипения существенно выше, чем у воды. Поэтому здесь подобный сценарий протекания аварии гораздо менее вероятен. У свинца «разбег» между температурой плавления (в реакторе БРЕСТ свинец находится в жидком виде) и кипения еще выше, поэтому уровень безопасности в этом отношении еще выше», — отмечает ученый.

Реактор БРЕСТ является частью стратегического проекта «Прорыв». Название очень соответствующее, убежден Андрей Акатов, поскольку свинцовый теплоноситель — это не единственная инновация, здесь применяемая. «Второе самое распространенное опасение, с которым приходится сталкиваться, — обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. Это действительно большая проблема, хотя и выглядит она совсем не так, как это представляется массовому сознанию. Атомная, как и, заметим, любая энергетика,



без отходов невозможна. Но в составе этих отходов есть быстрораспадающиеся радионуклиды, которые мы умеем включать в матрицы и безопасно захоранивать на сравнительно небольшой срок их потенциальной опасности. И есть долгоживущие радиоактивные вещества с очень большим периодом полураспада в десятки и сотни тысяч лет. Они действительно являются проблемой: ни одна технология отверждения и изоляции не позволит нам создать могильник, который был бы рассчитан на такой срок эксплуатации. И тут нам на помощь приходят реакторы на быстрых нейтронах, жидкометаллические или жидкосолевые, где есть возможность эти долгоживущие радионуклиды, говоря простым языком, «дожигать». Посмотрим, насколько успешной будет эксплуатация строящегося опытно-демонстрационного комплекса с БРЕСТом, а также проектируемого реактора на расплавах солей. В случае успеха мы получим не только практически безграничный запас топлива для АЭС, но и надежный инструмент утилизации ядерных отходов», — подчеркивает Андрей Акатов.

Гордость как инструмент внешней политики

Помимо традиционных АЭС, Россия располагает сегодня единственной в мире плавучей атомной электростанцией — ПАТЭС «Академик Ломоносов» (на фото). В минувшем году исполнилось пять лет с момента ввода ее в эксплуатацию в чукотском городе Певеке. Опыт был признан настолько удачным, что, согласно Генеральной схеме размещения энергообъектов до 2042 года, в России планируется строительство целой серии плавучих энергоблоков.

Но составить собственное мнение об этом инженерном чуде даже среди наших сограждан доведется немногим: основным местом работы плавучих АЭС преимущественно станут различные точки на побережье

Северного Ледовитого океана. Тем любопытней узнать, что увидел в бухте Певека гражданин Индии Сидхарт Приян Мадхава, главный корреспондент международного англоязычного индийского телеканала WION, который посетил плавучую станцию «Академик Ломоносов» в 2024 году в рамках организованного «Росатомом» пресс-тура для журналистов из разных стран.

«Уже несколько десятков лет авианосцы и подводные лодки работают за счет ядерной энергии. Малогабаритные и мобильные атомные электростанции не являются новой концепцией, но переосмыслить ее и использовать плавучую атомную электростанцию для обеспечения надежного круглогодичного электроснабжения удаленного города, который постепенно меняется для достижения долгосрочных целей России в Арктике, — это действительно революционно», — утверждает Сидхарт Приян Мадхава.

Сидхарт Приян Мадхава не новичок в теме атомной энергетики. «Ранее в своей деятельности я освещал вопросы космоса, науки и технологий, обороны, поэтому ядерная энергетика всегда была основной областью моих интересов. В штате Тамилнад, где я живу, находятся два ядерных объекта. Один из них — атомная электростанция «Куданкулам», которая является знаковым индийско-российским продуктом сотрудничества в области ядерной энергетики и крупнейшим

Цитата



Сидхарт Приян Мадхава

Главный корреспондент международного англоязычного индийского телеканала WION:

“Плавучая атомная станция — это концепция, которая может помочь малым островным государствам, прибрежным государствам с ограниченными земельными ресурсами, отдаленным районам, морским установкам и многому другому

”

в Индии ядерным энергетическим проектом», — отмечает журналист.

И все же ПАТЭС смогла его удивить. «Это уникальная концепция, аналогов которой в мире пока нет. Типичная наземная АЭС потребует тысячи акров земли, значительную буферную зону, вероятно, переселения местных жителей и соблюдения множества других процедур. Кроме того, наземные атомные электростанции эксплуатируются 40–60 лет, после чего активная зона с реактором и все, что сопрягается с топливом, не могут использоваться для других целей. Однако в случае ПАТЭС реактором можно оснастить самоходное судно, отбуксировать к месту дислокации в море и подключить к местной электросети. Она не требует каких-либо значительных земельных ресурсов. Кроме того, это полностью автономная установка, значит, персонал ПАТЭС может оставаться и работать на борту без необходимости дополнительной достройки какой-либо инфраструктуры, — перечисляет достоинства ПАТЭС журналист. — Это концепция, которая может помочь малым островным государствам, прибрежным государствам с ограниченными земельными ресурсами, отдаленным районам, морским установкам и многому другому».

Это последнее замечание индийского журналиста значит больше, чем может показаться на первый взгляд. Потому что такие проекты, как ПАТЭС, всегда больше, чем задумывались. Предмет гордости российских атомщиков и судостроителей превращается буквально в субъект международных отношений, инструмент «мягкой силы» и важную составляющую репутации, облика страны как передовой технологической державы на международной арене. Фактор, значение которого сегодня трудно переоценить.

Базовая потребность

Впрочем, куда привычнее объекты энергетики «чувствуют себя» не на международной арене, а, скажем, в объективе фотоаппарата. О неочевидной природе их красоты мы поговорили с Романом Пышкиным, специалистом управления коммуникаций Нововоронежской АЭС, вся жизнь которого связана с визуальным искусством во всех его проявлениях — от фотографии и академического рисунка до граффити и стрит-арта. Другой константой для него всегда была Нововоронежская АЭС. «Я родился и вырос в Нововоронеже, поэтому для меня атомная станция — это как для жителей Сочи море, то есть то, что есть по умолчанию, обязательная часть повседневного пейзажа, из какой точки города ни смотри», — отмечает Роман.

Зная это, совсем не удивительно, что свою миссию Роман Пышкин видит в том, чтобы искать красоту в самых неожиданных, на первый взгляд, объектах. «Эстетика в том, что есть нечто гигантское, необузданное и мощное, и есть люди — ученые и инженеры, управленцы и рабочие, — способные вдохнуть в это жизнь», — убежден он.

Цитата



Роман Пышкин

Специалист управления коммуникаций Нововоронежской АЭС:

“Эстетика в том, что есть нечто гигантское, необузданное и мощное, и есть люди — ученые и инженеры, управленцы и рабочие, — способные вдохнуть в это жизнь

”

В детстве Роман, как и многие мальчишки, мечтал быть летчиком и читал все, что мог достать по этой теме. «Есть знаменитая история про известного конструктора Туполева: он забраковал одну из идей своих инженеров по той причине, что, по его словам, некрасивое летать не будет. Мне эта оптика была очень близка: меня вдохновляли не столько сами самолеты, сколько их пропорции и формы — сопла, крылья, обтекаемые линии. Идеальные формы рожают функциональность, как в прожилках листьев или волокнах древесины», — говорит Роман.

Роман настаивает, что эстетика — это синоним эволюции, синоним эффективности, буквально визуальное проявление устойчивых систем. И в этом смысле





красота техногенных объектов — не случайность, а следствие их оптимизации. «Природа не терпит неэффективного. То, что работает, часто оказывается и эстетически совершенным. Инженеры, сами того не осознавая, в поисках максимально устойчивых, эффективных и продуктивных систем часто приходят к уже существующим в природе пропорциям», — отмечает Роман.

На своем опыте он отмечает растущий запрос общества на эстетику в промышленности и городской среде. «Вместе с друзьями мы создали мурал размером 20 × 3 м в Нововоронеже. Люди останавливались, благодарили, говорили, что это изменило их восприятие города. Красота сегодня — не роскошь, а базовая потребность. Мы хотим жить и работать в среде, которая вдохновляет», — подчеркивает Роман. Примеры этой трансформации он видит в проектах «Росатома»: «Новые ледоколы, ПАТЭС, городская среда в атомных городах — везде можно наблюдать, что важность визуального не просто уловили, но и осмыслили. Все чаще это уже не только функциональные объекты, но и объекты визуальной культуры». Он убежден, что это важно не просто как часть имиджа компании. «Безусловно, это создает определенный узнаваемый визуальный стиль. Но куда важнее, что таким образом создаются новые точки притяжения для людей. И в этом сочетании эстетики и технологии, прекрасного и функционального мы как будто видим контуры нового образа будущего», — полагает Роман Пышкин.

Мечта на пороге

Образ будущего вообще одна из самых обсуждаемых сегодня тем: человеку свойственно бояться в той же степени, что и мечтать. Размышляя о том, какой будет энергетика «за пределами» Генеральной схемы размещения энергообъектов до 2042 года, мы не могли

не коснуться темы укрощения термоядерной энергии, с которой связаны ожидания не только отечественных ученых и энергетиков, но и всей мировой науки.

Термоядерную энергетику иногда противопоставляют привычным нам технологиям генерации, отмечает руководитель пресс-службы Проектного центра ИТЭР (учреждение «Росатома») Александр Петров. «Хотя, если вдуматься, это та же ядерная энергетика, просто на других физических принципах. И там и там идет реакция на уровне ядер, только там мы расщепляем вещество, а здесь — происходит реакция синтеза с выходом колоссальной энергии, которую мы потом будем снимать и пускать в розетку», — проводит параллели Александр.

«Для меня термояд не просто как исследовательская область, а именно как источник энергии — это идеал. Почему? Любой источник энергии включает несколько составляющих — безопасность, экологическую чистоту, масштабируемость. Термоядерная энергия безопасна. Разумеется, на современных атомных станциях и исследовательских реакторах технологиям безопасности уделяют сверхбольшое внимание, мы можем быть полностью спокойны. Но термоядерные реакции, представляющие собой слияние ядер легких элементов, безопасны просто по законам физики. При этом термояд в полной мере можно отнести к зеленой энергетике. В промышленных термоядерных реакторах, во-первых, будут использоваться буквально граммы вещества в качестве топлива, а во-вторых, практически не будет ядерных отходов. Основное топливо — это дейтерий, который содержится в простой воде. Так что топливом мы обеспечены на тысячелетия», — убежден Александр Петров. При этом он подчеркивает, что в отличие от возобновляемых источников энергии термояд не привязан ни к географическому положению, ни к рельефу, ни к климатическим условиям. Как следствие, нет ограничений по объему вводимых мощностей.

«На сегодняшний день вершиной термоядерных исследований человечества, которые начались в 50-е годы прошлого века, является проект ИТЭР. В нем задействованы 35 стран, в которых живет больше половины населения Земли. Думаю, не будет преувеличением сказать, что это самый сложный международный научно-технический проект в истории человечества. Это колоссальных размеров токамак, тороидальная камера с магнитными катушками, главная цель которой — длительное удержание сверхгорячего плазменного шнура температурой до 300 млн °С, то есть в 20 раз горячее ядра Солнца. Масса самой установки — 23 000 тонн, или три с лишним Эйфелевых башни, а мощность ее магнитной системы такова, что с ее помощью можно вытащить из воды авианосец», — рассказывает Александр Петров.

Зачем нужна такая исполинская установка? Отец-основатель проекта академик Велихов отметил, что ИТЭР — это технологическая платформа, задача которой — отработка лучших практик, формирование лучших навыков, создание передовых научных коллективов и производственных мощностей. «Задача проекта — доказать, что можно при работе термоядерного реактора получать энергии больше, чем затрачивается. Например, в реакторе ИТЭР, затратив на поддержание реакции 50 МВт, мы получим 500 МВт термоядерной мощности. И нужно понять, какие надо использовать материалы, какие подходят режимы, какие подходят технологии, сколько нужно диагностических систем, как лучше конфигурировать вакуумную камеру и т.д. То есть детально отработать все технологические процессы, связанные с перспективной эксплуатацией промышленных термоядерных установок», — говорит Александр Петров.

«Согласно стратегии, по которой мы действуем, первый полноценный практический эксперимент с термоядом будет проведен в 2034–2035 годах. В 2039-м мы перейдем на дейтерий-тритиевую смесь, после чего стартуют две десятилетние серии экспериментов. Но мы ожидаем, что к этому моменту на основе уже собираемых нами данных начнут строиться демонстрационные термоядерные электростанции. Таким образом, можно с высокой уверенностью утверждать, что вторую половину XXI века можно будет называть началом эры термоядерной энергетики», — говорит специалист. При этом он отмечает, что в России уже приступили к реализации проекта строительства токамака с реакторными технологиями (ТРТ), который станет прототипом масштабной энергетической установки нового поколения. Здесь будет использован весь накопленный опыт ИТЭР, а также применены передовые отечественные разработки.

Мифы, как мы уже убедились, обязательный спутник любых высоких технологий. Не обошла эта участь и ИТЭР. «Это нормально, человеку свойственно бояться непознанного. Наши зарубежные коллеги по проекту, например, в публичных выступлениях по теме ИТЭР всячески избегают слова «реактор». И называют его как угодно — установкой, машиной,

Цитата



Александр Петров

Руководитель пресс-службы
Проектного центра ИТЭР:

“

На сегодняшний день вершиной термоядерных исследований, которые начались в 1950-е годы, является проект ИТЭР. Думаю, не будет преувеличением сказать, что это самый сложный международный научно-технический проект в истории человечества

”

даже пончиком (по форме вакуумной камеры). Лишь бы не упоминать слово, которое зачастую вызывает негативные коннотации с атомной энергетикой у среднестатистического человека, — говорит Александр Петров. — Хотя по законам физики термоядерный реактор взорваться не может в принципе. Даже при самом худшем сценарии, который только можно вообразить, — отказе каких-либо систем установки, разгерметизации вакуумной камеры, образовании примесей в плазме — неконтролируемой цепной реакции не произойдет. Это подтверждают не только теоретические модели, но и опыт десятилетий эксплуатации сотен токамаков меньшего размера по всему миру».

Атомная промышленность — это давно уже не просто мегаватты, не просто «экономический субъект». Это предмет гордости, источник вдохновения, важные точки на карте будущего, к которым ведут нас наши мечты. И сам разговор о ней в категориях повседневности лишь доказывает, что она является важной частью этой самой повседневности, без которой нас, нашу историю и место в мире представить уже невозможно.

Индивидуализированное общество

«Текучая современность» как действительность нового типа

В 2001 году увидела свет книга видного социолога Зигмунта Баумана «Индивидуализированное общество», наделавшая довольно много шума. Труд был посвящен новому состоянию общественной жизни, которое представляет собой исторический итог модернизации и дерегулирования социально-экономических и политических отношений. Это общество, определяемое автором как индивидуализированное, отличают усиление роли неконтролируемых человеком сил и тенденций, нарастание неуверенности и неопределенности, подавление тех проявлений человеческого духа, которые в прежние эпохи вдохновляли людей на социальные преобразования. Благодаря глубокому пониманию реалий эпохи и незаурядному литературному дару автора, книга вызвала широкий общественный резонанс и была переведена на многие языки.

Радикально новое общество

Автор книги, с одной стороны, подчеркивает объективный и неотвратимый характер современного социального развития. С другой стороны, Бауман, оценивая перспективы западного мира, последовательно уделяет внимание проблемам, встающим перед каждым конкретным человеком, акцентирует внимание на отношении людей к миру и друг к другу, на эволюции предпочтений и целей личности. На всем том, что в объективистской философии, свойственной периоду модернити, скрывалось обычно за «неоспоримыми» общественными законами и масштабными социальными тенденциями. Термин «модернити» понимается в трудах Баумана как современность.

Профессор Бауман уверен, что современное общество радикально отличается от всех предшествующих форм человеческого существования. Один из основных его выводов гласит: «На [современной] стадии... мы вступили на территорию, которая никогда прежде не была населена людьми, — на территорию, которую культура в прошлом считала непригодной для жизни». Эта непригодность для жизни определяется тем, что на сегодня потеряна сбалансированность между общественным и частным, за счет которой поддерживалась устойчивость социального порядка; современное общество в принципе не признает потребности в диалоге между общественным и частным. Как отмечает автор, «частное сегодня вторглось на территорию общественного, но отнюдь не для того, чтобы взаимодействовать с ним», «общественное колонизируется частным; публичный интерес деградирует до любопытства к частной жизни общественных деятелей, общественные проблемы, которые не могут быть подвергнуты подобной редукции, и вовсе перестают быть понятными».

«Индивидуализация пришла надолго»

Индивидуализация рассматривается Бауманом в первую очередь как отрицание форм социальности, известных из прошлого, как нечто, выступающее в одно и то же время причиной и следствием фрагментации

и социальной действительности, и жизни каждого конкретного человека; в новых условиях не только масштабные социальные задачи подменяются личными желаниями и стремлениями, но и сами люди все чаще и охотнее отказываются от «долгосрочной» ментальности в пользу «краткосрочной».

Объективные социальные процессы трансформируют менталитет людей, а мировоззрение человека формирует новый облик современного социума. Такой «самоподдерживающийся» характер нарастающей индивидуализации позволяет автору утверждать, что «индивидуализация пришла надолго; все, кто задумывался о том, как относиться к ее влиянию на образ жизни каждого из нас, должны исходить из признака этого факта».

В своей книге профессор Бауман многократно противопоставляет прежнее и нынешнее общество в категориях модернити и постмодернити. Последний термин широко распространился в последние десятилетия и стал сегодня общепотребительным. Постмодернити рассматривается автором в первую очередь с точки зрения социальных последствий и воздействия на современную личность. Постмодернити понимается как индивидуализация общества и подчеркивает значимость самоощущения человека для важнейших процессов, характеризующих современный социум.

Бауман видит несколько признаков индивидуализированного общества. Это утрата человеком контроля над большинством значимых социальных процессов; возрастающая в связи с этим неопределенность и прогрессирующая незащищенность личности перед лицом неконтролируемых ею перемен; возникающее в таких условиях стремление человека отказаться от достижения перспективных целей ради получения немедленных результатов, что в конечном счете приводит к дезинтеграции как социальной, так и индивидуальной жизни.

Как следствие, общество начала XXI века можно охарактеризовать, с одной стороны, стремительным усложнением экономических процессов, а с другой — все более явной фрагментированностью человеческого существования. Противоречие между этими процессами и составляет основную проблему современного общества; сегодня нетрудно заметить, что при всей «индивидуализированности» социума в нем побеждают именно тенденции к самодостаточности хозяйственных процессов, в то время как социальное начало становится все менее значимым.

Именно в этом кроется основная причина того, что современное общество пропитывается антигуманизмом, а современный человек становится все более дезориентированным, ограниченным и беспомощным.

Без незыблемых ценностей

Анализируя утрату обществом контроля над явлениями, важными для его нормального

Справка

Зигмунт Бауман (1925–2017) — британский социолог, профессор Лидского университета. В сферу его научных интересов входили глобализация и антиглобализация, бедность и труд, социальные движения, проблемы общества потребления. В центре исследований Баумана — современное общество, во многом лишенное веры в прогресс. Ученый использует метафору «текучая современность» для описания эпохи, в которую вступает человечество и которая характеризуется большой неопределенностью как в жизни индивида, так и в социальной жизни. Это состояние непрерывного перемещения, плавления, перетекания и в то же время начало подвижной стадии, при которой идет построение новой действительности.

функционирования, автор противопоставляет, с одной стороны, разумные и осознанные людьми стратегии, которые он de facto объединяет в понятие «политика», и, с другой стороны, слепые экономические и социальные силы, не допускающие над собой особого контроля. Таким образом, международный капитал и финансы действуют, не будучи скованными никакими принципами этики, никакими пространственными ограничениями, и при этом практически не могут быть призваны к ответу.

Еще один важнейший признак жизни современного общества, и на нем автор останавливается, пожалуй, наиболее подробно, состоит в радикальном пересмотре всей системы ценностей, еще недавно представлявших практически незыблемыми. Главная роль принадлежит здесь отказу от достижения людьми долгосрочных целей и задач, что отмечалось выше. Если человек утрачивает веру в возможность последовательно двигаться к определенным целям, то для него теряет значение социальная устойчивость, в том числе и устойчивость любых межличностных отношений.

Еще одно фундаментальное качество жизни современного индивидуализированного общества видится автору в снижении возможностей человека контролировать собственную судьбу, в возрастании неопределенности человеческого бытия; при этом, подчеркивает Зигмунт Бауман, неотвратимые силы глобализации навязывают людям понимание этой неопределенности как блага, как лучшего из возможных вариантов.

Все эти социальные процессы получили название «жидкое, или гибкое, общество» — общество, в котором свобода понимается в том числе и как отказ от обязательств общества по отношению к своим членам. В свою очередь, такие тенденции привели к запросу на патриархальные системы управления, в которых по-прежнему фигурируют такие понятия, как «социальные обязательства». И хотя индивидуализация общества — это уже объективная реальность, последнее слово еще не сказано.



Атомная мозаика

1 трлн
киловатт-часов

составила выработка электроэнергии Балаковской АЭС по состоянию на 3 мая 2025 года. Среди российских атомных станций, эксплуатирующих РУ ВВЭР, такой показатель достигнут впервые. Балаковская АЭС ежегодно вырабатывает порядка 30 млрд кВт·ч электроэнергии. Электроэнергия поступает потребителям Поволжья, Центральной России, Урала и Сибири.

«За этой цифрой стоит многолетний труд всего коллектива Балаковской АЭС, в том числе ветеранов, которые еще помнят наш первый киловатт-час. За 40 лет работы атомная станция прошла большой путь развития, непрерывно повышая уровень безопасности. Мы продлили сроки службы всех своих четырех энергоблоков, без чего стало бы невозможным достигнуть столь важного исторического рубежа. Безусловно, это победа всего коллектива станции, концерна «Росэнергоатом», наших дочерних компаний и партнеров. Это не только профессиональный успех, но и настоящий подарок нашей стране в честь 40-летия станции и к важнейшим датам — 80-летию атомной промышленности и Великой Победы!» — прокомментировал директор Балаковской АЭС Юрий Максимов.

~ 3000
тонн

будет весить полностью собранная импульсная магнитная система международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР. В мае 2025 года руководство Международной организации ИТЭР объявило о завершении создания сверхпроводящих катушек для магнитной системы реактора.

«Магнитная система, самая сложная и мощная из когда-либо созданных, — это основа, фундамент всей будущей установки, без нее работа ИТЭР в принципе невозможна. Совместными усилиями с международными партнерами мы успешно завершили этот этап, и это наша общая, коллективная заслуга. Россия, наши предприятия, принимали непосредственное участие в этом процессе. Мы произвели 120 тонн ниобий-титанового сверхпроводника (кстати, в тесном сотрудничестве с Европой), а также более 17 км ниобий-оловянного сверхпроводника. Мы также изготовили и доставили в Организацию ИТЭР одну из шести катушек полоидального поля. Проект ИТЭР в очередной раз доказал, что вместе мы способны решать задачи невероятной сложности», — отметил директор Проектного центра ИТЭР (учреждение «Росатома») Анатолий Красильников.

> 2,5 млн
школьников

стали участниками урока «Росатома» в рамках образовательного проекта «Урок цифры», посвященного квантовым вычислениям и материалам будущего (проводился совместно с АНО «Цифровая экономика» при поддержке Минпросвещения и Минцифры России в поддержку федерального проекта «Кадры для цифровой трансформации» национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства»).

«Урок цифры» «Росатома» — это не просто способ познакомить школьников с эрой квантовых технологий, которая, мы верим, грядет в скором будущем. Это точка притяжения для талантливых, увлеченных будущим ребят, мечтающих жить в технологически развитой стране, расширять границы российской науки. В «Росатоме» мы создаем технологии завтрашнего дня и готовы поддерживать школьников на всех этапах: от первого интереса к знаниям до профессионального становления. Наша цель — передать молодежи эстафету «мечты о будущем», ту самую, что формирует ДНК «Росатома» как корпорации инноваций», — подчеркнула Екатерина Солнцева, директор по квантовым технологиям госкорпорации «Росатом».

