

# ВЕСТНИК АТОМПРОМА

№8 | октябрь | 2025

*Главная тема*

## Электродвижение

*Как в России развивается рынок электротранспорта и что для этого делает «Росатом»*

*В номере*

---

World Atomic Week 42

---

Технологии сверхпроводимости 46

---

Композитное производство 50

---



## Уважаемые читатели!

Каждый пятый автомобиль, проданный в мире в 2024 году, имел электрический двигатель, по сравнению с 2022 годом этот показатель вырос в два раза. Россия в этом отношении пока далека от мировых лидеров, но уже нет сомнений в том, что развитие электромобильности в нашей стране — это необратимый процесс. Для того чтобы сбылись оптимистичные прогнозы, предстоит сделать многое. Необходимо создание широкой сети зарядной инфраструктуры, а также разработка эффективной и экологически приемлемой системы утилизации батарей, выработавших ресурс. Требуется дальнейшее увеличение доли чистой энергии в генерации: если электричество вырабатывают станции с высокими выбросами углерода, то зеленая ценность электротранспорта нивелируется. Важным направлением является и развитие собственной сырьевой базы для производства аккумуляторных батарей.

Материалы главной темы номера рассказывают, почему электромобильность — это логичное продолжение тех направлений, которыми отечественная атомная отрасль занимается в течение десятилетий, каковы особенности российского рынка электротранспорта и в чем заключается влияние экосистемы электромобильности на экономику.

Также читайте, что спикеры Мировой атомной недели говорили о перспективах развития атомной энергетики в нашей стране и в мире, какие разработки в области технологий высокотемпературной и низкотемпературной сверхпроводимости ведут специалисты «Росатома» и в чем основные преимущества композитных стройматериалов.

**ВЕСТНИК  
АТОМПРОМА**

№ 8, октябрь 2025 года

Информационно-  
аналитическое  
издание



Фото на обложке  
Freepik

*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 ответ-  
ственностью «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, инфор-  
мационных 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: 31.10.2025

При перепечатке ссылка  
на «Вестник Атомпрома» обяза-  
тельна. Рукописи не рецензиру-  
ются 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-010/25.

## Содержание

Главная тема	КОРОТКО	<b>Движение в будущее</b> 4 <i>Электротранспорт — один из локомотивов развития отечественных науко- и технологически емких производств</i>	Главная тема МАТЕРИАЛЫ	<b>«Основная проблема — отсутствие промышленного производства материалов»</b> 30 <i>Почему именно материалы определяют наиболее важные эксплуатационные характеристики аккумуляторов и какие разработки в этой области ведутся в России</i>
	ПРЯМАЯ РЕЧЬ	<b>«Электромобиль — транспорт уже сегодняшнего дня»</b> 6 <i>Александр Бухвалов, руководитель бизнес-направления «Электромобильность» АО «ТВЭЛ», — о том, какие задачи стоят сегодня перед отраслью и что требует особого внимания и усилий</i>	АККУМУЛЯТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	<b>Кладовые энергии</b> 35 <i>России нужен комплексный подход к преодолению барьеров в развитии индустрии аккумуляторных СНЭ</i>
	НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ	<b>Батареи на подходе</b> 13 <i>«Росатом» готовится к запуску двух гигафабрик</i>	Прямая речь	<b>Всемирный атом</b> 42 <i>О чем говорили на WAW-2025</i>
	ТЕНДЕНЦИИ	<b>С опережением спроса</b> 18 <i>Восемь тенденций рынка электрозарядных станций</i>	Фоторепортаж	<b>Вспоминаем яркие моменты WAW-2025</b> 44 <i>Что увидели участники и гости Международного форума «Мировая атомная неделя»</i>
	ЭКОПОВЕСТКА	<b>От турбины до колес</b> 20 <i>Какой электромобиль можно считать низкоуглеродным</i>	Технологии	<b>Спектр сверхпроводимости</b> 46 <i>Специалисты Бочваровского института ведут исследования и разработки по различным направлениям в области технологий сверхпроводников</i>
	КОМПОЗИТЫ	<b>Автомобиль с именем</b> 22 <i>В «Росатоме» создают универсальную электромобильную композитную платформу</i>	Производство	<b>Во вторую очередь</b> 50 <i>Мощности по выпуску композитов на заводе «Росатома» в Мордовии утроились</i>
	ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ	<b>«В стратегическом плане развитие электротранспорта нужно нашей стране»</b> 26 <i>Каким должен быть путь России в развитии электродвижения</i>	ИЦАЭ	<b>Как вырастить «электроевангелиста»?</b> 52 <i>Кому, зачем и как сегодня нужно рассказывать о преимуществах электротранспорта</i>
			Книжная полка	<b>Невидимая рука экономики</b> 56 <i>Почему культура имеет значение</i>

# Движение в будущее

Электромобильность — новое перспективное бизнес-направление «Росатома». Опираясь на научный, технологический и производственный потенциал предприятий атомной промышленности, «Росатом» ставит своей целью внести максимальный вклад в решение задачи национального масштаба — формирование в России успешного массового производства электротранспорта, а также необходимой инфраструктуры и регуляторной среды.

Предприятия «Росатома» потенциально способны производить около 60% всех компонентов электромобиля, включая аккумуляторные батареи, электродвигатели, магниты из редкоземельных материалов, микрокомпонентную базу, полимерные и композитные материалы. Кроме того, «Росатом» намерен внедрять на российском рынке новые сервисы для владельцев электромобилей.

Электротранспорт — один из локомотивов развития отечественных научно- и технологически емких производств. Формирование новой отрасли электромобильности стимулирует развитие смежных отраслей экономики: микроэлектроники, телекоммуникационных сетей нового поколения, беспилотных и аккумуляторных технологий, металлургии, специальной химии, индустрии больших данных, искусственного интеллекта.

Участие «Росатома» заключается в разработке широкой линейки отечественных решений в области электромобильности — от разработки критических узлов и компонентов электромобилей, зарядных станций

(интегрированные электроприводы, технология быстрой смены батарей и т.д.) до создания совместных предприятий по производству отдельных типов электромобилей и поставки низкоуглеродной зеленой электроэнергии, вырабатываемой на атомных и ветровых электрических станциях. Помимо существенного совокупного экономического эффекта и снижения страновой зависимости от импорта, отрасль электромобильности существенно улучшит экологию в стране, будет способствовать повышению уровня жизни людей.

В настоящий момент на мировом рынке присутствуют производители — лидеры по выпуску электромобилей, но нет лидеров по комплексному предложению экосистем электродвижения. В РФ есть все предпосылки для создания сильного мирового игрока, который сможет экспортировать не только электромобили, но и другие составляющие экосистемы, как это делает сегодня госкорпорация «Росатом» в части зарубежного интегрированного предложения по поставке продуктов и услуг на протяжении всего жизненного цикла АЭС в соответствии с конкретными требованиями заказчика и с учетом национальной специфики.

Сотрудничество «Росатома» с регионами в области электромобильности основано на комплексном подходе, который включает шаги по внедрению пассажирского электротранспорта и созданию электрозарядной инфраструктуры для стимулирования перехода на электромобили. Эта деятельность влечет за собой рост качества жизни населения страны.

## *Эффекты экосистемы электромобильности*

1. Колоссальный заказ для смежных отраслей (производство магнитов, электроники, электрики, батарей и др.) и толчок к их развитию
2. Создание и развитие сопутствующих производств — от электрозаправок до автомастерских
3. Восстановление предложения на отечественном рынке авто
4. Создание новых рабочих мест
5. Создание мощного экспортного технологического продукта
6. Рост спроса на электроэнергию
7. Снижение импорта высокомаржинальной продукции
8. Повышение экспортного потенциала РФ



Текст: Алексей Комольцев

Фото: газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров, «Кама» / Иван Ветров

Александр Бухвалов, руководитель бизнес-направления «Электромобильность» АО «ТВЭЛ»:

## «Электромобиль — транспорт уже сегодняшнего дня»



Электрификация транспорта — это мировой тренд, и Россия активно движется в этом направлении. Проекты «Росатома» охватывают практически всю технологическую цепочку: от добычи сырья и производства ключевых компонентов электромобилей до создания зарядной инфраструктуры и переработки батарей. В последнее время тема электромобильности широко освещается в СМИ, часто в подчеркнуто оптимистичном ключе — таковы законы маркетинга. Чтобы не повторять уже сказанное, в беседе с руководителем бизнес-направления «Электромобильность» АО «ТВЭЛ» Александром Бухваловым мы сосредоточились на том, какие сложности стоят перед отраслью сегодня, что требует особого внимания и усилий, а также на том, какие риски могут возникнуть и как их преодолеть.

— Александр Викторович, многие проекты и бизнес-планы, не только в «Росатоме», до февраля 2022 года опирались на другой рынок и другой оптимизм. Мировую экономику штормит, как минимум замедляется рост. Можем ли мы по-прежнему рассчитывать, что электромобили ждут активный спрос и их расхватают как пирожки?

— Мы видим, что просадка затронула не только сегмент электромобилей, но и весь рынок транспорта в целом. По итогам восьми месяцев 2025 года продажи новых транспортных средств в России сократились на 25% относительно прошлого года. Это касается всех сегментов: легковых автомобилей, легких коммерческих, средних грузовых, тяжелых грузовиков и автобусов.

На 1 июля 2025 года в России зарегистрировано уже 138,5 тыс. электромобилей и плаги-гибридов. Из них более 52% составляют полностью электрические машины, то есть тренд на «чистую» электромобильность становится все более устойчивым.

Эксперты связывают ситуацию на авторынке с несколькими факторами: стагнацией премиум-сегмента, ожиданием со стороны потребителей снижения ключевой ставки и цен, а также традиционным спадом покупательской активности в летний отпускной сезон. Но мы видим, что даже в сложной экономической обстановке у покупателей сохраняется привычка обновлять автомобили каждые несколько лет эксплуатации. Именно это формирует так называемый отложенный спрос: в период неопределенности люди могут отложить покупку, но в благоприятные годы рынок быстро «выстреливает вверх».

По сути, авторынок работает как пружина. Сейчас он находится в фазе сжатия, но как только макроэкономическая ситуация стабилизируется и будут сняты ограничения по доступности моделей, можно ожидать ускоренного восстановления. Поэтому мы смотрим на перспективы сдержанно, но с оптимизмом: фундаментальный спрос на транспорт в России остается высоким, а развитие электромобильности — это необратимый процесс, который будет только усиливаться.

Нет сомнения и в перспективах электромобилей. Лет десять назад, когда появлялись первые массовые и не самые совершенные образцы, на них смотрели скептически. Но затем тренд, охвативший весь мир,

## Коротко

Развитие электромобильности и преодоление сомнений идут уже совсем другими темпами, чем во времена Генри Форда. Тогда первый этап массового перехода на автомобили растянулся на 10–15 лет, что было естественно для своего времени: технологии развивались медленнее, а рынок только формировался. В случае с электромобилями динамика совсем иная: на то, что можно назвать первым этапом, ушло всего около трех лет. Мир оказался гораздо лучше подготовлен к изменениям, а скорость проектирования и эволюции техники выросла многократно.

показал: точка невозврата пройдена, это надолго и всерьез. Сегодня часть автомобилистов в России пока разделяет недоверчивые настроения, но это связано с общим отставанием рынка.

Сравним, как двигатель внутреннего сгорания вытеснял лошадь. Этот период занял примерно полвека (первые авто в России появились до революции, а гужевого транспорт поработал даже на стройках первых АЭС). Скептики в первые годы говорили: для автомобилей нет инфраструктуры (ровных безопасных шоссе), не хватит бензина на всех, большие скорости опасны, мотор ненадежен и так далее. Но были построены шоссе, сложилась нефтяная и автоиндустрия, надежность и безопасность выросли.

Сейчас от скептиков в отношении электрокаров мы слышим: будет негде зарядить, недалеко уедет, замерзнет зимой. Но если сравнить ситуацию сегодня с тем, что было 8–10 лет назад, мы видим огромный прогресс. Например, первый Nissan Leaf в 2010 году имел запас хода около 200 км. Сегодня новые модели уверенно проходят 500–600 км и более на одной зарядке, что сопоставимо с бензиновыми автомобилями. Современные батареи демонстрируют устойчивость даже в морозы, потери емкости минимальны. Еще один показательный случай — это недавний эксперимент Mercedes-Benz, демонстрирующий возможности прорывных технологий. Прототип EQS с твердотельными аккумуляторами смог проехать 1205 км без подзарядки и при этом сохранил еще 137 км запаса хода. Причем батарея по массе и размерам сопоставима с обычной, но обеспечивает на 25% больше энергии.

То есть то, что считалось проблемой восемь лет назад, сегодня уже неактуально. А с развитием технологий эти тренды будут только усиливаться: увеличивается плотность энергии батарей, сокращается время зарядки, появляются новые форматы, такие как быстрая замена аккумуляторов.

Что касается электромобильности и, в частности, наших, «атомных» компетенций, то скептики часто задают вопрос: «Росатом» — это прежде всего энергетика, зачем вам транспорт? Ответ прост: для нас это не новая и не чужая сфера, а логичное продолжение того, чем корпорация занимается десятилетиями. Мы в «Росатоме» активно следим за всеми трендами в мире, в том числе как происходит изменение технологического и мобильного уклада. Было трудно не увидеть электромобильность.

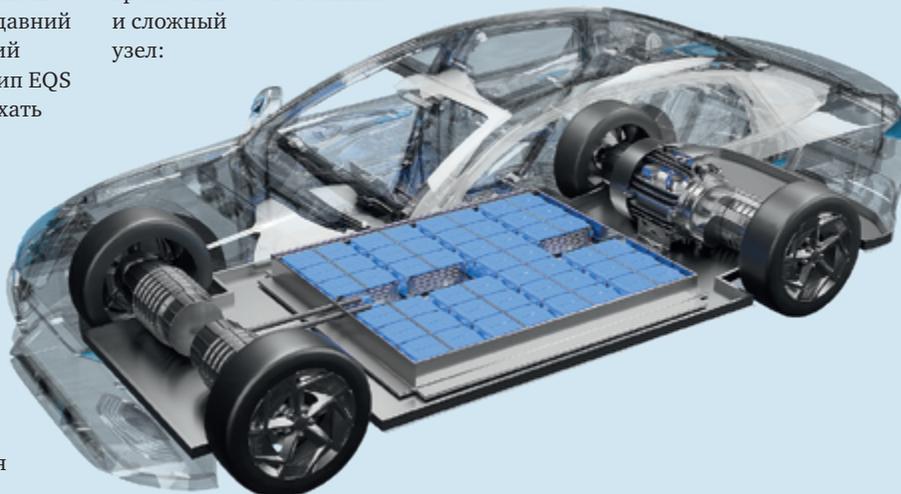
Энергетика и умение разворачивать масштабную инфраструктуру являются традиционными компетенциями «Росатома». В «ТВЭЛ» десятилетиями создаются уникальные приводы для газовых центрифуг, которые работают безостановочно по 30 лет и доказывают свою надежность. Для них нужны высококачественные магниты, которые мы умеем производить, масштабируя это направление для новых отраслей. Источники питания и литиевые решения тоже развиваются в корпорации давно, что стало основой для запуска производства литий-ионных батарей. Иными словами, ключевые узлы электромобиля, такие как привод, батарея, электроника, уже являются частью наших компетенций.

Так мы собрали в единое целое набор компетенций, который покрывает большую часть того, из чего складывается электромобиль, и это дало нам возможность развивать собственное направление в этой сфере.

— А вторая половина? Дворники, резина, зеркала...

— Мы сознательно сосредоточились на ключевых узлах электромобиля: батарее и интегрированном электроприводе с электроникой. По уровню технологий и стоимости это самая интеллектуально насыщенная часть автомобиля. Остальные элементы мы развиваем в партнерстве с уже сложившейся автоиндустрией. Уникальность «Росатома» заключается в способности развивать наукоемкие разработки.

Например, интегрированный привод электромобиля — это важный и сложный узел:





сама электромашина, редуктор с шестернями и инвертор, который управляет всей системой в зависимости от режимов. Мы не просто пошли в производство, но начали с создания центров разработки, чтобы на производство ставить уже изделие, соответствующее мировому уровню. Создали отраслевой, сложно распределенный центр компетенций, который ведет прикладные исследования и будет осуществлять научную и технологическую поддержку выпуска продукции.

При этом стоит отметить, что электрообильность — это далеко не только про машину. Это в том числе и зарядная инфраструктура, а также еще два неотъемлемых фактора — пользователь и государство в широком смысле.

Если говорить об инфраструктуре, то, во-первых, электрообиль можно зарядить даже от обычной розетки 220 В через преобразователь мощностью 3 кВт: в паркинге, на стоянке гостиницы или в частном доме. Такой способ обеспечивает полную зарядку за 10–12 часов и подходит для повседневного использования. Особенно удобно это делать в ночное время, когда действуют более дешевые тарифы на электроэнергию. Но поскольку автомобилисты привыкли заправляться на АЗС быстро, нужна и современная инфраструктура с возможностью быстрой зарядки, сопоставимой по скорости с заправкой на автозаправочной станции.

Задачами развития ЭЭС-инфраструктуры в контуре «Росатома» занимаются сразу несколько компаний,

каждая по своему направлению. «Парус электро» занимается разработкой и производством зарядных станций и является одним из лидеров российского рынка. Компания «Росатом Сеть зарядных станций», входящая в Электроэнергетический дивизион госкорпорации, развивает проект роумингового оператора ЭЭС-инфраструктуры, в рамках которого устанавливает и эксплуатирует зарядные станции по всей стране. Сегодня она занимает порядка 10% рынка ЭЭС в России. АО «ТВЭЛ» также активно участвует в развитии инфраструктуры для электрообильности. Компания реализует проекты в партнерстве с таксопарками, крупнейшими операторами каршеринга и автопроизводителями. Совместные инициативы направлены на создание комплексных решений по развитию электрообильности в регионах.

Зарядная инфраструктура «Росатома» доступна уже в 15 регионах России, общее количество станций достигло 250. Например, в Москве сегодня очень весомая часть электрозаправок именно наша. Такая станция позволяет зарядить аккумулятор (точнее, подзарядить), ведь машина приезжает не полностью опустошенной) электрообиль с 20 до 80% за 30–40 минут. Средняя загрузка станций у компании составляет примерно 6%, что соответствует рынку в целом. Принципиально важно, что станции работают на зеленой энергии, выработанной АЭС концерна «Росэнергоатом», что подтверждается специальными сертификатами.

Мы уже видим, как установка зарядных станций в регионах приносит двойную пользу. Для людей это

новые возможности: растет мобильность, развивается туризм, города становятся комфортнее. Для экологии это важный шаг к зеленому транспорту: воздух становится чище, а улицы тише. В итоге мы не только улучшаем жизнь сегодня, но и вносим вклад в устойчивое развитие и энергонезависимость России на годы вперед.

#### — А факторы «пользователь» и «государство» как работают?

— Чтобы люди сели в электромобиль, они должны не бояться и поверить в новый транспорт. Опасаться нового — это естественно, я сам когда-то мучительно переходил на смартфон с кнопочного телефона, носил его в специальном чехле. Теперь же не представляю, как можно опять пользоваться кнопками.

Так же я не сразу решился ездить на электромобиле, но теперь не представляю поездок на другой машине. Убедить других можно только через полученный личный опыт, потому что все, что можно было сказать в прямой рекламе, уже сказано. Массовому рынку нужно показать примеры использования. Важная находка для нашего продвижения, сделанная в Калининграде, — это таксисты. Там много электротакси и в целом привозных электромобилей. Там сложилось сообщество, которое использует электромобили, а таксисты — это всегда разговор в пути. Мне лично один из них с энтузиазмом рассказывал, как пересел на «электричку» и перестал тратить деньги на запчасти и на масло, на техническое обслуживание. Колодки перестали изнашиваться, потому что двигатель тормозит рекуперацией, заряжаться гораздо дешевле, чем заправляться... И вообще, «зачем я столько платил за ДВС». Другой пример — опыт, получаемый через каршеринговые машины. Плюс, конечно, общественный транспорт, автобусы, что тоже играет большую роль в продвижении электромобилей.

Здесь важную роль играет государство. Большая часть нашей работы связана с запуском комплексных проектов в регионах: нужно одновременно развивать зарядную инфраструктуру, электротакси и каршеринг. Мы не управляем таксопарками, но есть крупные компании — федеральные и региональные, — которым это интересно. Мы помогаем привлечь институты развития, которые предоставляют льготные кредиты и лизинг. Работаем с местными властями, чтобы они выделяли площадки и помогли с инфраструктурой. И, наконец, идем к производителям электромобилей, чтобы показать наши батареи и интегрированные приводы с электроникой.

В этой точке сложный пазл начинает сходиться. Производитель автомобилей собирает компоненты (в том числе как раз и те, которые производит атомная отрасль) и получает готовый электромобиль. Владелец бизнеса готов развернуть парк такси и нанять водителей. Если нужно финансирование, подключаются финансовые институты, готовые вкладываться в новую отрасль. А федеральные

и региональные власти заинтересованы в том, чтобы проект получил развитие, ведь это современный имидж территории и вклад в технологическую независимость страны.

Такую модель мы уже смогли отработать в Калининграде, и она показала хорошие результаты. В 2024 году были установлены крупные группы ЭЭС мощностью 1,5 и 0,75 МВт. Сегодня мы регулярно мониторим их загрузку и видим, что станции востребованы: например, в аэропорту Храброво по камерам фиксируем, что из десяти мест почти постоянно заняты пять — семь. Объем отгружаемой энергии стабильно растет. Это удобный сервис, и многие калининградцы уже задумываются о покупке электромобиля. Кроме мониторинга загрузки, мы отслеживаем и статистику отказов от зарядки, чтобы детально понимать, как используется инфраструктура. На основе этой информации мы системно улучшаем оборудование и сервис, двигаясь к показателю нулевых отказов зарядных сессий.

Отдельное направление работы — взаимодействие с местными операторами зарядных станций. Мы активно вовлекаем их в проекты, чтобы расширять сеть и повышать качество обслуживания конечных пользователей.

#### — В какой степени энтузиазм «Росатома» подхватило сообщество автопроизводителей?

— Важно подчеркнуть, что развитие электромобильности в России нельзя сводить исключительно к инициативам «Росатома». Это системная политика государства, которая с 2022 года закреплена в ряде ключевых документов (инициатива социально-экономического развития РФ «Электроавтомобиль и водородный автомобиль», Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в РФ на период до 2030 года, федеральный проект «Электроавтомобиль и водородный автомобиль»). Эти документы задали ориентиры по всем сегментам рынка: легковому, грузовому и пассажирскому транспорту. При этом стратегия остается «живым документом», она корректируется в зависимости от реалий рынка, но общий вектор не меняется. На обсуждениях в правительстве РФ неоднократно подчеркивалось: выбранный курс верный, а главная задача сегодня — не останавливаться и только ускоряться.

Правильность курса не вызывает сомнений, в том числе у производителей авто, которые постоянно живут в жесткой конкуренции и тоже следят за трендами. Профильные научные организации автомобилестроения этот процесс поддерживают и участвуют в разработках. Недавно принятый федеральный проект «Производство инновационного транспорта» предусматривает и дальнейшее развитие зарядной инфраструктуры, и разработку национальной платформы электромобиля. Для автоиндустрии переход к платформенному решению — шаг новый и необходимый, и мы помогаем его сделать.

С нашим участием в автоиндустрии создаются единые решения, которые позволят всем автопроизводителям удешевить стоимость и сократить сроки на разработку конечных моделей. Ведь разработка и сертификация любого транспортного средства, будь то автомобиль с ДВС или электромобиль, это долго и дорого. Но если будут разработаны базовые технологии, объединенные в единую платформу, наша автоиндустрия сможет создавать и выводить на рынок машины гораздо быстрее. Мы активно ведем работу в кооперации с Минпромторгом, Центральным научно-исследовательским автомобильным и автомоторным институтом «НАМИ» и практически со всеми автопроизводителями России.

Показателен и практический опыт. Так, на Машиностроительном заводе в Электростали для внутренних перевозок были протестированы малотоннажные электромобили. Водители, которые раньше работали на дизельных машинах, отметили тишину, комфорт и отсутствие выхлопа. При этом заявленный пробег свыше 200 км на одном заряде оказался более чем достаточным: реальные маршруты последней мили редко превышают 150 км. Машины заряжаются в ночное время, когда техника простаивает, что органично вписывается в производственный процесс. Этот пример показывает: автопроизводители вместе с индустриальными партнерами уже активно ищут решения и подтверждают на практике жизнеспособность электромобильных технологий.

— Культура эксплуатации машин и устройств любого рода в «Росатоме» все-таки выше средней. А нет ли опасений, что к высокотехнологичному автомобилю не готова наша система автосервисов? Плюс у пользователей еще есть привычка самостоятельно лезть под капот...

— Если открыть капот электромобиля и попробовать найти, куда влезть с отверткой, то окажется, что некуда. Там находится агрегат электропривода и несколько вспомогательных узлов, а сама батарея находится снизу. Электромобиль значительно проще в обслуживании. Когда я пересаживался на такую машину, первым делом спросил, как часто нужно проходить ТО, ведь привык делать это каждые 10 тыс. км.

---

**«Речь идет не просто о строительстве новых производств, а о том, чтобы ключевые узлы электромобиля делались у нас, с опорой на российские компетенции. Уже на старте большая часть компонентов будет производиться внутри страны, и это важный шаг к независимости».**

---

Мне ответили: приезжайте после 30 тыс. км, возможно, будет пора поменять салонный фильтр.

В электромобиле нет свечей зажигания, топливного фильтра, моторного масла и топливной магистрали. Вся система куда проще: для редуктора требуется всего около 800 граммов масла, которое меняется один раз за 40–45 тыс. км. Конечно, теоретически можно нарушить правила эксплуатации, но это примерно то же самое, что сунуть отвертку в розетку, что категорически не приветствуется.

Когда-то в Россию массово ввозили подержанные японские электромобили с изношенными батареями, и именно тогда появились стереотипы о ненадежности. Сегодня, в том числе с опорой на этот опыт, наши батареи доработаны и прошли адаптацию, а система постпродажного обслуживания выстроена так, чтобы владельцу не приходилось думать, что делать с батареей. Опыт эксплуатации показывает: с ними не происходит ничего, что требовало бы вмешательства или особого ухода.

— В какой мере электромобиль выдерживает ту систему тестирования, что прикладывается к традиционной машине, и в какой степени эта система проверок адекватна для электромобиля? Например, бензин в нем не вспыхнет, но готов ли проверяющий поверить, что, например, батарея менее коварна, чем бензобак?

— НАМИ, как регулятор автомобильной отрасли, всегда ставит во главу угла безопасность и надежность. Эти же приоритеты разделяет и «Росатом». Без прохождения полного цикла испытаний ни одна модель электромобиля не выходит на рынок — это касается как импортных машин, так и отечественных.

Особое внимание уделяется батареям: они должны стабильно работать при любых температурах, характерных для России. Для этого используются термокамеры, дорожные испытания в жару и холод, полный цикл тестов в реальных условиях. Это большая системная работа, которая может быть не всегда заметна широкой публике.

Чтобы привлечь внимание к теме зимней эксплуатации, мы недавно провели акцию на Северном полюсе, куда добрались при поддержке «Атомфлота». У кого-то это вызвало ассоциации с запуском Tesla в космос и даже шутки, но эффект оказался полезным: новость широко разошлась и стала ответом на скепсис о том, как электромобили ведут себя зимой. Наша акция имела прикладной характер, ведь в космос мы вряд ли отправимся на авто, а в суровых условиях российских зим электромобилям работать предстоит.

Та же батарея проходит и краш-тесты. Ее корпус рассчитан с большим запасом прочности, дополнительно защищен силовыми элементами кузова и специальными кожухами снизу. Особенно важно, когда электромобиль изначально проектируется под электрическую платформу, а не является переделкой из модели



с ДВС. В этом случае удастся достичь идеальной развесовки по осям, а значит, получить совсем другой уровень управляемости и устойчивости.

Нижний центр тяжести благодаря расположению батареи и меньшему весу привода тоже играет свою роль. В электромобиле реакция на педаль газа практически мгновенная: нет задержки, как у машин с двигателем внутреннего сгорания. Это дает ощущение прямой связи между водителем и автомобилем.

По комфорту тоже заметны различия. Я не встречал тех, кто сказал бы, что электромобиль сложнее в управлении или что за рулем было некомфортно. Напротив: отсутствие вибраций, тишина в салоне. Даже на скорости 90 км/ч можно спокойно разговаривать, не повышая голоса.

— Называть сроки — вещь коварная, но тем не менее — каковы ближайшие «дорожные камни»?

— Самое важное событие ближайших лет для всей нашей работы — это запуск заводов. В декабре этого года в Калининграде заработает первая гигафабрика по выпуску аккумуляторов. Следующий шаг в 2026 году — запуск завода по сборке интегрированных электроприводов в городе Грязи (Липецкая область), а также строительство еще одной гигафабрики в Новой Москве. Это три крупных точки, которые, по сути, создают основу всей индустрии. Речь идет не просто о строительстве новых производств, а о том, чтобы ключевые узлы электромобиля делались у нас, с опорой на российские компетенции. Уже на старте большая часть компонентов будет

производиться внутри страны, и это важный шаг к независимости.

И, конечно, мы думаем не только о «железе». Вопрос софта для нас принципиальный: управляющие системы пишутся в России, что гарантирует прозрачность, контроль и безопасность. А дальше это открывает дорогу к новым возможностям — более умным ассистентам водителя, цифровым сервисам и, со временем, к полноценным технологиям беспилотного вождения.

— Понятно, что в пределах городов с плотной инфраструктурой машины будут востребованы. Но ведь даже путешествие из Петербурга в Москву — уже несколько перезаправок.

— Упомянутые нами 200+ км — это расчетный пробег для малотоннажного грузовика. Конечно, его можно увеличить, но важно сохранить полезную нагрузку: чем больше батарея, тем тяжелее машина и тем меньше тоннаж. Для легковых электромобилей сегодня стандартом уже становятся показатели около 500 км на одном заряде, что сопоставимо, а порой и превышает возможности автомобилей со стандартным бензобаком. Приоритетной зоной применения пока остается городской и пригородный транспорт, но и междугородние поездки становятся все более реальными.

Развитие зарядной инфраструктуры на ключевых магистралях уже позволяет ездить комфортно. Принятый закон обязывает устанавливать «быстрые» зарядные станции на АЗС, и они активно появляются



в регионах. Даже если такой станции еще нет, всегда есть возможность подключиться к обычной сети 220 В и полностью зарядить автомобиль за время ночного отдыха. Все чаще можно услышать от водителей, что поездки на тысячи километров проходят без серьезных проблем с зарядкой. Один из моих друзей недавно приехал на автомобиле в Москву из Иркутска, по его словам, проблем с инфраструктурой для быстрой зарядки уже практически не было. То же говорят и другие, с кем мы общаемся в сообществе. Так что утверждение о том, что электромобиль не подходит для путешествий, уже явно устарело.

**— Может ли импорт из стран, где электромобильная индустрия уже хорошо развита, стать препятствием для развития российских проектов?**

— Что касается импорта, ключевой момент в том, что российские проекты изначально разрабатываются с учетом особенностей эксплуатации именно в наших условиях. Большинство элементов локализовано и адаптировано под Россию. Мы учитываем климат, специфику дорог, использование реагентов зимой, привычки и ожидания российских водителей. Машины проходят тесты в реальных условиях эксплуатации,

в том числе при суровых морозах, чтобы гарантировать надежность. Конкуренция, безусловно, серьезная. Но учитывая требования российского покупателя и адаптацию под локальные реалии, мы уверены в том, что наши проекты будут конкурентоспособными. Это не копия иностранных решений, а продукт, сделанный с нуля для наших условий.

**— Существуют ли дополнительные риски при эксплуатации ультрабыстрых зарядных станций и электромобилей, построенных на 800-вольтовой архитектуре?**

— Жесткие требования по безопасности для электрооборудования начинаются с уровня 10 кВ для любой промышленной продукции. Соответственно, навык эксплуатации высоковольтных установок уже давно сформирован благодаря многолетнему опыту использования как бытовых, так и промышленных электросетей. Все оборудование такого класса проектируется с приоритетом на безопасность и проходит многократные испытания.

В случае затопления зарядные станции автоматически отключаются — такие сценарии изначально закладываются в систему. При строительстве инфраструктуры все проверяется надзорными органами: от вводных щитов до систем пожаротушения и аварийного отключения.

Зарядная станция — это «умный» объект. Это не просто трансформатор, а фактически компьютер, который в реальном времени «общается» с автомобилем и управляет процессом зарядки. В самих электромобилях также реализованы меры безопасности, например экстренное отключение батареи пиропатроном: маленькое устройство разрывает контакты за доли секунды при нештатной ситуации.

**— Долговечен ли и вынослив ли электромобиль по сравнению с машинами с ДВС?**

— Современные исследования показывают, что аккумуляторы электромобилей отличаются высокой стабильностью. Даже после пробега в 100 тыс. км потери оказываются минимальными — всего около 10%, а средняя остаточная емкость сохраняется на уровне примерно 90%. Дальше деградация идет еще медленнее. На пробеге 200–300 тыс. км батарея сохраняет примерно 87% своей исходной емкости, что значительно выше гарантийных порогов (обычно 70–80%). Это позволяет сделать вывод, что ресурса современных аккумуляторов достаточно примерно на 500 тыс. км пробега до замены.

Кроме того, автопроизводители подкрепляют надежность аккумуляторов гарантийными обязательствами. Например, у одного из отечественных производителей заявлены расширенные гарантии на компоненты высоковольтной системы — 8 лет или 160 тыс. км пробега. На практике же большинство владельцев меняют электромобиль задолго до наступления этих рубежей.

## Коротко

Эксплуатация любых ЭЭС, независимо от их мощности (60 кВт или 320 кВт) и архитектуры электромобиля (400 В или 800 В), не имеет принципиальной разницы: все это одинаково безопасно. Это уже отработанные технологии, сделанные так, чтобы минимизировать любые риски для пользователей.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: АО «ТВЭЛ»

# Батареи на подходе

«Росатом» готовится к запуску двух гигафабрик

**С запуском собственного производства накопителей электроэнергии полного цикла в России появятся новые звенья технологической цепочки, обеспечивающие стране независимость в аккумуляторной отрасли. Об особенностях гигафабрик и перспективах их масштабирования мы поговорили с директором бизнес-направления «Накопители энергии» Топливного дивизиона «Росатома» Анастасией Михайловой.**

— Анастасия Евгеньевна, расскажите, пожалуйста, о строительстве двух гигафабрик. Как идет процесс?

— В декабре в опытно-промышленную эксплуатацию будет сдана фабрика в Немане (Калининградская область), в сентябре 2026 года заработает гигафабрика в Красной Пахре (Новая Москва). Обе они законтрактованы примерно на 70%, оставшиеся 30% — это резерв под развитие. На гигафабрике в Немане возведены строительные конструкции, закрыт тепловой контур, идет монтаж и пусконаладка технологического оборудования. Также до конца этого года завод выпустит тестовую партию тяговых батарей для первого российского серийного электромотоцикла. На московской фабрике в Красной Пахре идет монтаж оборудования. В марте эти работы должны быть завершены. Московская гигафабрика будет запущена в коммерческую эксплуатацию в сентябре 2026 года, с октября начнется выпуск продукции.

Наши гигафабрики обеспечивают полный производственный цикл с катодных и анодных масс и электролитов до финального продукта — батарей для электротранспорта, систем накопления энергии. Это выгодно отличает нас от тех, кто занимается только финальной сборкой из субкомпонентов. Мы обеспечиваем пять уровней пожарной безопасности — на уровне ячейки, модуля и так далее. Мы оснащаем каждую батарею телематической системой, которая на всем жизненном цикле отслеживает состояние каждой ячейки и формирует модель деградации. На ее основе принимается решение об использовании или неиспользовании батареи после определенного уровня деградации и модели утилизации.

— Какие аккумуляторы будут выпускать ваши гигафабрики?

— На наших фабриках мы можем выпускать как модули разных типоразмеров, комплектуя



их из стандартных ячеек, так и менять химию. Мы можем выпускать литий-никель-марганец-кобальтовые ячейки в трех модификациях, а именно высокой удельной емкости, стабильной и более низкой для стационарных применений. Состав определяется по запросу конечных потребителей. Модули включают в себя элементы инжиниринга, и мы можем выпускать как стандартные модули, так и cell-to-pack. Это, простым языком, коробка, где можно разместить большее количество ячеек. Но наше конкурентное преимущество и победа наших конструкторов в том, что они создали юнибат — универсальную батарею, или, иначе, pack, чтобы в разные виды техники устанавливать универсальное решение. Это позволяет снижать издержки, уходить от бутикового инжиниринга под каждого заказчика, обеспечивая конкурентные цены в массовых сегментах.

— В чем тогда универсальность, если можно выпускать разные типоразмеры?

— Юнибат — это коробка, жесткий корпус, в который вмещается 16 модулей. Из юнибатов будут комплектоваться готовые решения. Например,

трамваи — это два юнибата, электробус — шесть. Унификация обеспечивает своевременные поставки благодаря оперативному запасу на складе, позволяя нам быть быстрыми и гибкими и не зависеть от сложностей в логистике, с которыми сталкиваются другие производители и от чего часто останавливаются конвейеры, в том числе в автопроме. Кроме того, мы реализуем на московской гигафабрике в Красной Пахре экспериментальное производство, или, как мы его называем, R&D-центр, где осваиваются другие форм-факторы — призмы, цилиндры, блейды, то есть длинные ячейки. Объем производства — порядка 15–20 МВт·ч — позволит нам попробовать участие в этих сегментах рынка.

— А как разная химия сочетается с универсальностью?

— Разная химия нужна для разных применений. Мы проектировали и формируем планы модернизации наших гигафабрик исходя из запросов рынка. Никель-марганец-кобальт — это наше основное технологическое предложение, пропорции мы можем варьировать, технология позволяет. Но также мы сразу, со старта работы гигафабрик, сможем выпускать литий-железо-фосфатные батареи. Изначально мы эту химию не планировали, но в процессе проектирования и строительства заложили и освоили. Все наши батареи считаются российскими, на них получены все соответствующие документы, наши аккумуляторы и системы накопления энергии внесены в Государственную информационную систему промышленности Минпромторга.

— Иные направления планируете осваивать?

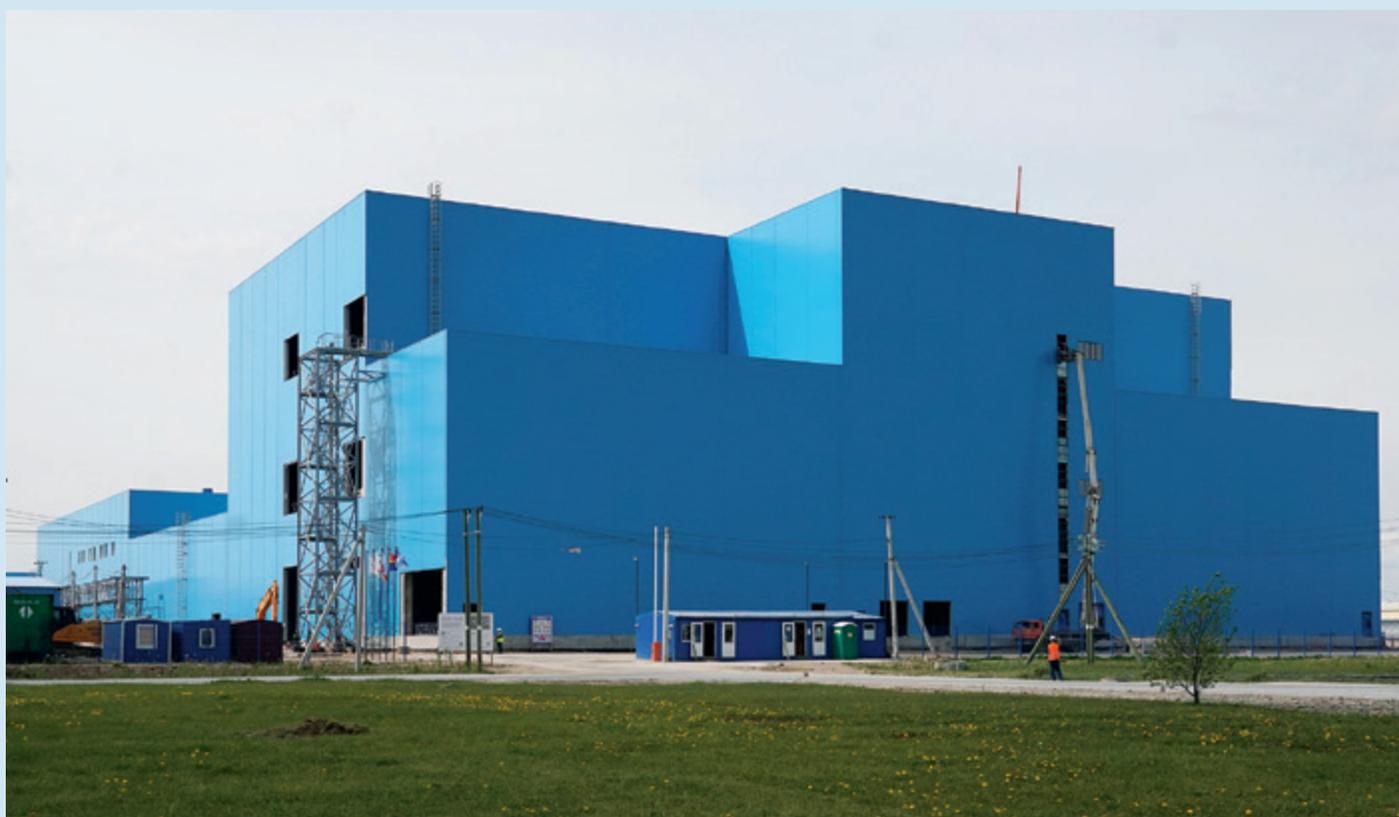
— В R&D-центре на московской фабрике в нашем основном форм-факторе — пауче, который имеет вид плоской плитки, — мы имеем возможность осваивать полутвердотельные и твердотельные электролиты. Это передовое направление развития систем накопления электроэнергии в Китае, Японии, Южной Корее. На научных конференциях мы уже показываем разработанную в России твердотельную ячейку. Разрезаем ее, и короткого замыкания не происходит, хотя ячейка заряжена. Важно, что промышленного выпуска твердотельных ячеек нет нигде в мире, хотя все добились определенных успехов на уровне R&D-центров. Но уходить ли в твердотельное исполнение или остановиться на полутвердотельном — в нем классический жидкий электролит заменяется на полимеризующийся гель — это вопрос, который требует внимательного отношения. Мы смотрим, как развивается индустрия в мире, прежде всего в Южной Корее и Китае, и, не будучи ограничены какой-то одной технологией, будем принимать решения исходя из взвешенного подхода ко всем технологиям, их готовности и применимости.

— В начале разговора вы упомянули про пожарную безопасность и телематику. Расскажите, пожалуйста, об этом подробнее.

— Наши компетенции в инжиниринге позволяют нам вести разговор о национальных стандартах по пожарной безопасности в аккумуляторном сегменте. В июне этого года совместно с правительством

На фото

Строящаяся в Калининградской области гигафабрика накопителей энергии «Росатома»



Москвы и главой МЧС прошла стратегическая сессия. Там мы показали все свои наработки по обеспечению пожарной безопасности накопителей как тягового, так и стационарного назначения. Мы берем на себя лидерскую благородную миссию помочь МЧС сформировать нормативную базу по литийионным батареям, чтобы нивелировать риски инцидентов и сформировать понятные правила игры. Происходить это будет так: единый сервисный центр, который собирает телематику от всех электромобилей, получает информацию о возникновении риска. К единому сервисному центру будет подключен центр МЧС, так что в конкретную пожарную часть будет поступать полученная информация вместе с понятным паспортом пожаротушения. Пожарные будут знать тип химии, месторасположение батареи в транспортном средстве. Это позволит максимально быстро ликвидировать инцидент. Также мы вышли на правительство с инициативой оснащения телематикой всех ввозимых электрических транспортных средств для понимания состояния эксплуатируемых в них батарей. Это должно быть увязано с техосмотром транспортного средства и батареи и может быть организовано на базе ГЛОНАСС или другого единого оператора.

#### — Кто за это должен платить?

— Конечно, тот, кто ввозит транспортное средство. Это необходимо для нивелирования рисков неконтролируемого возгорания батарей и незаконного ввоза электромобилей с батареями непонятного качества. Наконец, контроль за батареями — это базис для их правильной утилизации после эксплуатации в транспортном средстве, чтобы владельцам электромобилей не приходило в голову выбросить аккумулятор в ближайший лесок.

#### — Планируете ли новые гигафабрики в России и за рубежом?

— Россия и зарубежный рынок — две разные истории. В России рынок систем накопления развивается, и «Росатом» очень своевременно и глубоко погрузился в создание полноценной отрасли систем накопления энергии. Это создание и аккумуляторных материалов, которыми занимается бизнес-направление «Специальная химия», и электромобилей — «Росатом» входит в акционерный капитал производителя электромобиля, растет сеть электрозаправок. В электромобильную отрасль «Росатом» инвестировал большие деньги, госкорпорация в нее зашла надолго. При этом мы понимаем, что Россия находится на начальном уровне развития спроса. Видя, как он растет в других странах, мы считаем, что через 10 лет двумя гигафабриками растущие потребности страны не закрыть. Мы изначально обсуждали строительство не двух, а большего числа гигафабрик и продолжаем это обсуждать в контексте создаваемых в различных регионах особых экономических зон. Но конкретные решения могут появиться только после того, как мы запустим первые две гигафабрики. Когда технология подтвердит свою применимость и воспроизводимость — а это произойдет уже в декабре нынешнего года, — мы

26 сентября 2025 года на площадке Международного форума «Мировая атомная неделя» (World Atomic Week) Топливный дивизион «Росатома» и белорусский производитель наземного городского электротранспорта ВКМНholding («Белкоммунмаш») подписали дорожную карту по развитию сотрудничества в области тяговых аккумуляторных батарей.

Подписи под документом поставили директор бизнес-направления «Накопители энергии» Топливного дивизиона Анастасия Михайлова и генеральный директор ВКМНholding Тарас Мурог. Церемония подписания состоялась в присутствии президента АО «ТВЭЛ» (управляющая компания дивизиона) Натальи Никителовой и министра энергетики Республики Беларусь Дениса Мороза.

В дорожной карте отражены шаги по поставке литийионных батарей «Росатома» для электробусов производства ВКМНholding, а также планы по организации сборочного производства тяговых батарей на территории Беларуси. Реализация обозначенных в документе мер будет способствовать развитию экологичного транспорта на электротяге в белорусских городах, повысит локализацию комплектующих и конкурентоспособность продукции ВКМНholding на внутреннем рынке. Стоит отметить, что в 2022 году «Росатом» поставил литийионные батареи для 97 троллейбусов производства ВКМНholding, которые сейчас работают на маршрутах Санкт-Петербурга.

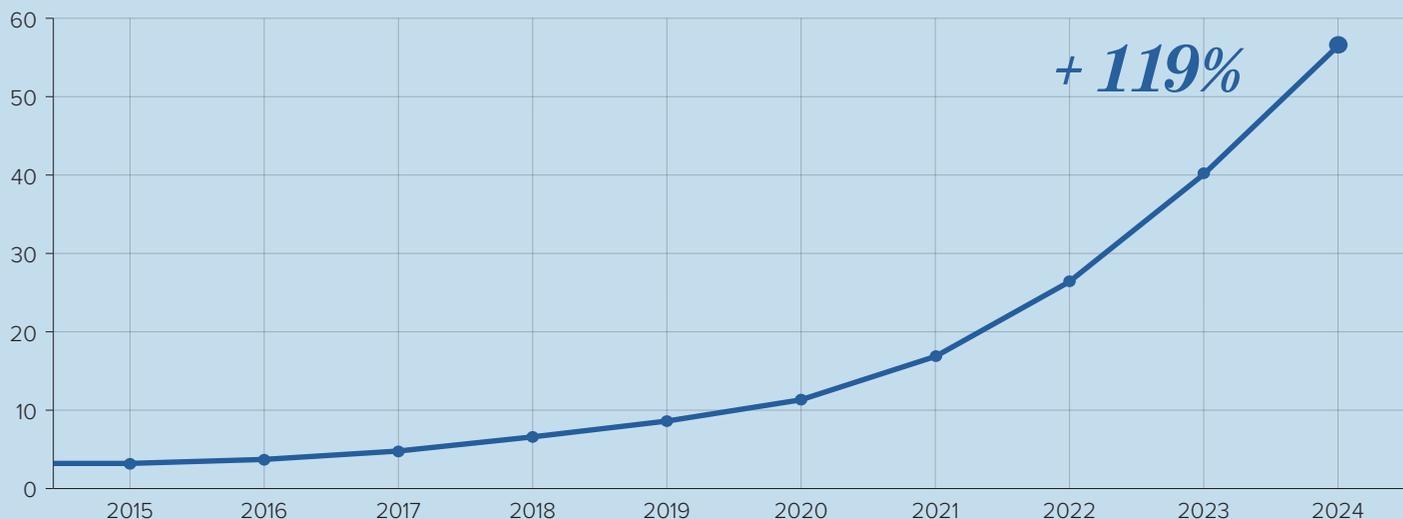
начнем прорабатывать строительство в стране новых гигафабрик.

#### — А что за рубежом?

— За рубежом наш актив продолжает развиваться и обеспечивает новые наработки. Также мы активно предлагаем свои решения другим государствам. Мы видим, что африканские страны заинтересованы в системах накопления энергии и в технологической суверенности и независимости от доминирующих на этом рынке игроков. Наши возможности позволяют создать полную цепочку добавленной стоимости: мы понимаем, как от активных материалов до утилизации сформировать электромобильную отрасль в каждом конкретном государстве. Так, с Египтом мы подписали ряд обязывающих документов, в соответствии с которыми планируется как поставка готовых модулей, так и создание сборочного производства, где будут из наших компонентов формироваться модули для стационарных систем накопления энергии. Параллельно обсуждается и транспортная история. Такой же диалог идет с Индией, Арабскими Эмиратами. Так что останавливаться на российских гигафабриках мы не собираемся.

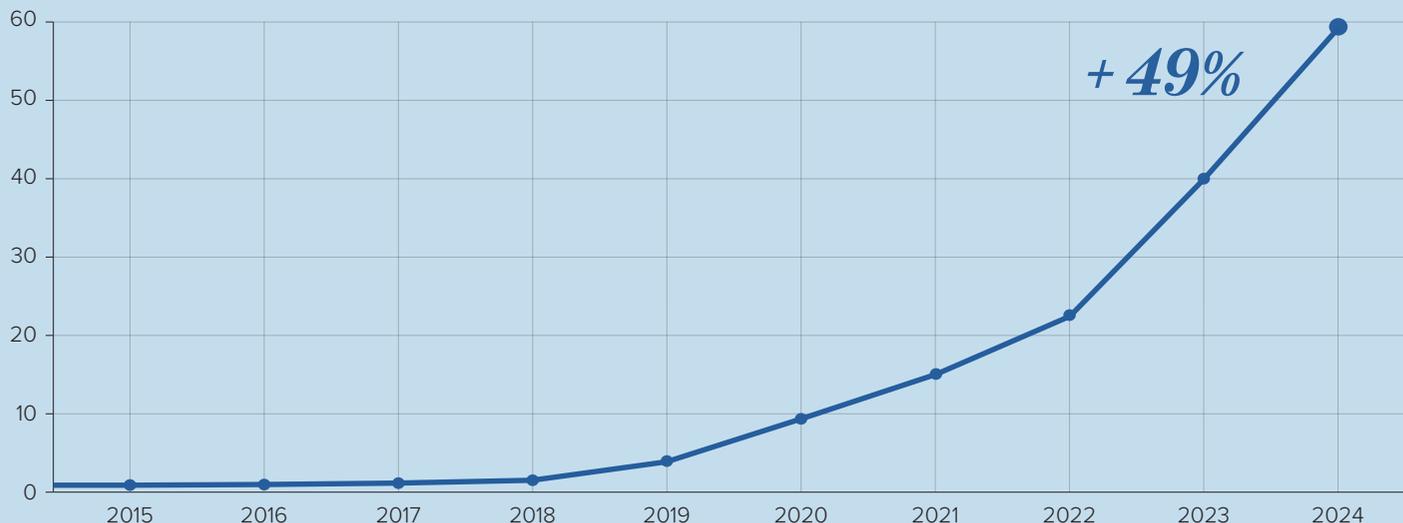
# «Росатом» — ключевые технологии для электротранспорта

Мировой парк электромобилей, млн ед.



Источник: Global EV Outlook 2024, International Energy Agency (IEA)

Российский парк электромобилей, тыс. ед.



Источник: «Автостат» (2025)

## Электростанции в России

**810** в 2022 г.  $\xrightarrow{\times 11}$  **> 9000** в 2025 г.

Источник: 2ГИС и «Автотека» (2023), 2Chargers (2025)

## Перспективы

**к 2026 году**

предприятия «Росатома» будут массово производить в России все ключевые компоненты для электротранспорта

## Аккумуляторная батарея

**до 500 км**

пробега на одном заряде

**до 100 км**

пробега за 10 минут зарядки

**Работа в условиях климата России**

**Модульная архитектура**  
на основе батарейных модулей

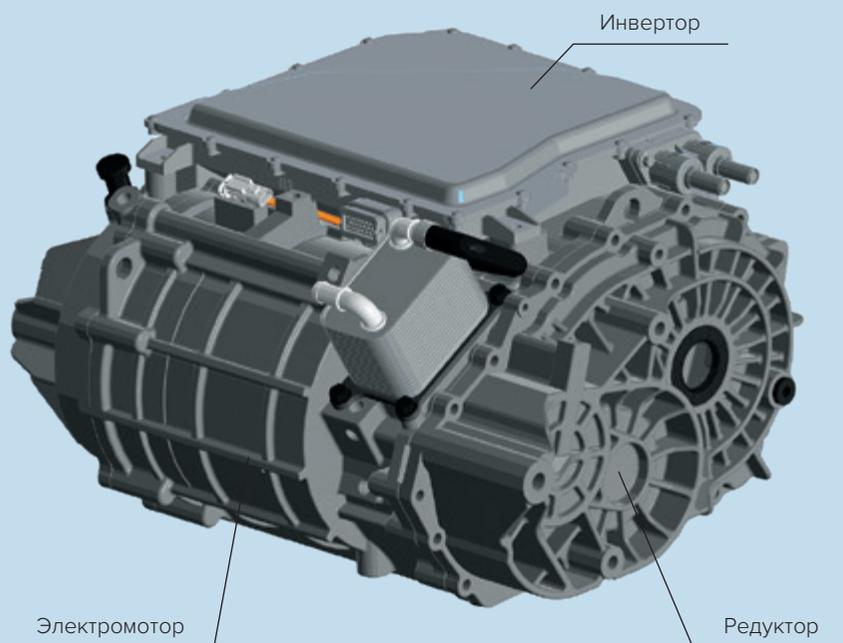
Четырехуровневая **система безопасности**

Детали **из композитных материалов**

Соответствуют требованиям международных стандартов **ЕЭК ООН, TP TC и IATF 16949**



## Интегрированный электропривод 3 в 1



**до 150 кВт**

мощность в максимальном режиме

**97%**

КПД

**Низкий уровень вибраций и шума**

**Объединяет в одном корпусе**  
инвертор, двигатель и редуктор

**По сравнению с аналогами:**

**-20%**

вес

**-30%**

себестоимость

**Простота интеграции**

# С опережением спроса

## Восемь тенденций рынка электрозарядных станций

**Входящие в «Росатом» компании «Парус электро» и «Росатом Сеть зарядных станций» — производитель и оператор сети ЭЭС соответственно — поделились с нами информацией о трендах в своих сегментах. Главный из них — электрозарядная инфраструктура развивается более быстрыми темпами, чем растет парк электромобилей. Но, несмотря на пока невысокую загрузку станций, развертывание сетей продолжается. Есть надежда, что через несколько лет можно будет отказаться от прямых государственных субсидий.**

### Рост числа зарядных станций опережает рост числа электромобилей

В России продолжает формироваться рынок электрозарядной инфраструктуры, для которого характерен опережающий рост числа станций по сравнению с парком электромобилей. В связи с этим текущий уровень загрузки ЭЭС определяет длительный срок окупаемости проектов, который в среднем по отрасли составляет 7–10 лет. Компания «Росатом Сеть зарядных станций» (РСЭС), которая контролирует около 10% российского рынка «быстрых» ЭЭС, также работает в этих условиях. Средняя загрузка ее станций находится на уровне 6%, что соответствует общеотрасловым показателям.

Ключевые факторы, сдерживающие более динамичное развитие сети, — недостаточная загруженность станций из-за медленного роста парка электромобилей и высокие затраты на технологическое присоединение к электросетям. Дополнительная сложность — отсутствие единых правил организации зарядных парковок по всей стране. Это создает «лоскутное одеяло» требований: где-то получение разрешений занимает недели, а где-то — месяцы.

Впрочем, формирование инфраструктуры с опережением текущего спроса — стандартная практика для развивающихся рынков. В перспективе, по мере увеличения господдержки и популяризации электротранспорта в стране, компания «РСЭС» намерена добиться роста загрузки станций и выйти на новые региональные рынки.

### Рост спроса на электрозарядные сессии

Несмотря на то что парк электромобилей в России увеличивается не так быстро, как хотелось бы,

интерес к зарядным станциям в отдельных регионах растет. Особенно это заметно в мегаполисах, где сосредоточено больше всего электромобилей, а администрации активно поддерживают развитие инфраструктуры. Яркий пример успеха — проект «Энергия Москвы». За летние месяцы 2025 года владельцы электрокаров воспользовались станциями РСЭС более 42 тыс. раз. Это в четыре раза больше, чем за аналогичный период прошлого года.

Растет и популярность ЭЭС с зеленым, то есть низкоуглеродным, статусом. РСЭС его получил, приобретя особые атомные сертификаты от «Росэнергоатома» в рамках программы «Чистая энергия Росатома». Более 15 тыс. клиентов перешли на зеленую энергию (пятикратные темпы прироста за полтора года).

### Готовность операторов ЭЭС продолжать инвестировать в развитие сети

В РСЭС отмечают, что развитие электрозарядной инфраструктуры остается стратегически важным направлением. Несмотря на текущее замедление рынка, рост сети создает основу для будущего роста рынка, формирует доверие потребителей и бизнеса, повышает привлекательность электротранспорта.

Такой подход работает: в регионах, где «Росатом» активно развивает свою сеть, за последний год парк электромобилей вырос на 69% — это 59 тыс. новых машин. Наибольший прирост показали Москва, где было зарегистрировано 32 тыс. новых электромобилей, а также Московская область и Санкт-Петербург.

Создание зарядной сети в регионах решает сразу несколько важных задач: люди получают больше возможностей для передвижения и путешествий, города становятся комфортнее и экологичнее за счет снижения выбросов и шума. Это полностью соответствует курсу на устойчивое развитие и энергонезависимость страны.

На сегодняшний день 250 ЭЭС «Росатома» доступны в 15 регионах страны, и это только начало. В дальнейшем общее количество ЭЭС планируется увеличить до 270 единиц, а к 2030 году — создать целую сеть из не менее чем 11,2 тыс. ЭЭС в 53 регионах страны.

### Спрос на мощные ЭЭС

Наибольшей популярностью у автомобилистов пользуются ЭЭС мощностью 150 кВт. С ростом парка электромобилей появляется потребность

в увеличении мощности ЭЭС. Так, в 2025 году максимальная мощность ЭЭС на российском рынке достигла 320 кВт, в мире — 1 МВт. Электростанции в России только начали появляться. Их мощность зависит от количества зарядных портов, каждый из которых выдает в среднем 120–150 кВт.

### Улучшение сервиса

Для динамичного развития зарядной инфраструктуры операторам важно совместно с производителями ЭЭС постоянно работать над качеством сервиса. В «Парус электро» придерживаются мировых стандартов, в частности используют наиболее современную версию протокола Open Charge Point Protocol — OCPP 2.0.1. Компания «РСЭС» выстроила эффективную систему реагирования на обращения клиентов, которая позволяет практически в реальном времени обновлять программное обеспечение и улучшать работу станций. Благодаря всем усилиям доля успешных зарядок с первой попытки за год выросла на 10%, достигнув 70%.

Стабильность работы сети остается на высоком уровне — станции доступны в 94–95% случаев. Кратковременные перебои в отдельных регионах связаны с плановыми отключениями интернета из соображений безопасности.

### Преодоление ограничений по мощности

Заказчики чаще всего просят решения для зарядной инфраструктуры в местах с ограниченной мощностью. Помогает возможность распределить доступную мощность между группой зарядных станций.

Одно из ключевых достижений РСЭС 2025 года — сокращение среднего времени зарядки на 15 минут при одновременном росте мощности станций. Средняя цена услуги осталась прежней.

### Барьеры при установке ЭЭС

Процедура технологического присоединения зарядных станций к электросетям остается сложной. Ключевая проблема — дефицит свободных мощностей в наиболее востребованных локациях: в крупных городах, деловых и жилых районах, на магистральных трассах. Как следствие, зарядную инфраструктуру зачастую невозможно разместить именно там, где в ней существует наибольшая потребность.

Дополнительный сдерживающий фактор — высокие затраты на техприсоединение и модернизацию электросетевого хозяйства, что в некоторых случаях делает проекты по установке ЭЭС экономически нецелесообразными.

Случаются сложности и с выделением земельных участков. Хотя участки под зарядную инфраструктуру предоставляют муниципальные власти, в некоторых регионах согласование мест размещения станций осложнено дополнительными требованиями.



### Валерий Маркелов

Генеральный директор «Росатом Сеть зарядных станций»:

— Электротранспорт в России стал реальностью, и для создания полноценной экосистемы необходимо развивать три ключевых направления. Во-первых, важно обеспечить доступность электромобилей, предлагая разнообразные модели по конкурентоспособным ценам. Во-вторых, необходимо развивать зарядную инфраструктуру, чтобы устранить «зарядную тревожность» и создать комфортные условия для пользователей. Наконец, требуется последовательная государственная поддержка, так как международный опыт показывает, что без долгосрочных программ стимулирования невозможно создать полноценный рынок электротранспорта.

### Потребность в господдержке сохраняется

Государственная поддержка, ключевой фактор развития зарядной инфраструктуры в России, сохраняет системный характер и реализуется через несколько механизмов. Важнейшие из них — субсидии на подключение к электросетям и софинансирование инфраструктурных проектов. Эти меры позволяют компенсировать высокие капитальные затраты, что особенно критично в условиях, когда коммерческая окупаемость большинства станций, за исключением точек в крупнейших мегаполисах, еще не достигнута.

Для максимальной эффективности поддержки важно дальнейшее упрощение процедур ее получения и концентрация на регионах с наибольшим потенциалом роста спроса.

Также продолжается работа по совершенствованию нормативной базы, включая создание стандартов для оборудования и упрощение административных процедур.

В РСЭС уверены, что господдержка критически важна на этапе формирования рынка. По оценкам компании, необходимость в прямом субсидировании отпадет, когда средняя загрузка станций достигнет 15–20%, что позволит бизнесу перейти к полной самодостаточности.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: фонд «Росконгресс» / Кирилл Казачков

# От турбины до колес

*Какой электромобиль можно считать низкоуглеродным*

**Электромобили не могут вполне считаться низкоуглеродным транспортом, если энергия, которой они заряжаются, не вырабатана с помощью низкоуглеродных источников энергии. Подтвердить низкоуглеродность можно с помощью сертификатов и атрибутов происхождения электроэнергии. Такой рынок в России пока в стадии становления, но в концерне «Росэнергоатом», одном из активных участников этого рынка, а также рынка электрозаправок, надеются на его рост и предпринимают для этого большие усилия.**

## Разный углеродный след

«Электромобиль во время движения не выбрасывает CO<sub>2</sub>. Однако если он заряжается от обычной электростанции, то выбросы генерирует она. Можно ли считать тогда электромобиль экологичным транспортом? Вряд ли. Такое утверждение справедливо только в том случае, если электроэнергия, потребляемая электромобилем, произведена на низкоуглеродном источнике», — говорит руководитель управления по работе с инфраструктурой оптового рынка электроэнергии и мощности «Росэнергоатома» Дмитрий Родионов.

Автомобиль с бензиновым двигателем выделяет до 130 г CO<sub>2</sub> на 1 км пути. Электромобиль, заряжаемый от сетей, питаемых угольными или газовыми электростанциями, — до 150 г CO<sub>2</sub> на 1 км. И только выбросы электромобиля, который использует низкоуглеродную электроэнергию, близки к нулю.

Электрозаправочные станции (ЭЗС) «Росатом Сеть зарядных станций» подтверждают свою

низкоуглеродность с помощью специального инструмента — сертификатов происхождения электроэнергии (атомных сертификатов). Национальные системы обращения атрибутов и сертификатов действуют в разных странах мира, в том числе в России.

## О российской системе обращения атрибутов и сертификатов

Российская национальная система подтверждения происхождения электроэнергии заработала 1 февраля 2024 года. В соответствии с поправками в закон «Об электроэнергетике» были введены понятия «атрибуты генерации», «сертификат происхождения электрической энергии» и «низкоуглеродный генерирующий объект».

Атрибуты генерации дают владельцу атрибутов право заявлять о том, что электроэнергия, которую он использует, низкоуглеродная. В России к числу низкоуглеродных источников энергии относятся объекты генерации на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), АЭС и ГЭС.

## Атомные сертификаты

Атомный сертификат — метод передачи атрибутов. С их помощью все ЭЗС «Росатом Сеть зарядных станций» (РСЗС, «дочка» концерна «Росэнергоатом») подтверждают, что вся проданная владельцам электромобилей электроэнергия низкоуглеродная. С момента получения первого сертификата компания «РСЗС» обеспечила владельцев электромобилей более 250 млн кВт·ч электроэнергии с Ленинградской АЭС.

«Каждый месяц объем потребления РСЗС растет. Это связано не только с вводом новых ЭЗС, но и с ростом потребления ранее установленными станциями. Это говорит о том, что количество автовладельцев, пользующихся нашими электрозаправками, растет, и мы думаем, что использование РСЗС чистой энергии «Росатома» оказывает на спрос положительный эффект», — говорит начальник отдела нормативного сопровождения рынка и низкоуглеродной энергетики Дмитрий Крайдуба.

## Подтверждение выбора

Однако полное обеспечение российских ЭЗС низкоуглеродной электрической энергией — дело будущего. Пока многие операторы не уверены, что такой продукт, как низкоуглеродная электроэнергия, будет востребован клиентами. Чтобы проверить, так ли это, можно было бы предложить клиентам

## Квалифицированные АЭС

Ленинградская, Калининская и Балаковская АЭС вправе выпускать атрибуты генерации и сертификаты происхождения электроэнергии. Выбраны они были по географическому принципу: ЛАЭС закрывает потребности северо-запада России, Калининская — центра, Балаковская нацелена на юг.

выбор: заряжаться «обычной» электроэнергией или низкоуглеродной. Второй вариант был бы немного дороже, но эти расходы, если спроецировать их по цепочке до объекта генерации, способствовали бы росту доходов поставщиков низкоуглеродной электроэнергии, свидетельствовали бы об общественном запросе на снижение уровня выбросов CO<sub>2</sub>, а при массовом распространении — помогали бы развитию соответствующих отраслей, например атомной.

Однако пока такой выбор невозможен, так как, в соответствии с действующей нормативной базой, необходимо собирать персональные данные у конечных потребителей. «Когда выбор делает ЭЭС и все электромобилисты заряжаются только низкоуглеродной энергией, передавать персональные данные не надо, а когда выбор будет делать электромобилист — придется», — объясняет Дмитрий Родионов. Если же изменить эту норму и продавать низкоуглеродную электроэнергию так же просто, как бензин премиальной марки, то, как надеются в концерне «Росэнергоатом», спрос на нее вырастет.

Дмитрий Родионов считает, что и в целом было бы полезно упростить доступ к сертификатам происхождения физлицам: «Работа в этом сегменте не принесет больших доходов, но позволит распространить знания о том, как работает система обращения сертификатов, и о возможности поддерживать рублем экологически чистую генерацию».

### Атомные сертификаты в других сегментах бизнеса

Пока доля ЭЭС в общем объеме проданных концерном сертификатов незначительна. Однако они пользуются спросом у российских металлургических, нефтегазовых, а также энергосбытовых компаний. Так, в марте 2025 года «Росэнергоатом» и «Мосэнергосбыт» заключили первый договор купли-продажи атомных сертификатов, подтверждающих производство оговоренного в контракте объема электроэнергии на Ленинградской АЭС. «Это эффективный инструмент для клиентов любого масштаба, позволяющий подтвердить переход на чистую энергию, укрепить экологическую репутацию и стать частью глобального тренда низкоуглеродного развития», — прокомментировал тогда сделку гендиректор «Мосэнергосбыта» Андрей Ковалев.

В мае 2025 года на XI Невском международном экологическом конгрессе «Росатом» и фонд «Росконгресс» подписали соглашение о сотрудничестве, в рамках которого «Росатом» обеспечит углеродную нейтральность мероприятий, проводимых фондом «Росконгресс», с помощью атомных сертификатов. «Мы наблюдаем большой интерес к вопросам экоповестки и, следуя этому тренду, ввели практику подтверждения «зеленого» качества наших мероприятий. Рады, что «Росатом» готов содействовать нам в развитии этого направления», — сказал тогда председатель правления «Росконгресса» Александр Стуглев.



### Расширение горизонтов

Спрос на сертификаты происхождения может вырасти благодаря китайскому рынку. Оказалось, что китайские контрагенты тоже смотрят, с помощью какой электроэнергии был выпущен товар: если низкоуглеродность подтверждена, то они готовы платить больше. «Китай и Россия работают над взаимным признанием систем сертификации. Это подтолкнет спрос на сертификаты со стороны российских экспортеров», — считает Дмитрий Родионов.

Также, чтобы интерес к экоповестке стал массовым, а атомные сертификаты — популярными и востребованными, «Росэнергоатом» ведет каналы в соцсетях, проводит тематические конференции (первая из них, «День чистой энергии Росатом», прошла в апреле этого года) и сотрудничает с российскими звездами. Так, в июне этого года в Зеленом театре ВДНХ прошел экоконцерт Дмитрия Маликова — его электропотребление было обеспечено Калининской АЭС. Наконец, «Росэнергоатом» разработал знак «Чистая энергия Росатом». «Обеспеченное атомным сертификатом размещение этого знака на товарах свидетельствует о том, что при их производстве использовалась чистая энергия АЭС. Это добавляет товару новое качество, выделяет его в ряду конкурентов», — уверен Дмитрий Родионов.

### На фото

22 мая в Санкт-Петербурге, на площадке XI Невского международного экологического конгресса состоялась подписание соглашения о сотрудничестве между госкорпорацией «Росатом» и фондом «Росконгресс» в области использования низкоуглеродной энергии

### Цифры

**Более 200** электрозаправочных станций входят в РСЗС. Услугами РСЗС пользуются около **12 тыс. клиентов**. План РСЗС к 2030 году — **11,4 тыс. ЭЭС** в 53 регионах России

Текст: Евгений Рожков

Фото: газета «Страна Росатом» / Алексей Башкиров

# Автомобиль с именем

В «Росатоме» создают универсальную электромобильную композитную платформу



**В Композитном дивизионе «Росатома» разрабатывают собственные электроавтомобили под маркой Voyt. Кроссовер и фургон будут сделаны с применением композитных материалов и на общей платформе. «Вестник атомпрома» узнал у руководителя проекта Романа Войта, в чем особенности электроавтомобиля Voyt, зачем он таксопаркам и маркетплейсам и что в нем будет сделано из углекомполитов.**

— Роман Борисович, расскажите про ваш проект. В чем его особенности?

— Мы создаем универсальную электромобильную композитную платформу, на которой и будут разрабатываться автомобили. Ее идея родилась, когда я работал в Центральном научно-исследовательском

автомобильном и автотолрном институте «НАМИ». Проект сформировался в попытке найти решение, как обеспечить Россию бюджетными конкурентоспособными автомобилями. На базе платформы при малых (порядка 2–10 тыс. штук в год) объемах производства можно выпускать электромобили, по себестоимости сравнимые с обычными автомобилями. Несущая конструкция платформы — профиль из углекомполитов. Он полый, поэтому одновременно выполняет функцию силового корпуса батареи — ее укладывают внутри профиля. На нашей платформе можно создавать различные модели электромобилей, в том числе хетчбэки, седаны, микроавтобусы, кроссоверы и внедорожники.

Вначале я пытался «приземлить» этот проект в НАМИ, но на тот момент институт был сильно загружен работами по автомобилю Augus. Поскольку ключевой особенностью проекта является широкое применение композитов, то выбор Композитного дивизиона

«Росатома» был очевиден. Проект рассматривался в дивизионе несколько месяцев, шли дискуссии на тему его перспективности и реализуемости. После чего мне предложили роль руководителя проекта. Сейчас в дивизионе мы разрабатываем на платформе два автомобиля — фургон и кроссовер. Фургон будет нашим пилотным автомобилем.

**— Почему в качестве материалов для будущего автомобиля выбраны именно композиты?**

— В первую очередь композиты позволяют сделать автомобиль эффективным. Сегодня главная проблема на пути расширения рынка электромобилей — их высокая цена, в среднем на 30% дороже, чем ДВС-аналоги. Как электромобили сделать конкурентными с машинами с ДВС, то есть выйти в ту же цену? Собственно, самый дорогой и тяжелый элемент электромобиля — это батарея. Она занимает до 40%, иногда до 60% в структуре стоимости и веса автомобиля. Задача простая — уменьшить батарею. Уменьшаем батарею — имеем огромный экономический эффект. Как это сделать, не потеряв в запасе хода? Повысить эффективность расходования энергии. Что для этого нужно? Снизить общий вес конструкции. Здесь на помощь приходят композиты — без сомнения, материалы будущего, из которых можно делать легкие, прочные конструкции.

**— Насколько композитный вариант будет легче металлического электромобиля того же класса?**

— Средний вес электромобилей — от двух с небольшим тонн. Конструкция нашего пилотного продукта, фургона доставки последней мили, вместе с батареей находится на уровне тонны. Это даже меньше, чем вес традиционного автомобиля с ДВС. Мы экономим тонну веса, нам не надо тратить энергию на то, чтобы перевозить эту лишнюю тонну. Соответственно, эффективность расходования энергии значительно возрастает.

**— А что можно сказать о безопасности автомобиля из композитов?**

— Композиты гораздо лучше в плане поглощения энергии удара. Элементы пассивной безопасности из композитных материалов применяются уже и в серийных автомобилях. В болидах «Формулы-1» все сминаемые зоны делаются из композитов. В нашей платформе сминаемая зона традиционная, сделана из алюминиевого профиля и работает по классической схеме.

**Посчитать деньги**

— У вашего проекта в сети есть не только поклонники, но и критики. Они, в частности, сомневаются, что разработка и производство автомобиля окупят вложения.

— Экономическая эффективность — ключевая идея всего проекта. Все наши оригинальные решения,

Автомобиль последней мили — это транспортное средство, используемое на финальном этапе доставки груза от распределительного центра или склада до конечного потребителя. Несмотря на короткие расстояния, это один из самых дорогих и сложных этапов в логистике. Компактные и маневренные транспортные средства помогают решать задачи быстрой и точной доставки груза в условиях городской инфраструктуры с плотным трафиком, узкими улицами и другими препятствиями, свойственными городской среде.

в том числе использование композитов, появились через попытку решить эту задачу. Соответственно, разработка и производство данного автомобиля стоят значительно меньше, чем традиционного. Не побоюсь этого слова, на порядок! Разработку мы начали с технико-экономического обоснования, у нас разработана полная финансово-экономическая модель.

**— Существует вероятность, что когда вы дойдете до серийного производства, электромобили уже выйдут из моды?**

— Это очень дискуссионная тема. Есть много аргументов за и против, но надо сказать, что процесс энергоперехода — это свершившийся факт. Это в первую очередь заметно в Китае и на развитых рынках. И связано это не с экологией, а с цифровизацией. Мы наблюдаем цифровизацию нашего общества, страны, всего мира. Электромобильная платформа — это органичный базис для цифровых продуктов, интернета вещей, подключенности и развития беспилотных технологий, тогда как ДВС-платформы для этого не оптимальны.

Даже если отбросить объективные причины энергоперехода, в условиях тотальной зависимости от импорта, вне зависимости от предпочтений мы будем ездить на том, что нам будут готовы поставлять китайские партнеры, а у них производство машин с ДВС стремительно сокращается и замещается производством электромобилей. Опять же, в этой сфере нам требуется технологический суверенитет. Если в области традиционных ДВС-платформ у нас все более или менее в порядке, то собственных электромобилей пока нет. И одна из важнейших наших задач — разработать отечественную технологию, которая позволит добиться технологического суверенитета.

**— Вашей платформой смогут пользоваться другие автопроизводители, чтобы сделать на ней свой автомобиль?**

— В первую очередь мы работаем над созданием продукта, который заинтересует потребителей, однако мы готовы делиться нашей технологией и в том числе

**Роман Войт** родился в Москве. С раннего детства мечтал связать жизнь с автомобилями. Окончил Московский политехнический университет, бакалавр в области транспортного дизайна. Далее учился в Германии, в Hochschule Pforzheim, одной из ведущих школ в области транспортного дизайна, получил степень мастера искусств. Работал над дизайном автомобилей Augus, а также беспилотных автобусов «Шатл» — совместного проекта КАМАЗа и НАМИ, участвовал в ряде проектов компании Marussia Motors. С 2022 года работает в Композитном дивизионе «Росатома».

разрабатывать на ее базе продукты для внешних заказчиков и заинтересованных автопроизводителей. Это может быть как традиционный металлический кузов на базе нашей платформы, так и композитный либо полимерный кузов, более того, технология даже позволяет создавать ДВС-автомобили — изначально она создавалась для машин с ДВС.

### Конкуренция и локализация

— «Росатом» также участвует в создании первого российского серийного электромобиля. Не будет ли он конкурентом Voyt?

— С этим проектом абсолютно никак не конкурируем. Мы друг друга дополняем, так как наш проект рассчитан именно на малые и средние серии, а не на массовое производство. То есть это те серии, которые невыгодно производить традиционными способами, так как вложения не окупятся в силу ограниченной рыночной ниши. Более того, есть ряд синергий в плане батареи, управляющей электроники, других элементов разработки «Росатома».

— У всех главным конкурентом будут китайские автомобили?

— Да, это мощная конкуренция, но если говорить про автомобили для доставки последней мили, китайцы в Россию пока не заходят. Мы предполагаем, что объем рынка для китайцев слишком маленький, им неинтересно присутствовать в этом сегменте. И, конечно, государство в будущем может использовать заградительные меры, пошлины и требования по локализации. В этом плане при нашем уровне локализации у нас всегда будет преимущество перед иностранными конкурентами.

— Все будет делаться в России?

— Наш целевой параметр по локализации проекта — выше 90%. Мы строим проект вокруг отечественных компонентов. При этом доля компонентов, произведенных на предприятиях «Росатома», в проекте достигает 60%. И включает в себя в первую очередь, конечно, батарею, но также управляющую

электронику, композиты, силовой агрегат и многое другое.

— Кстати, а кто делает электронную начинку автомобиля?

— Сотрудничаем с партнерами из «Росатома», а также отечественными поставщиками вне контура госкорпорации.

### Дизайн и название

— Ваш фургон выглядит очень футуристично. Расскажите, чем вы вдохновлялись при его разработке?

— Дизайн — одна из наших ключевых компетенций — от идеи до полноразмерного образца создан внутри проекта. Если говорить про вдохновение, для меня, например, основным его источником является музыка. Я люблю электронную музыку, хаус, но этим не ограничиваюсь. Слушаю все — от джаза и классики до музыки из советских мультфильмов, которые смотрят мои дети.

— Дизайн вашего кроссовера официально запатентован. В сети его активно обсуждали. В частности, пользователи нашли значительное сходство кроссовера с китайским автомобилем Haval F7. Что вы скажете критикам по этому поводу?

— То, что нас сравнивают с популярными китайскими автомобилями, воспринимаем как достижение, потому что сегодня китайский автопром, по крайней мере в области дизайна, выбился в лидеры. Китай тратит огромные средства на это, привлекает топовых специалистов, задает тренды, и даже именитые бренды подхватывают эти тренды и делают технику, похожую на китайскую. При этом, если говорить про кроссовер, стоит отметить, что дизайн кроссовера родился в 2020 году, и тогда дизайн-ландшафт был несколько иной.

— Расскажите о выборе названия автомобиля. Какие еще варианты были?

— Знаете, процесс выбора названия был сложным, болезненным, так как выбирали из более чем 50 возможных вариантов. В свое время я назвал проект Voyt, когда представлял его в Композитном дивизионе, чтобы проект не был безымянным. В дивизионе проект имеет шифр «Электромобили», а Voyt оставался в качестве неофициального внутреннего названия. Перебрав большое количество вариантов, коллегиально сошлись во мнении, что, в принципе, это название уже устоялось, оно звучное и неплохо подходит для электромобиля. Для меня название — повод для смущения, потому что проект создается не только мной, а командой профессионалов. Но вместе с тем название накладывает на меня личную ответственность — я отвечаю своим именем, своей репутацией за этот проект. Мне кажется, это правильно.

— **Voyt — это автомобиль только для города? Наверное, в сельской местности без зарядной инфраструктуры его будет невозможно использовать?**

— Все электромобили сегодня в силу неразвитости зарядной инфраструктуры — городские жители. Стандартная батарея нашего пилотного фургона последней мили — 21 кВт·ч, запас хода — 168 км. Этого достаточно для доставки последней мили, так как у таких машин дневные пробеги не больше 150 км. При этом увеличенная батарея (42 кВт·ч) обеспечивает запас хода 337 км. Это уже значительный запас. Если говорить про зарядку, то медленная зарядка может быть обеспечена в любом месте, где есть обычная розетка. На быстрой зарядке автомобиль с 0 до 100% зарядится за 40 минут.

Что касается российских условий, в частности морозов, о чем тоже часто спрашивают: в условиях зимней эксплуатации электромобиль ничем не хуже авто с ДВС, если обеспечивается комфортный температурный режим для батареи. В нашем проекте применяется сложная двухконтурная система термостатирования, которая обеспечивает комфортные условия для батареи в любых климатических условиях.

— **Фургон последней мили предназначен для служб доставки и маркетплейсов?**

— Да, конечно. Но также он будет полезен в качестве ведомственного автомобиля: например, можно сделать на его базе машину скорой помощи. Подойдет и для такси, и для каршеринга. Если говорить про пилотный продукт, он существует в двух версиях: чисто грузовой фургон и грузопассажирский на пять посадочных мест. Грузовой фургон — это 600 кг грузоподъемности, 3 м<sup>3</sup> грузового пространства при скромных внешних размерах — меньше 4 м в длину. В него можно погрузить европалету с трех сторон — сзади и через боковые двери. Если говорить про пассажирский автомобиль, то это пять полноценных посадочных мест, широкие дверные проемы и большой багажник, что идеально для каршеринга и такси.

— **А есть какая-то российская специфика у этого автомобиля?**

— Мы старались сделать автомобиль универсальным. Впрочем, целый ряд наших уникальных технических решений направлен на улучшение условий эксплуатации в разных регионах России. Например, кузов выполнен из полимерного сэндвича. Соответственно, внешняя поверхность — видовая, внутренняя — видовая, а пространство между ними заполняется структурной пеной. Это позволяет сделать легкий и прочный кузов, плюс благодаря структурной пене кузов является термо- и шумоизолированным. Таким образом, мы зимой не теряем тепло, сохраняем его внутри, так что не надо тратить лишнюю энергию на обогрев. Летом сохраняем пространство прохладным: если работает кондиционер, внутри всегда комфортная температура, то есть мы этот

холод не теряем и также не тратим лишнюю энергию на охлаждение. В России зимой сильные морозы, летом жара (во многих регионах вообще запретельная), поэтому терморегуляция очень важна, и в нашем автомобиле она будет на высоте.

## От прототипа к прототипу

— **Над чем прямо сейчас работаете вы и ваша команда?**

— По уровню разработки мы находимся на стадии между TRL 3 и TRL 4. Подошли к созданию действующего образца, который демонстрирует все наши технические особенности. На текущем прототипе, который мы изготавливаем, мы будем утверждать концепцию проекта. После этого прототипа будет серия последующих. Соответственно, это прототипы серии alpha, на которых утверждается дизайн. Далее следует серия прототипов beta, на которых замораживается конструкция. Далее идут предсерийные прототипы, на которых отрабатывается производство. И переходим к пилотной партии.

— **А где он собирается физически?**

— Мы работаем с российскими инженеринговыми партнерами. Это опытные команды. И изготовление элементов, компонентов, производство самого прототипа также происходит на производственной базе инженерингового партнера.

— **И последний вопрос, но может быть самый главный: когда автомобиль Voyt начнет выпускаться серийно?**

— Если все пойдет по намеченному плану, то к концу 2029 года — началу 2030 года мы выходим на серийное производство.



Текст: Наталия Еремина

Иллюстрации: Freepik

# «В стратегическом плане развитие электротранспорта нужно нашей стране»

Каким должен быть путь России в развитии электродвижения



**Константин Трофименко**

Директор Центра исследований «Умного города» факультета городского и регионального развития (ФГРР) НИУ «ВШЭ»

**Электротранспорт активно развивается во многих странах мира. Забота об экологии и будущее исчерпание запасов нефти побуждают и Россию к тому, чтобы двигаться в русле мировой повестки. Какие изменения в экономике и устройстве городов произойдут в связи с развитием электротранспорта и какое место должна занять Россия в начавшейся электрогонке, «Вестнику атомпрома» рассказал директор Центра исследований «Умного города» факультета городского и регионального развития НИУ «ВШЭ» Константин Трофименко.**

— Константин Юрьевич, как вы считаете, может ли электродвижение привести к зарождению принципиально новой экономики? Что это будет за экономика?

— Электродвижение на самом деле уже проникло в нашу жизнь достаточно глубоко. Это заметно, например, по тому, насколько активно используется электрический общественный транспорт в Москве. Большая часть поездок москвичей на общественном транспорте сегодня обеспечивается именно электрической тягой, а не ископаемым топливом. Используются и электрический трамвай, и электробус. Конечно, если предположить гипотетически, что у нас все автомобили станут электрическими, то это повлияет на макроэкономическую ситуацию в стране, поскольку нефть перестанет играть такую значимую роль. И место нефти займет литий.

— Развитие электродвижения представляет проблему для нефтяной промышленности?

— Запасы нефти не вечны, и движение нефтяников в сторону нового энергоперехода уже давно происходит. Перспективы исчерпания запасов нефти действительно есть, и они осознаются всеми участниками рынка. Очевидно, что часть запасов трудноизвлекаема и в будущем добыча нефти будет дороже. И нефтяные компании уже давно готовятся к этим изменениям, развивая, например, альтернативную генерацию. Однако в данном случае мы говорим о далекой перспективе. В среднесрочной перспективе такой угрозы нет. Десять лет назад все говорили о том, что к 2030 году будет мало бензиновых

автомобилей, зато много электрических. Но те прогнозы, которые были заложены в стратегию развития электротранспорта в РФ, сейчас кажутся слишком оптимистичными. То есть количество электроавтомобилей будет увеличиваться, но каждый десятый автомобиль к 2030 году в нашей стране не будет электрическим. Это уже очевидно.

Сейчас сценарий развивается по-другому. Даже к 2050 году электромобилей в России вряд ли будет больше, чем автомобилей с ДВС. Мой прогноз на эту дату — 20% электрических автомобилей и 80% обычных автомобилей с ДВС. Электромобили постепенно будут становиться частью реальности, но в среднесрочной перспективе революционных изменений все же не произойдет. Хотя, конечно, например, Китай продолжает развивать электротранспорт и достаточно активно переводит города на него.

— Даже если в среднесрочной перспективе, как вы считаете, революционных изменений не произойдет, повлияет ли развитие электротранспорта на транспортную отрасль в целом, логистику грузов (например, на морские перевозки)?

— Для логистики не так важно, на чем работают двигатели, то есть какая сила приводит в движение транспортное средство. Безусловно, активно будут применяться электрические грузовики. Поезда сейчас и так по большей части электрические. Но развитие электрических судов — сложная и долгая история. На сегодняшний день массового их производства не запустили ни в одной стране мира. Для того, чтобы активно развивать электрические суда, необходимо наладить производство очень мощных батарей.

— А как развитие электродвижения может повлиять на облик современных городов?

— Повторюсь: электротранспорт в современные города уже интегрирован достаточно плотно. На самом деле весь город пронизан контактными сетями и электросетями, к которым в том числе подключаются, например, электробусы. Что может возникнуть принципиально новое — это применение на практике уже существующей технологии бесконтактной зарядки электротранспорта. То есть под асфальтом будут прятаться магнитные петли, и электромобиль сможет подзаряжаться прямо во время движения.

## Справка

Изменения будут касаться того, что лежит под асфальтом, эти магнитные петли не будут видны, поэтому на облик города не повлияют. Но, скорее всего, такие полосы будут отдельно выделены — может быть, каким-то цветом либо какими-то символами.

Также, возможно, поменяется и сам подход к умной энергетике в городе с точки зрения управления процессом. Транспортные средства смогут заряжаться в процессе движения и потом, наоборот, отдавать в энергосистему излишки энергии. В этом случае имеет смысл смотреть на всю энергосистему города в целом как на некое общее хозяйство и вырабатывать оптимальную схему энергопотребления. И это даст существенную оптимизацию ресурсов.

В целом же, если говорить о городах будущего, то, конечно, они будут отличаться, но не электротранспорт станет главным драйвером этих изменений. Больше всего на облик городов будущего будет влиять развитие беспилотного транспорта. Если будет поток беспилотного транспорта и для него выделена отдельная полоса или даже несколько полос, и движение по ним будет управляться из единого центра, то пропускная способность дорог увеличится раза в четыре. То есть развитие беспилотного транспорта приведет к тому, что возникнут хайвеи только для такого транспорта. И не обязательно, как Илон Маск предлагает, их прятать под землю. Скорее всего, можно будет использовать существующую инфраструктуру, эстакады, выделить для этих целей, например, ту же Северо-Восточную хорду в Москве. А часть

Согласно данным компании Market Research Intellect, в 2024 году рынок электрических судов составил **\$6,5 млрд** и ожидается, что к 2033 году он вырастет до **\$16,5 млрд**. При этом сейчас суммарное количество электро- и гибридных судов в мире оценивается примерно в тысячу единиц при миллионах судов с ДВС. Однако эксперты считают, что за электросудами будущее. Суда с двигателями внутреннего сгорания уступают электрическим по таким критериям, как уровень шума и экономичность. Электродвигатели требуют меньших расходов на обслуживание и имеют более длительный срок эксплуатации. Также суда с электродвигателями гораздо меньше воздействуют на экологию.

пространства, которое сейчас обслуживает транспортные потоки, будет использоваться для создания зон отдыха и прогулок.

— **Считается, что электротранспорт более подходит для внедрения цифровых технологий, в том числе беспилотных, чем машины с ДВС. Это так?**

— Действительно, фактически беспилотный автомобиль — это компьютер на колесах. И логично, конечно, его сразу питать от аккумулятора, нежели сначала производить электрическую энергию путем сжигания топлива и потом его питать. Потери тогда



меньше. То есть представить себе бензиновый компьютер, конечно, можно, но это неэффективно. Беспилотный автомобиль имеет множество датчиков и компонентов, имеющих высокий уровень энергопотребления.

— **Пока электротранспорт выглядит в большей степени подходящим для крупных городов. Верна ли такая точка зрения? Какие изменения могут произойти в сельской местности?**

— Если говорить о транспорте, то в ближайшее время в России в местах, где хороших дорог нет, в основном по-прежнему будут курсировать бензиновые грузовики и джипы. Хотя, конечно, все очень сильно зависит от того, какая это сельская местность. Если это поселки, условно, дачного типа, то вполне возможно, что в таких местах будет развиваться электротранспорт. В принципе, в ближайшем будущем на всех заправках в России появятся электростанции. Это будет такой объективный процесс, который отражает реалии жизни. В последние годы в России на самом деле в этом плане происходит настоящий бум. За последние три года темпы роста таких заправок явно увеличились, их становится больше в среднем на 40% в год, а на отдельных территориях — больше в несколько раз. Раньше действительно владельцы электрокаров выстраивались в очереди на заправках, где были станции зарядки. Сейчас я знаю, что есть очень много инициатив от бизнеса установить зарядки для электромобилей. Скорее всего, владельцы заправок сами их и поставят, когда поймут, что это востребовано и нужно. И произойдет это достаточно скоро — в течение ближайших пяти лет.

Также в сельской местности, скорее всего, будет развиваться роботизированная техника, которая будет использоваться для проведения сельскохозяйственных работ. Люди не хотят заниматься сельским

хозяйством как раньше, хотя бы автоматизировать часть ручных процессов. Уже сейчас в России тестируются автономные комбайны и другая беспилотная сельскохозяйственная техника. Конечно, производить такую технику можно как с электродвигателем, так и с ДВС, однако, как я уже говорил, реализовывать модель на базе электродвигателя проще. То есть, скорее всего, такая техника будет электрической с зарядкой на специальных технических станциях.

— **Экологичность (то есть отсутствие выхлопных газов) считается неоспоримым преимуществом электротранспорта. Есть ли расчеты, является ли более экологически выгодной электрификация общественного транспорта по сравнению с личным?**

— Когда правительство Москвы рассказывает о внедрении электробусов, то всегда приводит данные: замена одного автобуса на один электробус позволяет ежегодно сократить выбросы углекислого газа более чем на 60 тонн и тем самым снизить уровень загрязнения воздуха. Если говорить о личном транспорте, то там слишком много факторов, которые нужно учитывать. В целом всегда надо понимать, откуда мы это электричество взяли. Так, недавно в Астане, в Казахстане, обсуждали полный переход на электротранспорт, но электричество там получают путем сжигания бурого угля. Если же взять Москву, то в столице достаточно чистая генерация энергии. Также стоит учитывать, что при большом количестве накопленных, вышедших из эксплуатации аккумуляторов они, конечно, будут представлять проблему для экологии, и ее нужно решать и инвестировать в ее решение большие деньги. Также нужно заниматься созданием эффективной технологии по извлечению вторичного лития из аккумуляторов, чтобы перерабатывать отработанные литий-ионные аккумуляторы. То есть нужно в любом случае заниматься рециклингом.

— **В России есть месторождения лития. Как вы считаете, станет ли в стране массовым производство литий-ионных аккумуляторов для электромобилей из российского лития?**

— Конечно, запасы лития в России есть, но наша страна в этом плане не лидер. Лидер по запасам лития — это Южная Америка, в частности Боливия, Аргентина и Чили. В Южной Америке находится больше половины мировых запасов лития. У Китая также много запасов лития. Запасы Европы сопоставимы с запасами нашей страны. Но сейчас мы говорим про разведанные запасы. Учитывая огромные территории России, вполне возможно, что у нас есть большое количество неизвестных нам (еще не открытых) запасов лития, потому что целенаправленно их не искали.

Правда, даже многие запасы лития, которые в России разведаны, сейчас не добываются. То есть там надо еще активно развивать инфраструктуру, чтобы добывать литий на этих месторождениях. В целом,



## Справка

**Страны — лидеры по запасам лития**

Более 80% подтвержденных запасов лития расположены на территории трех государств: Боливии (24,6%), Аргентины (22,6%), Чили (11,2%). Значительные месторождения есть в США, Австралии, Китае, а также в Германии, Конго, Канаде, Бразилии и Сербии. Россия занимает 8-е место — 3,2% мировых запасов лития, они сосредоточены в трех федеральных округах: Сибирском — 43%, Северо-Западном — 34% и Дальневосточном — 23%.

наверное, это имеет экономический смысл, но речь идет скорее о закрытии потребностей внутреннего рынка, а не о работе на экспорт. Конкурировать с китайцами и с американцами мы не сможем, а вот производить на основе своих запасов батареи для внутреннего потребления сможем.

**— Производство аккумуляторов на базе своего лития как-то повлияет на цену электромобилей?**

— Точно можно сказать, что батарея действительно достаточно сильно влияет на итоговую цену, но батареи постоянно совершенствуются, они становятся все более мощными, все более емкими, все быстрее заряжаемыми и дольше работающими. И в этом плане идет огромная гонка среди всех ведущих производителей мира. То есть батареи буквально лет через десять будут гораздо дешевле и эффективнее и, соответственно, цена электромобиля ниже. Сейчас цена батареи в общей цене на электромобиль составляет около трети от стоимости. Десять лет назад она составляла половину. И ожидается, что к 2030 году эта доля будет меньше 20%. То есть идет устойчивый тренд на уменьшение стоимости батареи и снижение ее влияния на цену электромобиля. И, соответственно, России также нужно увязывать развитие производства литийионных аккумуляторов с учетом этого тренда.

**— Что, на ваш взгляд, в долгосрочной перспективе будет сильнее всего влиять на развитие электротранспорта?**

— Макроэкономические и политические факторы. Например, если все-таки Китай будет продолжать делать ставку на электротранспорт, при этом он станет мировым автопроизводителем и в этом отношении, допустим, задавит европейские страны, то получится, что он свои электромобили будет навязывать и другим странам мира, в том числе и России. И на это как-то надо будет реагировать. То есть развитие электротранспорта на горизонте 20 лет будет зависеть во многом от политики Китая и в целом стран БРИКС.

**— Какие стимулы нужны от российского правительства, чтобы производство электротранспорта в России активно развивалось? Можем ли мы что-то взять из мирового опыта, например, таких стран, как Китай и Норвегия?**

— В этих странах есть прямые директивы от правительств на развитие электротранспорта и система его дотирования. В Китае это связано с экономическими стимулами, а в Норвегии, например, внедрение электромобилей происходит в русле увлечения зелеными технологиями. Но в Европе, кстати, сейчас во многих странах свои планы по внедрению электротранспорта немного притормаживают, они ранее заявляли о полной электрификации к 2030 году. Что касается России, то у нас нет такого же, как в Китае, сильного экономического стимула активно развивать электрокары. И нет такой же идеологической подоплеки. Это конкретно наша история. Тем более что у нас есть запасы нефти, и, конечно, пока мы их активно эксплуатируем, нет желания терять эти рынки. Однако в стратегическом плане развитие электрокаров стране нужно. Но если создать больше налоговых стимулов покупать электрокары, то это может подстегнуть людей покупать китайские машины. У нас в стране электрокары не производятся в таком количестве. То есть направление развития электротранспорта должно быть, однако нужно определить его конкретные цели и задачи, смотреть на стратегию.

**— Если резюмировать, то в целом каким должен быть путь России в развитии электродвижения?**

— Он должен максимально отвечать выгодам России. То есть, с одной стороны, использовать всю совокупность наших природных богатств, а с другой стороны, надо посчитать, сколько будет стоить создание новых цепочек и производств. Не нужно забывать и о том, что, скорее всего, потребуются строить новые города для этих производств. Сама же стратегия развития электротранспорта в России должна содержать цифры, сколько мы хотим в принципе выпускать автомобилей, как мы будем себя позиционировать на этом рынке. На эту тему нужно смотреть широко.

**Цифры**

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в I квартале 2025 года в мире было продано более **4 млн** электромобилей. Это на **35%** больше, чем за январь — март 2024 года. Согласно обзору МЭА, мировые продажи электромобилей по итогам 2025 года увеличатся на **25%**, каждый четвертый проданный автомобиль будет электрическим.

Текст: Ирина Дорохова

Фото: АО «ТВЭЛ»

# «Основная проблема — отсутствие промышленного производства материалов»

*Почему именно материалы определяют наиболее важные эксплуатационные характеристики аккумуляторов и какие разработки в этой области ведутся в России*

**Аккумуляторные материалы — это та область знаний, которая, если ты получил промышленный результат, обеспечивает стране технологический суверенитет и защиту от недружественных внешних воздействий в экономике, энергетике и иных сферах. В России не много ученых, которые вышли за пределы лабораторий в разработке таких материалов. Один из них — академик РАН и заведующий кафедрой электрохимии МГУ Виктор Антипов. Он же — лауреат премии «Вызов» 2024 года. Летом 2025 года в стенах главного здания «Росатома» он прочел лекцию о положении дел в аккумуляторной отрасли, о российских разработках и об аккумуляторных материалах будущего. Публикуем пересказ этой лекции.**

## Status Quo в аккумуляторной отрасли России

Сколтех и мы, МГУ, — значимая часть коллектива, работающего в этой области. Я начал работать в этой сфере в 2006 году, и если мы посмотрим, что происходит с точки зрения научной информации в мире, то увидим, что Россия — далеко не лидер в области химических накопителей. Она занимает 17-е место, между Швецией и Ираном, по количеству публикаций в этой области. В связи с тем, что сейчас строятся гигафабрики и требуется огромное число специалистов, конечно, крайне важно подниматься в этом рейтинге, потому что есть прямая корреляция между количеством и качеством аккумуляторов и научной продукцией, которую выпускает научное сообщество той или иной страны.

Сегмент литийионных аккумуляторов развивается стремительно, об этом можно судить хотя бы по тому, что реальные объемы производства опережают прогнозы, сделанные некоторое время назад. Сейчас прогнозируют, что к 2030 году этот сегмент составит порядка 8 ТВт·ч, объем рынка будет достигать

полутриллиона долларов. Во многом это связано со стремительным развитием электротранспорта: планируется, что к 2030 году доля электротранспорта будет составлять не менее 50% от общего объема продаж транспортных средств.

Возникает вопрос, почему эта сфера стала так стремительно развиваться. Можно говорить про экологию — что электромобили не дают выбросов, про КПД — у электромобилей он выше, чем у машин с ДВС. Замечу, что в начале XX века рекорды скорости ставили электромобили. Но их вытеснили машины с ДВС, потому что у свинцово-кислотных аккумуляторов были непривлекательные характеристики: короткий срок службы, малый пробег. Современные аккумуляторы, в отличие от тех, первых, используют материалы, способные накапливать гораздо более высокую удельную энергию и, соответственно, обеспечивать больший пробег. Благодаря более привлекательным с точки зрения эксплуатации характеристикам они вызвали значимый интерес рынка — практически все крупные автоконцерны сейчас развивают сегмент электромобилей. Массовое производство аккумуляторов привело к падению цены: в 2011 году стоимость 1 кВт·ч составляла порядка \$800, а сейчас — порядка \$200.

В России даже умеренные прогнозы предполагают появление большого числа электромобилей. Как ожидается, к 2030 году в нашей стране будет производиться ежегодно порядка 300 тыс. штук. Даже в инерционном сценарии это будут сотни тысяч. Плюс, конечно, аккумуляторы используются не только в электромобилях, но и в сегментах возобновляемой энергетики, крупногабаритных системах накопления, БПЛА, роботах и прочей технике. И прогноз Минэкономразвития таков, что к 2030 году рынок накопителей будет составлять не менее 300 млрд рублей.

Понятно, что наше правительство уделяет внимание аккумуляторной теме. Первое распоряжение премьер-министра страны Михаила Мишустина вышло в 2021 году, затем было заключено соглашение с правительством РФ о дорожной карте «Создание высокотехнологичной отрасли "Системы накопления энергии"». «Росатом» в ней лидер, второй

участник — компания «ИнЭнерджи» с проектом «Металлион». На стадии утверждения федеральный проект, посвященный технологиям литийионных и постлитиевых систем накопления энергии. В 2025 и 2026 годах должны быть запущены гигафабрики «Росатома», в 2027 году «Металлион» должен запустить свою гигафабрику на 1 ГВт·ч. Совсем недавно появился еще один серьезный игрок — это компания «Транспорт будущего», которая вместе со «Сбером» и правительством Москвы планирует строить в Красной Пахре гигафабрику. Плюс еще ряд компаний рассуждают на тему строительства завода аккумуляторов.

Основная проблема — это отсутствие промышленного производства материалов, поскольку именно материалы определяют наиболее важные эксплуатационные характеристики аккумуляторов и являются тем элементом, который обеспечивает прогресс.

В современном аккумуляторе представлено все разнообразие химии сегодняшнего дня. Это неорганическая химия (катоды), полимерные связующие, анодный графит (углеродный материал), сепараторы. Очень важный компонент — электролит, как правило, это органический растворитель. Наконец, важны добавки, которые обеспечивают работу этого аккумулятора. В себестоимости аккумулятора материалы составляют не менее 50%, и наиболее дорогостоящий — это катодный материал, который содержит литий. И я считаю, что одна из наиболее серьезных проблем сейчас — это производство материалов для обеспечения гигафабрик. Например, две гигафабрики «Росатома» на 8 ГВт·ч потребуют порядка 12 тыс. тонн катодного материала.

Наше вместе со Сколтехом главное направление — создание катодных материалов. Мы эту задачу условно делим на два направления — импортозамещение и технологическое лидерство. В рамках импортозамещения мы должны создать производство хорошо работающих материалов. Технологическое лидерство требует создания принципиально новых материалов, которые обладают привлекательными характеристиками.

### Материалы импортозамещения

Мы, химики, опираясь на периодическую систему Менделеева, выбираем литий, потому что это маленький подвижный катион, который переносит заряд внутри аккумулятора. Мы выбираем кислород, потому что проще всего получать оксиды. Из-за того, что мы минимизируем молекулярную массу, мы берем из периодической системы первый ряд переходных металлов, которые меняют степень окисления. Таблица большая, но применимых в аккумуляторах элементов у нас не очень много. В итоге, зная основы структурной химии, мы можем представить, какими будут кристаллические структуры и соединения. Они должны быть построены по принципу плотнейших упаковок, похожих на коробки с апельсинами, где катионы лития и переходных металлов заполняют пустоты в этих упаковках.

### Свойства хорошего катодного материала

Процесс, при котором происходят экстракция и, наоборот, интеркаляция, то есть внедрение лития в структуру катодного материала, должен сопровождаться изменением степени окисления переходного металла при как можно более высоком потенциале. Если потенциал будет низкий, то рабочее напряжение в аккумуляторе будет низким, и он не будет представлять интерес. Поэтому необходимо выбирать те металлы, которые будут давать высокий потенциал и высокую удельную емкость материала. Удельная емкость обратно пропорциональна массе. Поэтому очевидно, что не нужно использовать в аккумуляторах, например, уран. Это тяжелый элемент, поэтому удельная емкость аккумулятора с ним будет очень низкая.

В катодном материале ион лития должен обладать высокой подвижностью/проводимостью, иначе литий будет заперт, и заряд/разряд будет невозможен.

У материала должна быть высокая электронная проводимость, иначе будут большие омические потери.

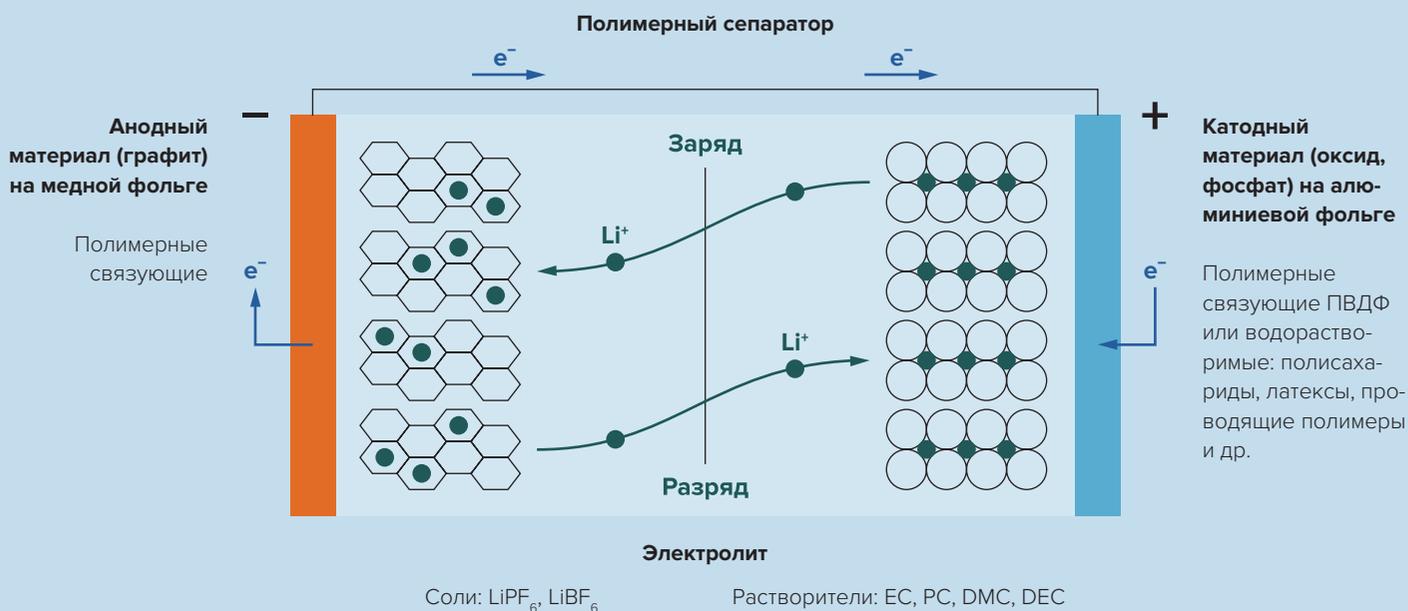
При изменении концентрации лития материал должен сохранять химическую устойчивость: не коллапсировать, не разлагаться, превращаться в другие кристаллические структуры, иначе кинетика процесса будет очень медленной.

### Апробированные решения

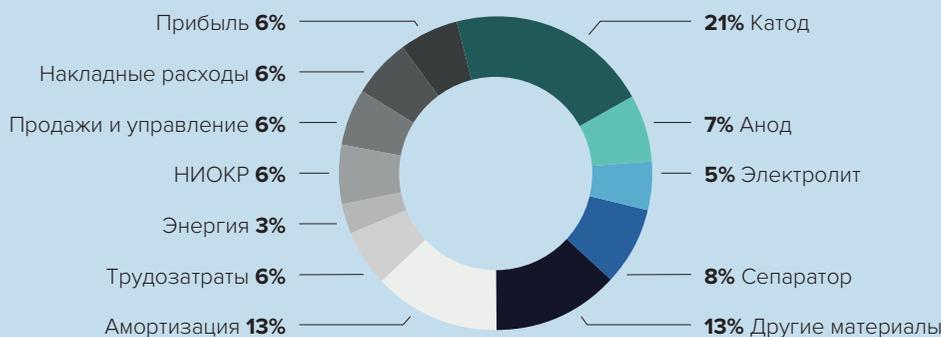
Пригодных вариантов немного. Первый пример — литий-кобальт ( $\text{LiCoO}_2$ ), который Джон Гуденаф открыл в 1980 году, работая в Оксфорде, и за который он получил Нобелевскую премию. Он оптимально подходит, чтобы литий мог беспрепятственно перемещаться, у него при комнатной температуре высокая электронная проводимость, высокий коэффициент диффузии. Но материал дорогой, экологически вредный, к тому же он небезопасен. В заряженном состоянии могут происходить нежелательные процессы: кислород может выделиться, начнется окисление органических компонентов. Поэтому извлекать весь литий нельзя — это будет взрывчатка, можно не более половины, так что ставится ограничение по степени заряда — 140 мАч/г.

Чтобы решить проблемы этого материала, был сделан важный шаг: частичная замена кобальта на никель и марганец, в результате чего возникло семейство материалов NMC, то есть никель-марганец-кобальт с разными соотношениями компонентов. Наиболее интересный материал (он будет использован и на гигафабриках «Росатома») — это 80% никеля и по 10% марганца и кобальта. У него уже гораздо выше емкость, и можно добиваться еще более высоких значений.

### Литийионный аккумулятор (ЛИА): основные материалы



### Доля материалов в стоимости ЛИА при серийном производстве — более 50%



### Прогноз продаж автомобилей и электромобилей в мире, млн шт.



Источник: Canalys, январь 2021

### Прогнозируемое число электромобилей в России, тыс. шт.



Источник: Минэкономразвития РФ

Следующее поколение материалов — это литий-железо-фосфат, LFP. Его тоже открыл Гуденаф в 1997 году. Заслуга фосфора в том, что он связывает весь кислород. Связи очень прочные, поэтому кислород не выделяется даже при нагревании в заряженном состоянии, так что аккумуляторы этого типа безопасные. Мы нагреваем катодный материал до 400 °С — и ничего не происходит.

Проблема этого материала в том, что у него в миллион раз хуже электронная проводимость и очень низкая насыпная плотность у субмикронных порошков, порядка 0,7–0,8 г/см<sup>3</sup>. Но оказалось, что если использовать пластинки размером в десятки нанометров и транспорт лития происходит только в одном направлении, то мы можем заряжать такие аккумуляторы за считанные часы или даже минуты. Нанотехнологии оказались чрезвычайно значимы. Поэтому крайне важно разработать технологию, которая позволяла бы нанопластинки агломерировать в сферы, которые можно было бы укладывать в плотнейшую упаковку.

Низкую электронную проводимость компенсируют за счет электропроводящей добавки. Как правило, это углеродное покрытие. В итоге такой композитный материал обладает привлекательными характеристиками. В мире он производится десятками тысяч тонн, акцент на производство литий-железо-фосфатных батарей делают в Китае, мы этой технологии тоже уделяем внимание.

#### РОССИЙСКИЙ ВАРИАНТ

Мы с коллегами из Сколтеха разработали собственную технологию получения катодного материала. Было очень непросто, пришлось решать ряд задач. Так, очень важно при синтезе достигать однородного распределения катионов переходных металлов, потому что при их сегрегации аккумуляторные свойства деградируют очень быстро. Мы разработали и совершенствуем метод синтеза, который позволяет достигать на атомарном уровне однородного распределения. Также важно получать нужную морфологию частиц: они сферические, поэтому они должны быть би-, а еще лучше тримодальными, то есть двух или трех размеров. Тогда мы сможем наилучшим образом заполнить пространство. Плотность энергии на килограмм важна, но также важен и параметр плотности энергии на литр. В Сколтехе разрабатывают технологию получения этих слоистых материалов.

Важно то, что производимые материалы, хотя и не демонстрируют рекордные значения, отвечают стандартам и требованиям по морфологии и качеству, которые предъявляются аккумуляторам во всем мире. Мощность нашего производства пока небольшая, порядка 10 тонн в год. В этом году планируем выпустить примерно 20–30 тонн, а в ближайшие годы — перейти на уровень 100 тонн катодного материала в год.

Наиболее сложные проблемы — это состав электролита. Электролит, как кровь в организме, обеспечивает

функционирование всего аккумулятора. Для электролитов используются алкилкарбонаты, потому что они обладают широким окном термодинамической устойчивости к окислению и восстановлению.

Для электролитов крайне важны добавки. Объем невелик, но их множество, сотни. Они выполняют очень важные функции. Одни поглощают воду, потому что присутствие воды всегда будет убивать аккумуляторы. Другие выступают пламегасителями, чтобы предотвратить тепловой разгон. Но самое важное — они формируют интерфейс. Это специальное защитное покрытие на аноде, которое образуется во время формовочных циклов, когда набор материалов становится аккумулятором, при разложении компонентов электролита. Интерфейс препятствует переносу электронов, но позволяет переносить ионы лития. Создать его — это наиболее сложная, труднопрогнозируемая задача, большой секрет, который сложно просчитать даже при обратном инжиниринге. Ведь необходимо догадаться, какие компоненты были изначально, как они разложились и сформировали защитную «кожу» анода, без которой аккумулятор будет очень быстро выходить из строя. Эту задачу мы с коллегами в Институте органической химии пытаемся решать, пробуя различные добавки. Заодно создаем своего рода энциклопедию добавок.

## Материалы технологического лидерства

### ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ

Жидкий электролит всегда будет сохранять опасность, поэтому все производители мечтают уйти в твердотельные аккумуляторы, где в качестве электролита будут не жидкие органические растворители, а твердые полимеры или неорганические соединения. Их использование сделает аккумуляторы безопасными и даст возможность использовать металлический литий в качестве анода, что, в свою очередь, даст существенный выигрыш в энергоемкости. В таких аккумуляторах удельная емкость будет достигать порядка 500–600 Вт·ч/кг.

Главная проблема твердотельных аккумуляторов в том, что интеркаляция сопровождается изменениями в объеме. За счет механических напряжений разрушается интерфейс, затрудняется перенос заряда ионами лития. Поэтому важно создать такие интерфейсы, которые не будут разрушаться. Мы создаем команду, которая разрабатывает твердополимерный электролит с разнообразными катодами и металлическим литием в качестве анода. Мы в начале пути, но это одно из главных направлений поисков. Мы должны не просто исследовать материал с точки зрения электрохимии, но и выяснить, что происходит с его кристаллической структурой в процессе заряда/разряда аккумулятора.

### СЕКРЕТ В ВАНАДИИ, ФТОРЕ И ФОСФОРЕ

Мы получили материал LiVPO<sub>4</sub>F со структурой калий-титанил-фосфата, который имеет более чем привлекательные характеристики. У него великолепная

### Внимание: холод и большие токи несовместимы

В слоистом материале кислород очень слабо связан. Если очень холодный аккумулятор заряжать большими токами, литий не успевает проникать в графит. Он высаживается на поверхности анода в виде кустиков — дендритов, которые растут, достигают катода. Происходит замыкание цепи, разогрев, и достаточно всего 100 °С, чтобы пошла реакция разложения графита, сепаратора с выделением очень высокой температуры.

кинетика, ионы лития отлично перемещаются, а значит, при низких температурах этот аккумулятор будет нормально работать. Мы получили патент, и было очень приятно, когда на этот же материал за рубежом патент получил нобелевский лауреат Стэнли Уиттингем. Он, конечно, не знал про российский патент, но сам факт подтверждает, что мы получили конкурентоспособный материал.

### НАТРИЕВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

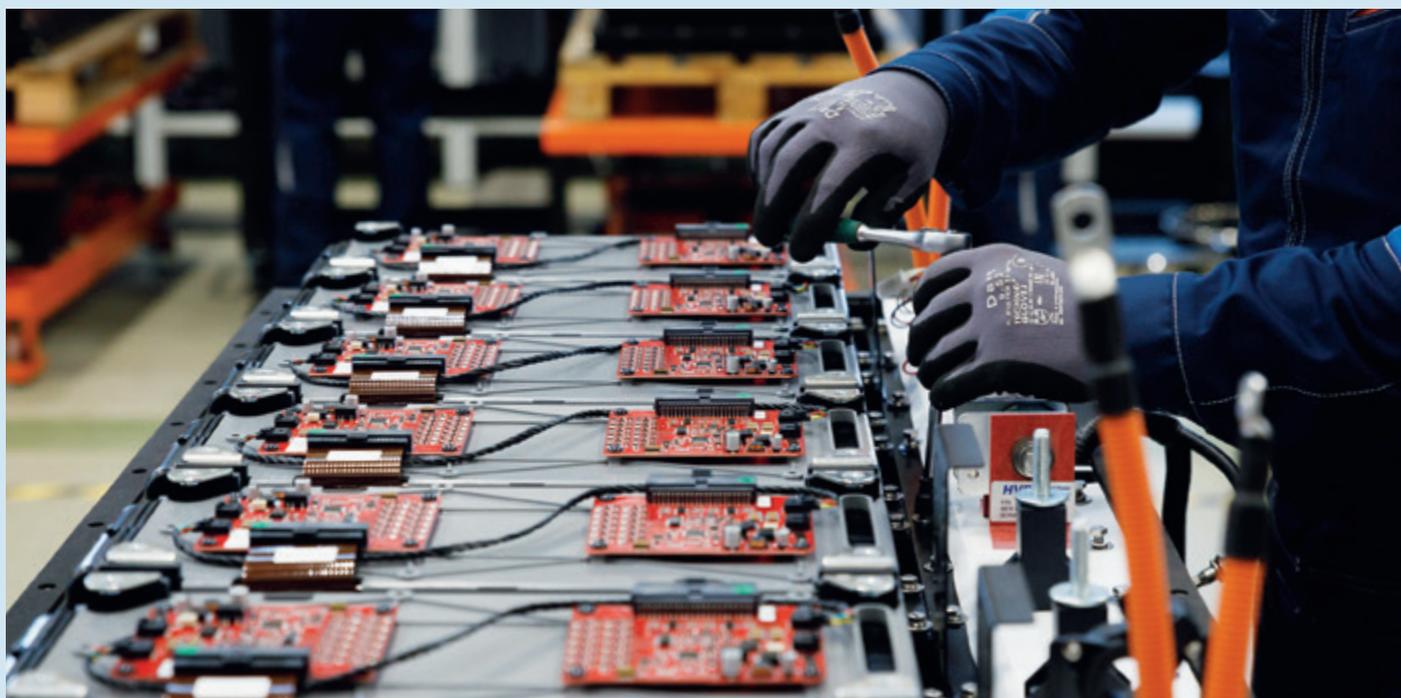
Не надо забывать, что среди всех щелочных металлов литий самый «медленный», у него в структуре  $MVPO_4F$  ( $M=Li, Na, K$ ) коэффициент диффузии ниже на порядок, чем у натрия, и на два, чем у калия. Так почему мы все время про литий говорим? Очевидно, что мощностные характеристики у натрия будут выше. К тому же распространенность в земной коре у натрия выше, поэтому мы выиграем не только в мощностных характеристиках, но и в цене. И еще один важный момент в сравнении лития и натрия: для лития мы

должны использовать в качестве токоусъемника медную фольгу. А для натрия мы и на катоде, и на аноде можем использовать алюминиевую фольгу. Она дешевле, легче, а главное — не будет происходить деградация токоусъемника и, как следствие, всего аккумулятора, если мы разрядим аккумулятор до нуля.

На рынке натриевый аккумулятор комплементарен литиевому, они друг другу не конкуренты. Натриевые аккумуляторы — прямые конкуренты свинце-кислотным. Натриевые превосходят их по всем характеристикам, кроме цены, но и она по мере развития технологий будет снижаться. Также натриевые аккумуляторы могут потеснить литиевые в сегментах бюджетных электромобилей, электробусов, стационарных накопителей. В Китае, например, BYD уже запустил строительство завода натриевых аккумуляторов на 30 ГВт·ч, так что массовое их использование — это ближайшее будущее.

В России благодаря Российскому научному фонду мы разработали много разных материалов. Среди них  $NaVPO_4F$ , который обладает очень высокой удельной энергией. На фоне известных материалов он представляет практический интерес. Он сопоставим по характеристикам с  $LiFePO_4$ .

Проблема натриевых аккумуляторов — анодный материал. Литий интеркалируется в графит, а натрий — нет. Однако графит можно использовать как анодный материал, если мы эти графитовые слои изогнем. Тогда так называемый неграфитизируемый, или твердый, углерод будет иметь емкость порядка 300–400 мАч/г, как и литий с графитом. С коллегами мы разрабатываем методику получения, речь пока идет о получении единиц и десятков килограммов материала.





**Текст:** Екатерина Грушевенко, руководитель проекта департамента аналитических исследований Аналитического центра ТЭК; Сергей Никифоров, руководитель проекта направления анализа углеродных рынков департамента консалтинга по устойчивому развитию Аналитического центра ТЭК

**Фото:** Freepik, Unsplash / Sungrow Power

# Кладовые энергии

*России нужен комплексный подход к преодолению барьеров в развитии индустрии аккумуляторных СНЭ*

**В то время как мировой рынок систем накопления энергии (СНЭ) демонстрирует взрывной рост, Россия только начинает раскрывать свой потенциал в этой сфере. Несмотря на отсутствие развитой нормативной базы и серьезные технологические барьеры, в стране уже реализовано более 30 проектов СНЭ общей мощностью свыше 17 МВт·ч. Однако основные вызовы остаются: слабая производственная цепочка, отсутствие рыночных механизмов для монетизации услуг накопления и высокие капитальные затраты. Статья исследует текущее состояние и перспективы развития СНЭ в России, анализируя успешные кейсы, регуляторные пробелы и возможные пути интеграции накопителей в национальную энергосистему.**

В 2024 году мировой рынок аккумуляторных систем накопления энергии (СНЭ, battery energy storage systems — BESS) достиг рекордных показателей. Спрос на батареи значительно вырос, а мощности в ключевых сегментах обновили свои максимумы. За прошедший год было введено в эксплуатацию 205 ГВт·ч накопительных систем, что на 53% превышает показатель 2023 года. Рынок сетевых систем накопления увеличился на 68% и достиг отметки в 160 ГВт·ч.

В мире было запущено 17 проектов мощностью более 1 ГВт·ч: 11 из них — в Китае, 5 — в США и 1 — в Саудовской Аравии. В 2023-м подобных проектов было всего четыре. Крупные проекты продолжают

развиваться: на период 2025–2026 годов запланировано более 140 таких объектов, включая 30 с мощностью свыше 2 ГВт·ч.

Китай вышел на первое место, реализовав 67% всех проектов. Успехи Китая обусловлены рекордным снижением цен на аккумуляторы. Так, по итогам закупок CEEC (China Energy Engineering Corporation) в 2025 году стоимость СНЭ на 4 часа составила \$51–68 за 1 кВт·ч, что в среднем на 20% дешевле, чем в 2024 году<sup>1</sup>. Значительного сокращения затрат удалось достичь за счет эффекта масштаба и регуляторной политики.

США и Канада заняли второе место с общим объемом в 40 ГВт·ч, из которых примерно половина приходится на Калифорнию. Даже на небольших рынках наблюдался значительный рост: ввод мощностей в ЕС, ЕАСТ, Великобритании, Латинской Америке и Азиатско-Тихоокеанском регионе (за исключением Китая) удвоился<sup>2</sup>.

По типам технологий доминируют литийионные системы (литий-железо-фосфатные — LFP и никель-марганец-кобальтовые — NMC) — свыше 95% вводов по мощности<sup>3</sup>. Доля LFP в новых проектах 2024 года оценивается на уровне 87%<sup>4</sup> благодаря снижению стоимости ячеек и лучшей термобезопасности. NMC сохраняется в проектах с повышенной удельной энергией и ограничениями по площади.

Натрийионные решения перешли к ранней коммерциализации в КНР и начинают появляться в проектах мощностью 10–100 МВт, но пока занимают менее 2–3% новых вводов.

<sup>1</sup> China Energy Engineering launches record 25 GWh storage tender as prices hit historic low / Vincent Shaw. — Jun 26, 2025. — URL: [https://www.ess-news.com/2025/06/26/china-energy-engineering-launches-record-25-gwh-storage-tender-as-prices-hit-historic-low/#:~:text=Package%20%20\(1%2Dhour%20systems,technology%20maturity%20and%20cost%20control](https://www.ess-news.com/2025/06/26/china-energy-engineering-launches-record-25-gwh-storage-tender-as-prices-hit-historic-low/#:~:text=Package%20%20(1%2Dhour%20systems,technology%20maturity%20and%20cost%20control).

<sup>2</sup> Global BESS deployments soared 53% in 2024 / Iola Hughes, head of research, Rho Motion. — January 14, 2025. — URL: <https://www.energy-storage.news/global-bess-deployments-soared-53-in-2024/>.

<sup>3</sup> DOE Global Energy Storage Database. — URL: <https://gesdb.sandia.gov/statistics.html>.

<sup>4</sup> Global BESS deployments surpass expectations in 2024 / Rho Motion. — January 21, 2025. — URL: <https://rhomotion.com/news/global-bess-deployments-surpass-expectations-in-2024/>.

В сегменте длительного хранения (8–12 часов) реализуются коммерческие пилоты на базе проточных ванадиевых и воздушно-цинковых систем, а также термальных накопителей; их доля пока менее 1% по мощности. Средняя продолжительность хранения для новых СНЭ в 2024 году составила 2,5–4 часа, а средняя капитальная стоимость снизилась до \$250–350 за 1 кВт·ч на уровне системы, с локальными минимумами ниже \$200 за 1 кВт·ч для крупных проектов в Китае.

### Наиболее перспективные технологии хранения энергии

**Литийионные аккумуляторные батареи (ЛИАБ)** занимают лидирующие позиции за счет высокой эффективности и снижения стоимости. За последние 10 лет их цена снизилась на 86%, а к 2027 году ожидается дальнейшее удешевление до \$100 за 1 кВт·ч. Технология основана на обратимом перемещении ионов лития между катодом и анодом. Это обеспечивает плотность энергии 200–300 Вт·ч/кг, КПД до 95% и низкий саморазряд. Преимущества включают предсказуемость работы и зрелость технологии, а также широкий спектр применений — от электроники до электротранспорта.

Однако ЛИАБ требуют строгого соблюдения условий эксплуатации. Они чувствительны к температуре: если ниже -20 °С, то снижается их емкость, а если выше +45 °С, то ускоряется деградация. Для предотвращения перегрева и возгорания необходимы

системы термоконтроля и управления (BMS). Глубокая разрядка может снизить эффективность и ускорить износ. Важны также особые требования к утилизации, обусловленные химическим составом и экологическими стандартами.

**Натрий-серные (NaS) батареи** — технология стационарного накопления энергии, использующая расплавленные электроды: жидкий натрий (анод) и серу (катод), разделенные мембраной. При разряде ионы натрия проходят через мембрану и образуют полисульфиды (Na<sub>2</sub>S<sub>x</sub>). Для поддержания электролита в жидком состоянии элементы работают при температуре 300–350 °С, что требует постоянного подогрева, надежной теплоизоляции и сложной системы терморегулирования. Эти требования увеличивают капитальные и операционные затраты, удлинляют запуск системы (на разогрев уходит 1–2 дня) и ограничивают область применения преимущественно стационарными решениями с предсказуемой тепловой средой. Географически наибольший смысл такие системы имеют в жарком климате, где энергозатраты на подогрев минимальны.

Ключевые достоинства NaS-батарей — высокая объемная и удельная плотность энергии среди высокотемпературных электрохимических технологий, возможность полной разрядки без ускоренной деградации, устойчивость к перезаряду, длительный срок службы (до 15 лет) и доступность сырьевой базы. К ограничениям относят высокие рабочие

## Параметры различных аккумуляторных технологий хранения энергии

Параметр/технология	ЛИАБ	Натрий-серные (NaS)	Проточные редокс-батареи	Суперконденсаторы
Количество циклов	2000–10000	До 4500	10000–12000+	500000–1000000+
Эффективность, %	80–95	65–85	60–80	85–98
Капитальные затраты (\$/кВт·ч)	150–300	300–500	110–500	~10000
Время выдачи энергии	Минуты — часы	Часы	Часы — сутки	Секунды — минуты
Плотность энергии	200–300 Вт·ч/кг	200 Вт·ч/кг	~75 кВт·ч/м <sup>3</sup>	1,5–15 Вт·ч/кг
Температурные ограничения	от -20 до +60 °С Ресурс сокращается на 5–30% при длительном отклонении от диапазона	Требуют подогрева до +300–350 °С Сохраняют работоспособность в экстремумах, но временно теряют в КПД или емкости	от +5 до +40 °С Ресурс сокращается на 5–30% при длительном отклонении от диапазона	от -40 до +85 °С Сохраняют работоспособность в экстремумах, но временно теряют в КПД или емкости
Типичные сферы применения	Электротранспорт, распределительные и питающие сети, ВИЭ, коммунальные потребители, электрические приборы	Электротранспорт, распределительные и питающие сети, ВИЭ, временной сдвиг, резервное питание (телеком. системы)	Распределительные и питающие сети, сетевые накопители энергии, ВИЭ, временной сдвиг	ИБП в промышленности, электротранспорт, ВИЭ, коммунальные потребители



температуры, требовательность к герметичности и материалам из-за коррозионной активности расплавов при контакте с воздухом, а также повышенные требования к промышленной безопасности и обслуживанию.

NaS-аккумуляторы привлекательны для сценариев долгосрочного хранения энергии, сглаживания суточных и недельных дисбалансов ВИЭ, а также для сетевых услуг высокой продолжительности, где ценится высокая плотность энергии и глубокая разрядка без деградации.

**Проточные редокс-батареи (ПРБ)** — системы накопления энергии с жидкими электролитами и редокс-активными парами, циркулирующими через ячейки с ионообменной мембраной. Они позволяют масштабировать мощность и емкость: мощность зависит от площади и числа ячеек, а энергия — от объема резервуаров. Это делает ПРБ идеальными для длительного хранения энергии от ВИЭ, сглаживания суточных профилей генерации и гибкости сети.

Основной тип ПРБ — ванадиевые системы (VRFB), составляющие около 95% рынка. Они надежны, имеют длительный ресурс и предсказуемую деградацию, но работают в узком температурном диапазоне (+5... +40 °C). При охлаждении или перегреве возникают риски кристаллизации и роста гидравлических потерь. Альтернативные системы, такие как цинк-бромовые и органические, расширяют температурные окна и могут снизить стоимость материалов, но пока уступают VRFB по стабильности.

Капитальные затраты высоки (\$500–1000 на 1 кВт·ч), но компенсируются длительным сроком службы, низкой пожароопасностью и гибкостью конфигурации. Ванадий доступен как побочный продукт металлургии, а цинк и бром имеют масштабную сырьевую базу.

**Суперконденсаторы** — устройства для накопления энергии, где заряд хранится электростатически на границе электрод/электролит без химических реакций. Они обладают высокой удельной площадью поверхности и рекордно быстрой зарядкой/разрядкой (до секунд), а также ресурсом свыше 1 млн циклов. Их преимущества включают высокую удельную мощность, быструю зарядку, длительный срок службы и широкий диапазон рабочих температур. Однако низкая плотность энергии (1,5–15 Вт·ч/кг) и повышенный саморазряд ограничивают их применение.

Каждая технология занимает свою нишу, определяемую физическими ограничениями. Литийионные СНЭ доминируют там, где важны компактность и мобильность (электромобили, гаджеты). NaS-системы экономически оправданы для крупных сетевых хранилищ в жарком климате, несмотря на энергозатраты на подогрев. Проточные батареи решают проблему сезонного хранения энергии для ВИЭ благодаря масштабируемости и долговечности. Суперконденсаторы служат «энергетическими амортизаторами» для задач, требующих мгновенной мощности. Гибридные решения (например, литийионные батареи + суперконденсаторы в электробусах) объединяют преимущества технологий, компенсируя их слабые стороны. Эта дифференциация объясняет нишевое применение

технологий: например, суперконденсаторы незаменимы в Арктике, а VRFB-системы перспективны для солнечных электростанций в пустынях, где перепады температуры достигают 50 °С в сутки.

### Применимость технологий накопления энергии по задачам использования в электроэнергетике

Выбор технологии зависит от места установки относительно счетчика, профиля нагрузки и требуемой длительности отдачи. На оптовом рынке и в сетях приоритет — системная надежность и управление мощностью; у потребителей за прибором учета — сглаживание пиков, качество электроснабжения и интеграция распределенной генерации.

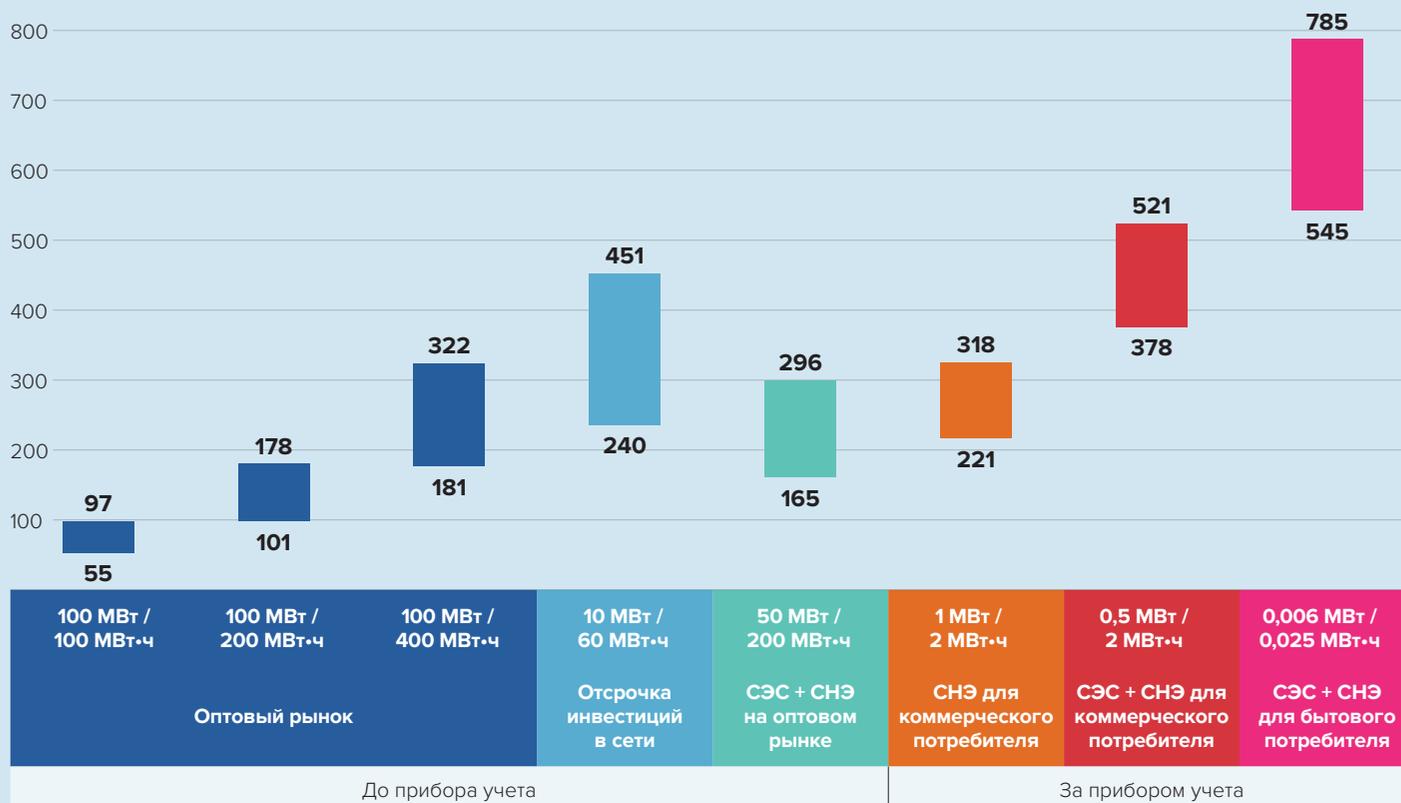
Накопители закрывают разные задачи: в составе энергосистемы они обеспечивают регулирование частоты, баланс ВИЭ и резерв, за счетчиком

на стороне потребителей сглаживают пики и повышают надежность. ЛИАБ — базовый стандарт для секундно-минутных и часовых сервисов и интра-часовой волатильности; проточные и NaS предпочтительны для 4–8(12)-часового сдвига, высокой цикличности и работы в жарком климате, при этом NaS выигрывают за счет компактности. Суперконденсаторы дают сверхбыстрый отклик и улучшают качество электроэнергии, но не заменяют энергоемкие решения. В системах СЭС + СНЭ лучшая эффективность достигается гибридными решениями: ЛИАБ или NaS закрывают энергопрофиль на часы, а суперконденсаторы гасят кратковременные возмущения. Экономика улучшается с масштабом: крупные проекты порядка 100 МВт на 1–4 часа достигают ориентировочной стоимости в \$55–322 за 1 кВт·год при мультисервисе, тогда как в распределенной и бытовой установках стоимость выше, а в домохозяйствах максимальна — около \$545–785 за 1 кВт·год из-за отсутствия масштаба и ограниченного профиля

## Применимость технологий накопления энергии

Сегмент	Цели/эффекты	ЛИАБ	Натрий-серные (NaS)	Проточные редокс-батареи	Суперконденсаторы
<b>Оптовый рынок (до прибора учета)</b>	Регулирование частоты, баланс ВИЭ, резерв мощности	Стандарт для секундно-минутных и часовых сервисов	Закрывают 4–8 ч. (суточный сдвиг), устойчивы к температуре, компактны	Оптимальны для 4–12 ч. (высокая цикличность, глубокая разрядка)	Сверхбыстрый отклик для подавления кратковременных возмущений
<b>СЭС + СНЭ (оптовый рынок)</b>	Сглаживание неравномерного характера генерации ВИЭ, выполнение графиков	Решение интрачасовой волатильности (до нескольких часов)	Вечерний сдвиг (4–8 ч.), преимущество в компактности	Вечерний сдвиг (4–8 ч.), работа при жаре	Подавление фликера, поддержание напряжения
<b>Коммерческие потребители (за прибором учета)</b>	Снижение пиков потребления мощности, сетевых платежей, повышение надежности	Базовый выбор	Эффективны при стабильном вечернем пике и температурных колебаниях	Выгодны при высокой цикличности и длительном разряде	Компенсация кратких провалов, пусковых токов
<b>СЭС + СНЭ для бизнеса</b>	Снижение собственного потребления из внешней сети, покрытие пиков потребления мощности	Закрывают 1–3 ч.	Оптимальны для 4–6 ч. (стабильная емкость)	Оптимальны для 4–6 ч. (стабильная емкость)	Улучшение качества энергии (не заменяют энергоемкие системы)
<b>Домохозяйства</b>	Сглаживание вечерних пиков графика нагрузок, резерв, автономность	Наиболее доступны и компактны	Возможны в сложном климате / на удаленных объектах (требуют контроля безопасности)	Редко (габариты), но подходят фермерским хозяйствам	Защита от микроперебоев в гибридных инверторах
<b>Общие выводы</b>		Быстрые и часовые сервисы	Многочасовой сдвиг (4–8 ч.), компактность	Многочасовой сдвиг (4–12 ч.)	Сверхбыстрый отклик, улучшение качества энергии

## Проектная эффективность технологий по задачам использования СНЭ



Приборы учета для расчета электроснабжающей организации с потребителями электроэнергии на границе раздела сети (по балансовой принадлежности)

«До прибора учета» — энергия, отпущенная в сеть; «За прибором учета» — энергия в пользовании потребителя

Источник: анализ АЦ ТЭК, Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis

использования. Оптимизация достигается правильным выбором длительности хранения, совмещением источников дохода и интеграцией с сетью, что особенно важно вне оптового сегмента.

### Опыт эксплуатации систем накопления энергии в России: региональные кейсы и технологические уроки

Российский рынок систем накопления энергии, несмотря на нормативные лакуны, развивается стремительно. По данным АЦ ТЭК на основе открытых источников, уже реализовано порядка 30 проектов суммарной емкостью свыше 17 МВт·ч. География — от арктических широт до южных регионов; применение — под локальные задачи. Накопившийся портфель прикладных решений демонстрирует несколько направлений эксплуатации.

Первое направление — резервирование и источники бесперебойного питания (ИБП) для потребителей. В этой категории крупные городские объекты и технопарки используют ЛИАБ как высокодоступный ИБП с функциями мгновенного ввода в работу. В Сочи

«Россети» развернули комплекс мощностью 2700 кВА с емкостью 3500 кВт·ч, обеспечивающий бесперебойность питания потребителей инфраструктуры и сглаживание пиков. Аналогичная задача решается в Москве в инновационном центре «Сколково», где система мощностью 2400 кВА и емкостью 2000 кВт·ч страхует технологическую нагрузку кампуса. В Омске у «Россетей» установлен ИБП на 1200 кВА и 1000 кВт·ч для поддержки потребителей распределительной сети, снижая риски перебоев и потери качества напряжения. Эти проекты показывают, как ЛИАБ переходят из роли резервов на генерации к роли сетевых ИБП ближе к нагрузке, обеспечивая качество электрической энергии у конечных потребителей.

Второе направление — повышение операционной эффективности и надежности электроснабжения предприятий и сетевой инфраструктуры. Здесь характерны проекты компании «СНЭ. Коммерческий диспетчер» совместно с «РЭНЕРА». В Туле развернута система мощностью 750 кВт и емкостью 798 кВт·ч, работающая на выравнивание профиля нагрузки, снижение пиковых мощностей и оперативную поддержку качества напряжения. Схожий по назначению

комплекс в Подольске (312,5 кВт, 399 кВт·ч) решает задачи прохождения пиковых нагрузок, локального регулирования и быстрого резервирования технологических участков. На стороне сетевой компании в Смоленске «Россети» применяют ЛИАБ как инструмент оперативного управления распределительной сетью и повышения надежности на присоединениях, что снижает продолжительность и частоту перерывов электроснабжения и оптимизирует режимы трансформаторных подстанций.

Третье направление — интеграция солнечной генерации и работа с СЭС, где накопители выполняют функции сглаживания неравномерного характера выработки электроэнергии на СЭС. В Анапе в КЦО «СИБУР-Юг» применена система 312,5 кВт и 326,8 кВт·ч, которая поддерживает локальную СЭС, уменьшая объем потоков с внешней сетью и стабилизируя напряжение на шинах предприятия. На Бурзянской СЭС установлен значительно более емкий комплекс (750 кВт и 8000 кВт·ч) — это пример ориентации на длительное выравнивание графика генерации, суточный шифт и обеспечение предсказуемого профиля выдачи. В Верхоянском энергокомплексе АО «Сахаэнерго» накопитель 300 кВт и 1300 кВт·ч компенсирует флуктуации северной СЭС в изолированном режиме, снижая долю дизельной генерации в балансе. Отдельного упоминания заслуживает пилот ПАО «РусГидро» на острове Русский (30 кВт, 50 кВт·ч), где совмещены

литийионная и проточная технологии для отработки режимов сглаживания профиля и повышения долговечности в многократных циклах. В августе 2025 года принято решение ввести накопители электроэнергии в Крыму и Краснодарском крае. К июлю 2026 года планируется установить 350 МВт: 100 МВт — в Крыму и 250 МВт — в Краснодарском крае.

Четвертое направление — автономные и гибридные энергосистемы, где ЛИАБ поддерживают неравномерный характер выработки электроэнергии на ВИЭ, сокращая расход дизтоплива и повышая качество электроснабжения. В селе Кызыл-Хая в Республике Тыва комплекс СНЭ мощностью 100 кВт и емкостью 204 кВт·ч встроены в автономную гибридную электростанцию и обеспечивают балансировку при колебаниях генерации и спроса, а также быструю поддержку частоты и напряжения. В этом же классе находятся распределенные решения для резервирования социально значимых объектов сети 0,4 кВ на базе литийионных модулей мощностью порядка 20 кВт и емкостью 75 кВт·ч, которые закрывают задачу локальной надежности в малых населенных пунктах, где критична стоимость простоев и ограничен доступ к традиционным резервным источникам.

Совокупно эти проекты демонстрируют следующие закономерности. Во-первых, растет доля решений с комбинированными режимами, где один и тот же



накопитель одновременно выполняет функции ИБП, сглаживания пиков нагрузки и регулирования параметров сети, повышая коэффициент использования. Во-вторых, по мере перехода от пилотов к промышленной эксплуатации расширяется диапазон емкостей и длительности работы СНЭ — от высокомоощных кратковременных систем до часовых и многосуточных, как на Бурзянской СЭС.

### Основные барьеры для внедрения систем накопления энергии в России

Внедрение аккумуляторных СНЭ в России сталкивается с рядом барьеров: технологических, регуляторных, экономических и логистических. Эти ограничения усиливают друг друга и замедляют масштабирование проектов.

На технологическом уровне рынок находится в зачаточном состоянии. В стране отсутствует развитая производственная цепочка для СНЭ. Ключевые компоненты и материалы либо импортируются, либо производятся в ограниченных объемах, а местные технологии слабо освоены. Новые мощности по выпуску накопителей еще на стадии проектирования и строительства, что снижает доступность оборудования и увеличивает риски задержек. Утилизация также вызывает проблемы: для некоторых технологий нет безопасных методов переработки, а повторное использование материалов низкое. Это повышает экологические и операционные затраты. Низкая доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергосистеме РФ снижает экономическую целесообразность широкого внедрения СНЭ как инструмента балансировки. Без современных алгоритмов управления, точных измерений и стандартов интерфейсов эффективность СНЭ остается ограниченной.

Регуляторная среда не стимулирует спрос. Планы развития электроэнергетики ВИЭ и СНЭ носят ограниченный характер, обусловленный показателями их экономической эффективности относительно других видов генерации. Механизмы оказания услуг по обеспечению системной надежности с помощью СНЭ практически отсутствуют. Рынок мощности, частотно-регулирующие резервы, услуги по регулированию напряжения и инерции пока не допускают участие накопителей. Экономическая модель фактически сводит СНЭ к вспомогательному оборудованию на электростанциях, лишая их самостоятельной бизнес-логики. Ограничения на совмещение деятельности по передаче и торговле электроэнергией не позволяют сетевым компаниям владеть и управлять СНЭ, где они могли бы быть наиболее эффективными.

Экономические факторы усугубляют ситуацию. Капитальные затраты на строительство СНЭ остаются высокими, а доступ к финансированию ограничен. Недостаток экономических стимулов, таких как контракты на разницу, премии за регулирование, оплата системных услуг и ускоренная амортизация, делает

## Российский рынок систем накопления энергии, несмотря на нормативные лакуны, развивается стремительно. По данным АЦ ТЭК на основе открытых источников, уже реализовано порядка 30 проектов суммарной емкостью свыше 17 МВт·ч. География — от арктических широт до южных регионов.

экономику проектов неопределенной. Нет льготных тарифов на зарядку в периоды профицита генерации, что снижает маржу на арбитраже.

Логистические и сырьевые ограничения удлиняют сроки реализации проектов. Передача большой мощности на дальние расстояния требует высоковольтных подключений и значительных сетевых усиления, что удорожает проекты. В цепочке поставок лития наблюдается значительный географический разрыв: основные запасы сосредоточены за рубежом, а отечественные месторождения удалены от производств литийионных аккумуляторов. Это ведет к росту логистических затрат и сроков. Места установки накопителей часто находятся далеко от центров сервисной поддержки, что увеличивает операционные риски и стоимость жизненного цикла.

Все эти факторы создают замкнутый круг: отсутствие рынка системных услуг и стимулов сдерживает спрос, слабая локальная производственная база удерживает высокие издержки, а логистика и сырье добавляют неопределенности по срокам и стоимости. Для преодоления барьеров необходимо действовать по четырем направлениям: ускорить локализацию производства и переработки, создать регуляторную базу для участия СНЭ в рыночных и несетевых услугах надежности, внедрить адресные экономические стимулы и тарифные механизмы для зарядки и разрядки, а также развивать инфраструктуру и логистику для ключевых технологий накопления.

Увеличить спрос на СНЭ в России возможно за счет реализации механизмов управления спросом: внедрения гибких тарифов, программ участия в балансировке сети и нормативной базы, позволяющей потребителям монетизировать избыточную энергию. Стимулирование использования накопителей в пиковых и низконагрузочных периодах создаст экономическую выгоду для участников рынка и повысит привлекательность СНЭ как инструмента энергоэффективности.

Только комплексный подход позволит достичь эффекта масштаба, снизить стоимость и реализовать потенциал СНЭ в повышении надежности и эффективности энергосистемы.

# Всемирный атом

В Москве с 25 по 28 сентября прошел Международный форум «Мировая атомная неделя» (World Atomic Week, WAW), приуроченный к 80-летию атомной промышленности России. В нем приняли участие более 20 тыс. гостей из 118 стран. Центральной темой дискуссий стало развитие атомных технологий на ближайшие 100 лет. Также в числе тематических треков деловой программы были

промышленные инновации, доступная чистая энергия, передовая медицина, цифровизация, логистика, наука и образование и другие. На форуме выступили президенты Российской Федерации и Республики Беларусь, главы МАГАТЭ и Всемирной ядерной ассоциации, руководители государственных структур и крупных компаний из разных стран, ученые, представители общественных организаций.



## Владимир Путин

Президент Российской Федерации:

— Все больше стран, крупных компаний видят в мирном атоме важнейший энергетический ресурс для долгосрочного ускоренного развития. Последовательно формируется и отношение общества к атомной энергетике как к экологически чистой технологии, которая открывает огромные возможности. Очевидно, что для такой смены парадигмы есть фундаментальные причины. И это не только надежные решения, на основе которых создаются

передовые атомные энергоблоки. Важно и другое: наступает принципиально новый технологический уклад... Не без гордости можно сказать, что только Россия сегодня обладает компетенциями во всей технологической цепочке ядерной энергетики, а благодаря безопасности, устойчивости к внешним воздействиям атомные станции, построенные по российскому дизайну, являются самыми востребованными в мире.



## Сергей Кириенко

Первый заместитель руководителя Администрации Президента РФ, глава наблюдательного совета госкорпорации «Росатом»:

— Атомная энергетика — это отрасль, отличающаяся длительными циклами. Это требует большого взаимного доверия. И мы, Россия и «Росатом», всегда придерживались этого: строить с партнерами долгосрочные доверительные отношения, передавать технологии и знания, создавать совместные предприятия и вместе работать на рынках третьих стран. Мы уверены, что именно так, а не путем ограничений, эмбарго или санкций должны развиваться

современные технологии, приносящие процветание, безопасность и благополучие людям во всем мире.

Мы благодарим всех наших партнеров за доверие и сотрудничество. Современные атомные станции работают примерно 100 лет. Это означает, что договоренности, которые будут достигнуты на Мировой атомной неделе, будут определять судьбу нашей планеты как минимум до конца века.



## Александр Новак

Заместитель председателя правительства Российской Федерации:

— В этом году празднуется 80-летие нашей атомной промышленности, и я хочу поздравить всех с этим событием. Россия — признанный международный лидер атомной отрасли, и мы активно развиваем сотрудничество. Со многими странами строятся мощные электростанции. Мы развиваем атомную

отрасль в нашей стране. Президент России поставил задачу увеличить долю атома в энергобалансе с 20 до 25%, и эта задача реализуется. И наша государственная корпорация «Росатом» не только строит самые современные и мощные блоки в мире, но и активно развивается по всему миру.



### **Алексей Лихачев**

Генеральный директор госкорпорации «Росатом»:

— За последние несколько лет стало очевидным, что атомная энергетика — безальтернативная часть будущего энергетического баланса. В силу ее устойчивости, стабильности, предсказуемости, длительных сроков эксплуатации объектов и в силу комплексности положительного влияния на экономику и на технологический ландшафт все больше и больше стран

выбирают атомную энергетiku как путь развития. Атомная энергетика дает импульс для развития целого ряда смежных технологий. Но это требует осмысления. Сами по себе технологии не улучшают жизнь. Нужно изменение подходов, нужна новая идеология, философия равного доступа к современным результатам технологического прогресса.



### **Сергей Цивилев**

Министр энергетики Российской Федерации:

— Электроэнергетика становится главным фактором развития экономики и благосостояния граждан. Мы развиваем все энергоисточники, но особняком стоит атомная генерация. Мы поставили задачу построить 29 ГВт атомных мощностей к 2042 году. Малые АЭС востребованы по всему миру. Мы

подписали соглашение, и первые четыре блока в порядке совершенствования технологий будут поставлены на Баимский ГОК. После этого мы перейдем к серийному строительству малых АЭС как в России, так и в дружественных странах.



### **Рафаэль Гросси**

Генеральный директор МАГАТЭ:

— Для меня большая радость и честь быть с вами на этом очень важном мероприятии. И особую ценность и смысл имеет то, что мы находимся в столице страны, которая стояла у истоков развития

атомных технологий. Это хороший момент, чтобы объединиться и увидеть, что вместе мы можем двигаться лучше.



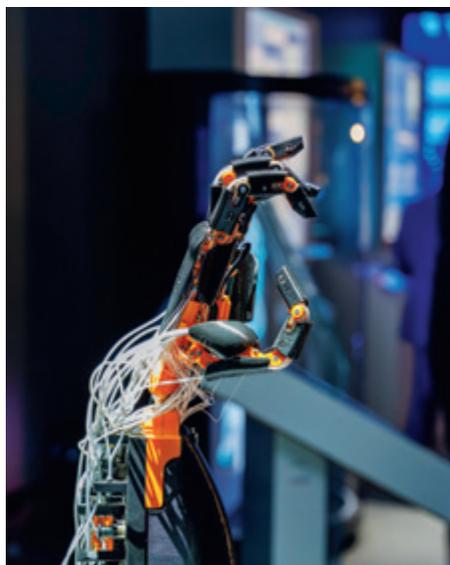
### **Самма Бильбао-и-Леон**

Генеральный директор Всемирной ядерной ассоциации:

— Путешествуя по миру и обсуждая будущее чистой энергетики, я общаюсь с политиками, финансистами, крупными потребителями энергии — технологическими компаниями и промышленными предприятиями. И мы все согласны с тем, что атомная энергетика должна остаться ключевым компонентом роста и развития. Настал момент,

когда всем нам и многим другим коллегам по всему миру необходимо работать действительно сообща, чтобы добиться как минимум утроения глобальной ядерной мощности. Потому что мир нуждается в этом источнике чистой энергии в режиме 24/7 для развития, прогресса и повышения качества жизни всех людей на планете.

## Вспоминаем яркие моменты WAW-2025



Сканируйте QR-код и увидите больше фотографий экспозиции и мероприятий WAW-2025

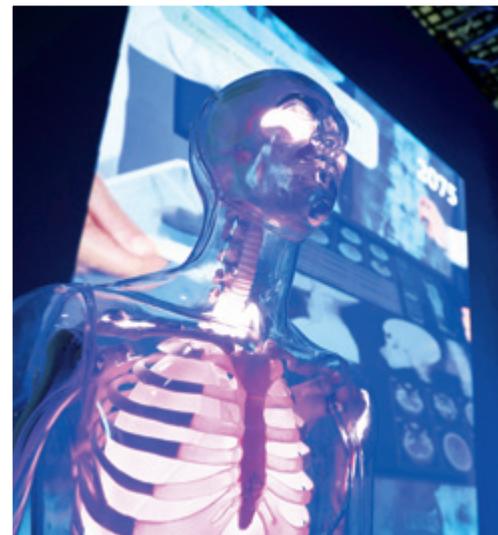




Фото: газета «Страна Росатом» / Александр Чикин, Алексей Башкиров



Текст: Алексей Комольцев

Фото: газета «Страна Росатом» / Александр Чикин

# Спектр сверхпроводимости

*Специалисты Бочваровского института ведут исследования и разработки по различным направлениям в области технологий сверхпроводников*



**Институт им. А. А. Бочвара обладает компетенциями мирового уровня в области технологии низкотемпературных сверхпроводников и является равноправным членом научно-технической кооперации предприятий «Росатома», организаций РАН, Курчатовского института, ведущих вузов страны, созданной более 50 лет назад и являющейся основой российской отрасли технических сверхпроводников.**

Использование явления сверхпроводимости (то есть способности материалов пропускать ток без энергетических потерь, что дает, например, возможность создавать сверхмощные магнитные системы или кабельные линии, которые могут передать колоссальные потоки энергии, практически не занимая места и идеально вписываясь в плотную городскую застройку) непрерывно тревожит умы ученых, которые упорно ищут возможности внедрить сверхпроводники в нашу реальность. К сожалению, пока известные сверхпроводники, из которых можно изготовить необходимые технические устройства, проявляют свои удивительные свойства лишь при температурах, близких к температуре жидкого гелия, — это так

называемые низкотемпературные сверхпроводники, или при температуре жидкого азота — это высокотемпературные сверхпроводники.

Общей мечтой всех исследователей является открытие так называемой комнатной сверхпроводимости. Теория гласит, что это возможно.

## НТСП: улучшение характеристик

Низкотемпературные сверхпроводники (НТСП) на основе ниобий-титанового сплава — важнейший компонент для создания научно-исследовательских установок в области физики высоких энергий, ускорительных комплексов и др. Направление ниобий-титановых сверхпроводников хорошо изучено, наработана большая эксплуатационная практика — именно эти сверхпроводники используются в большей части изделий, как в уже действующих, так и в перспективных образцах ускорительной техники. Такие сверхпроводники, произведенные в России (в городе Глазове, на ЧМЗ) по технологиям Бочваровского института, поставлены для сооружения магнитной системы ИТЭР, российского коллайдера NICA. Также они предложены для немецкого проекта международного ускорительного комплекса — Центра

по исследованию ионов и антипротонов (FAIR, Facility for Antiproton and Ion Research) — для эксперимента PANDA. Особенностью этих сверхпроводников является в первую очередь достижение высокой токонесущей способности.

Второе направление разработок в области НТСП — материалы на основе соединения станид триниобия ( $Nb_3Sn$ ). Эти разработанные специалистами Бочваровского института сверхпроводники были также изготовлены на промышленном предприятии, входящем в АО «ТЭВЛ» (АО «ЧМЗ»), из них в АО «ВНИИКП» были изготовлены токонесущие элементы (кабели в оболочке), которые и были поставлены на площадку ИТЭР. По признанию международной команды, российских сверхпроводники — одни из лучших в мире.

Сейчас специалисты разрабатывают новое поколение  $Nb_3Sn$ -сверхпроводников. Опытные партии таких сверхпроводников уже изготовлены и направлены в ЦЕРН. Однако прогресс не стоит на месте, и сейчас физикам и разработчикам сверхмощных магнитных систем устройств физики высоких энергий требуются  $Nb_3Sn$ -сверхпроводники с еще более высокими характеристиками, которые необходимы для создания Кольцевого коллайдера будущего (FCC, Future Circular Collider) — нового ускорителя частиц, который, как ожидается, придет на смену Большому адронному коллайдеру (БАК) к 2040-м годам. Именно в этом направлении развивается индустрия сверхпроводников в мире. Основной задачей является достижение повышенных характеристик сверхпроводников. В первую очередь требуется повысить величину токонесущей способности, которая должна быть не менее 1,5 кА в магнитном поле 16 Тл (токонесущая способность и магнетизм взаимосвязаны, поскольку магнитное поле «мешает» сверхпроводимости). Эффективный размер волокна должен быть менее 60 микрон, а важный для сверхпроводника параметр RRR (residual resistance ratio: отношение сопротивлений образца, измеренных при комнатной и гелиевой температурах) — более 150 единиц. На сегодняшний день нигде в мире не получен сверхпроводник с характеристиками, отвечающими всем этим требованиям. Но в целом есть понимание, что возможности традиционных методов производства почти исчерпаны.

Сейчас мировые лидеры индустрии сверхпроводимости все более активно переключаются на поиск новых способов получения сверхпроводников — например, обратились к методам порошковой металлургии. Так, интенсивно развиваются работы по модернизации известного ранее метода «порошок в трубе», в котором предложено использовать внутреннее окисление. Для этого в исходный ниобий, используемый для получения трубных волокон, добавляют не только тантал, который увеличивает устойчивость к повышению магнитного поля, но и цирконий или гафний, которые в процессе реакционной термообработки взаимодействуют с кислородом, поступающим из внутреннего источника порошкового олова (содержащего и добавки порошка диоксида олова). Эти элементы могут образовать оксидные включения

в виде наночастиц, которые, являясь дополнительными центрами пиннинга, способствуют увеличению токонесущей способности.

В Бочваровском институте работа по этому направлению ведется активно. Уже отработаны процессы получения исходных ниобиевых слитков с равномерным распределением легирующих элементов. Весь дальнейший технологический процесс тоже сложен и требует научного подхода и высочайшей производственной культуры. Например, одна из основных операций при изготовлении сверхпроводников — волочение композиционных прутков. Металл на растяжение работает хорошо, но, если это не проволока, а трубка с порошком внутри, такое изделие при растяжении требует особого подхода. Его можно изготовить лишь при глубоком понимании процесса пластической деформации, так как необходимо учитывать взаимодействие компонентов, отличающихся механическими и физическими свойствами. Композит нельзя отжигать для снятия напряжений и восстановления деформационной способности из-за присутствия легкоплавкого олова, и поэтому рекристаллизационный отжиг трубной оболочки можно проводить только до заполнения порошком. Режимы деформации и термообработки тоже отработываются, чтобы добиться равномерного распределения легирующих частиц: рассчитывается оптимальное содержание диоксида и лигатур в порошке, варьируется режим термообработки. Даже когда одноволоконный сверхпроводник получился качественным, нужно решать такие же проблемы и при деформации композиционных многоволоконных прутков.

### **ВТСП: новые подходы**

Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) были открыты в 1986-м, индустрия моложе по сравнению с НТСП, а сложностей не меньше. Достоинство ВТСП в том, что они могут работать при более высоких температурах, поскольку находятся в сверхпроводящем состоянии уже при температуре кипения жидкого азота. Форма ВТСП тоже отличается: если традиционный НТСП — это проволока с круглым сечением, то высокотемпературный — это лента, как правило стальная, с нанесенным на нее ориентированным слоем сверхпроводящей керамики.

Технология производства ВТСП тоже весьма сложна и состоит из следующих операций: стальная лента медленно перематывается с катушки на катушку, проходя специальные камеры, в которых на нее последовательно наносятся ориентированные буферные и сверхпроводящие слои керамики, далее полученная композиционная лента покрывается серебром и медью. Технология сложная и дорогая, известно, что в этом изделии лишь 10% стоимости составляют материалы, остальное — производство, включая дорогостоящее оборудование.

Основной метод напыления, освоенный в промышленности, — лазерная абляция, при которой излучение высокой мощности фокусируется на поверхность

## При снижении стоимости производства и эксплуатации сверхпроводники позволят если не создать новый, то радикально улучшить имеющийся технологический уклад. Внедрение этих технологий приведет к замене традиционного оборудования на более эффективное сверхпроводящее.

твердой мишени, нагревает ее и приводит к взрывообразному испарению вещества, которое конденсируется на подложке. Метод этот в целом отработан, но он очень малопроизводителен. При лазерной абляции формирование направленной текстуры и кристаллизация происходят практически одновременно (*in situ*), но очень медленно, что также делает технологию дорогой.

Поэтому в Бочваровском институте сейчас начата отработка другого, более производительного подхода: использование магнетронного напыления ВТСП с последующей кристаллизацией. Мишень подвергается не лазерному нагреву, а действию магнетронов — устройств, направляющих микроволновую энергию электронов. При этом испаряемое вещество оседает на подложку, но аморфным слоем. Для создания требуемой текстуры проводится направленная кристаллизация, для этого на следующем этапе аморфный слой в кислородной среде, при заданной температуре, под давлением кристаллизуется, то есть как бы «пересобирается» в структуру с требуемой ориентировкой кристаллитов. Формируется сверхпроводящий слой толщиной всего 1 микрон, что достаточно для хорошей токонесущей способности.

Экспериментальная установка, которой располагает Бочваровский институт, оснащена тремя магнетронами, есть и лабораторное компактное устройство для направленной кристаллизации. Первые эксперименты показали, что напылять слои с требуемой стехиометрией уже удастся, как и получить фазу нужной ориентировки при перекристаллизации. Но до перехода к промышленному масштабированию еще многое надо проработать. Поэтому готовится к работе новая установка, в которой исходная лента будет наматываться с бобины, проходить последовательно шесть магнетронов и несколько камер, в которых будет идти перекристаллизация и нанесение защитных слоев. На приемную бобину будет наматываться готовый сверхпроводник. Таким образом будет осуществлена возможность создания промышленной установки с производительностью, существенно превосходящей лучшие мировые аналоги.

В институте также созданы мишени всех нужных типов — для нанесения сверхпроводящих и буферных

слоев. В технологии их получения тоже много тонкостей и сложностей. Например, исследуется способ легирования материала мишени оксидом цирконата бария с целью формирования в его составе наночастиц, повышающих токонесущую способность изделия. Есть еще интересный подход — использование свойств нестехиометрии, то есть комбинации введения нескольких добавок, которые встраиваются в пустоты кристаллической решетки материала, что позволяет модифицировать структуру и состав материалов ВТСП с сохранением базовых свойств и дополнением новых качеств. Большое значение в этом направлении работы играет взаимодействие с Курчатовским институтом. Задача, которую решают специалисты, — это поиск возможности увеличить диаметр керамических мишеней до 200 мм, что может повысить производительность и позволит перейти к промышленному масштабированию технологии. Также разрабатывается технология получения металлических цирконий-иттриевых мишеней различных форм.

Большая работа проводится для совершенствования процесса получения ленты-подложки. Отрабатывается вся технология изготовления ленты как из аустенитной стали, так и из хастеллоев — группы сплавов на основе никеля с высокой стойкостью к коррозии. Технология включает в себя переработку материала начиная от слитка и до готовой ленты толщиной 100 микрон с исключительно гладкой поверхностью. Грубый прокат заготовок осуществляется в условиях предприятия-партнера, а наиболее ответственная операция — тонкий подкат с очень большим вниманием к культуре производства — в условиях института. В настоящее время идет оснащение нового стана плоского проката и дополнительного оборудования, чтобы замкнуть весь процесс.

### Наступать широким фронтом

В Бочваровском институте работают и над другими, так называемыми среднетемпературными сверхпроводниками: на основе диборида магния ( $MgB_2$ ) и на основе пниктидов.

Применение диборида магния имеет свою нишу — например, из этого материала сделаны токовводы для ускорителя Большого адронного коллайдера. Они же использованы в уникальной российской экспериментальной комплексной магистрали с «водоричеством», в которой проводник электроэнергии совмещен с подачей жидкого водорода, создающего нужную температуру, такой объект реализован российскими разработчиками из ВНИИ кабельной промышленности. В Бочваровском институте получают одноволоконные проводники на основе  $MgB_2$  с достаточно хорошей токонесущей способностью в полях до 2 Тл, сопоставимой с мировым уровнем. Тонкость технологии состоит в том, чтобы не допускать при синтезе соединения выделения оксидов по границам зерен, это снижает токонесущую способность. В настоящее время ведется отработка технологии получения многожильных композиционных проводов на основе диборида магния.

Сверхпроводящие пниктиды тоже считаются интересными и перспективными материалами. Многочисленный класс пниктидов включает элементы 15-й группы периодической таблицы, такие как азот, фосфор, мышьяк, сурьма, которые, окружая атомы железа, создают чередующиеся слои в кристаллической решетке. Однако в них существует проблема подавления магнетизма, который, как известно, мешает сверхпроводимости. Помощь в решении этой проблемы оказывает Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН), где синтезируют соединения с требуемыми свойствами. А специалисты Бочваровского института помещают полученные в виде порошков соединения в металлические оболочки, чтобы методом сборки и деформации изготовить сначала одноволоконные, а затем и многоволоконные сверхпроводники. Здесь тоже есть ряд вопросов по конструированию — толщине и материалу оболочки, режимам ТМО и др. В настоящее время на основе одного из пниктидов уже отработан процесс и получены образцы сверхпроводников, содержащих в одном проводе 40, а в другом — 31 волокно.

### Почему игра стоит свеч

Даже небольшой обзор показывает, что сверхпроводимость — это сложно и дорого, проходят годы ожиданий и надежд, существуют и риски не дожидаться практических результатов. В то же время это очень заманчивая перспектива, поскольку при снижении стоимости производства и эксплуатации сверхпроводников они позволят если не создать новый, то радикально улучшить имеющийся технологический уклад. Внедрение этих технологий приведет к замене традиционного оборудования на более эффективное сверхпроводящее. Например, ЛЭП станут менее материалоемкими за счет устранения потерь на сопротивление. Любой сверхпроводящий генератор эффективнее обычного, сверхпроводящий электропривод — компактнее.

С развитием сверхпроводимости связаны и другие возможные изменения структурного характера, появление новых технологических направлений.

Сверхпроводимость — это ключ к термоядерной энергетике: применение более эффективных сверхпроводников позволит изготовить компактные установки (токамаки), в которых надо будет удерживать уже не 6-метровое, как в ИТЭР, кольцо плазмы, а намного меньшее, диаметром в 2–3 м. Например, в перспективном токамаке с реакторными технологиями (ТРТ) предполагается использование электромагнитной системы на основе ВТСП. Если такая энергетическая установка окажется не слишком сложной в эксплуатации, эта разработка может стать основой промышленных термоядерных источников энергии. Запуск ТРТ планируется на 2030 год, а для сверхпроводящей обмотки магнитной системы для него потребуется около 8 тыс. км сверхпроводников, причем готовы они должны быть уже к 2028 году, что потребует серьезной интенсификации их производства.



Сверхпроводники необходимы для создания квантовых компьютеров. НТСП применяются, чтобы подводить сигнал к кубитам и при этом минимизировать их нагрев (чреватый помехами). Для этого и используются сверхпроводящие кабели, которые обладают низкой теплопроводностью и не имеют электрического сопротивления.

Сверхпроводимость позволит создать новые накопители энергии: индуктивный накопитель энергии представляет собой тороидальный криостат диаметром несколько метров, по виткам обмотки которого практически без потерь циркулирует ток. В нужный момент этот запас энергии может быть направлен в сеть.

Также сверхпроводники необходимы для создания сверхскоростного транспорта на магнитном подвесе, скорость которого значительно превышает предел скорости обычного рельсового поезда на электрифицированной магистрали, которая составляет ~350 км/ч.

### Итак...

Как показано выше, очень важно сохранять и укреплять лидерство в области сверхпроводимости, обеспечив институту им. А. А. Бочвара возможность продолжать исследования во всем спектре этой проблематики. Для удержания лидерских или сопоставимых с мировыми позиций, которые достигнуты в Бочваровском институте, необходимы дальнейшие поиски — и вложения в материально-техническую базу института как для новых НИР и ОКР, так и для перехода уже отработанных технологий от лабораторных к промышленным масштабам производства.

# Во вторую очередь

Мощности по выпуску композитов на заводе «Росатома» в Мордовии утроились

**Композитный дивизион «Росатома» в конце августа этого года запустил в Центре полимерных композитов в мордовском городе Рузаевке вторую очередь, которая увеличила мощности предприятия более чем в три раза (с 1200 до 3900 тонн композитов в год), и организовал передел по созданию готовых изделий — мостов, пешеходных переходов и проч. Тем самым дивизион достроил технологическую цепочку в сегменте стеклокомпозитов.**

## От бобины до склада

В цехе, где стоят три пултрузионные линии, светло, просторно и немного пахнет смолами, поэтому сотрудники работают в масках. Мы наблюдаем за выпуском лаг, пользующихся огромным спросом у свиноводов. На такие лаги на фермах укладывают решетчатый пол, по которому ходят свиньи. Раньше их делали из металла, но отходы, падающие сквозь решетки, — это настолько агрессивная среда, что лаги приходилось менять каждые три-пять лет. Композиты к отходам устойчивы, выдерживают лет по 15, а по физико-механическим свойствам сопоставимы с традиционными материалами, так что выпускают их непрерывно, спрос большой.

Все начинается с бобин со стекловолокном — пучками стекловолокон. Ровинг пропускается через круглые отверстия нескольких формообразующих решеток, к ним добавляются стекломаты (широкие ленты из стекловолокна), они занимают заданное технологами место, обеспечивая жесткость и прочность в нужных местах. Все заводится в фильеру, соединенную с инъекционным боксом. Это хромированная для лучшего скольжения формообразующая оснастка. Туда же подается полиуретановая смола

с различными добавками. Все нагревается до заданной температуры. В фильере смола полимеризуется и затвердевает, изделие приобретает заданную форму. Производство на линии идет «в два ручья» — две лаги выпускаются одновременно.

Из фильеры каждое изделие тянут два пулера — устройства, которые по очереди захватывают лагу и перемещаются с ней. Когда датчик фиксирует, что она достигла определенной длины, ее обрезает пила, оснащенная системой аспирации. Она сдувает и собирает стружку, образующуюся при обрезке.

На соседней линии в это время изготавливают шумоотражающие панели. Их используют для сооружения шумоизоляционных экранов вдоль дорог, особенно нижнего метра: металлические экраны там быстро корродируют от грязи. Панелями также можно обшивать стены цехов и ангаров. Так построен склад готовой продукции Центра полимерных композитов.

Поскольку панелям такая прочность и жесткость, как для лаг, не нужна, техпроцесс немного отличается. Ровинг и маты пропитываются не полиуретановой, а полиэфирной смолой и не в инъекционном боксе, а перед заходом в фильеру в специальной ванне.

Третью линию в цехе в тот день запускать не стали, чтобы гостям, знакомившимся с новой очередью, было удобно и безопасно. Всего на предприятии восемь производственных линий, пять — в цехе первой очереди предприятия.

Для разных изделий инженеры разработали более 50 фильер, их под заказ выпускает одно из мордовских предприятий. Основное сырье для композитов — стекловолокно, стекломаты и смолы — российские, присадки для придания нужных свойств смолам частично зарубежные. Линии тоже импортные, но Композитный дивизион уже изучает возможности спроектировать и изготовить их в России.

## Выставка возможностей

Когда выходим из производственного цеха, наш гид, исполнительный директор Центра полимерных композитов Владимир Кечемайкин, обращает внимание на настил, по которому мы доходим до асфальтовой дорожки. Композитная конструкция покрыта износостойким полимером и кварцевым песком. Благодаря ему поверхность становится нескользящей. Такие настилы для пешеходных переходов, которые легче монтировать, чем традиционные резинокордовые, — часть совместного с Куйбышевской железной дорогой

## Цифра

**~ 1 млрд руб.**

инвестиции во вторую очередь  
предприятия

проекта по развитию инноваций. Предварительные испытания прошли, теперь настали проверять в «Российских железных дорогах». Если все пройдет хорошо, ими оборудуют железные дороги по всей стране.

В соседнем цехе механической обработки — фрезерные и торцевальные станки. Там заготовки обрабатывают, делают в них технологические отверстия и собирают конструкции — лестницы, мосты, переходы, смотровые площадки для промпредприятий. «Если в цехе с агрессивной химической средой металлические мостки надо менять каждые 3–5 лет, то композитные точно будут выгоднее, потому что наши выдерживают по 50 лет», — рассказывает Владимир Кечемайкин. Выдерживают композитные строительные материалы и экстремальные температуры — от –60 до +60 °С. На предприятии установили разрывную машину с климатической камерой, где они проходят испытания.

Пешеходные мосты пользуются спросом у муниципалитетов. Так, в 2023 году был построен композитный пешеходный мост в селе Чусовом Свердловской области. По нему могут не только ходить люди, но и в экстренном случае машины скорой медицинской помощи проехать. Делают на предприятии и столбы для фонарей. Вандалов, как уверяет исполнительный директор, они не боятся, руками или ногами их не сломать, а от кувалды или автомобиля пострадает и металлический, и бетонный столб. Перспективное направление — обшивка вентиляторных градирен, дивизион ее запатентовал. Предполагается, что композиты смогут заменить металл.

Для градирен у Центра полимерных композитов есть еще один продукт — полипропиленовые сетки для оросительных устройств башенных и вентиляторных градирен. Их поставляли из Германии, но из-за санкций импорт прекратился. Российские инженеры

### Артем Здунов

Глава Республики Мордовия:

“

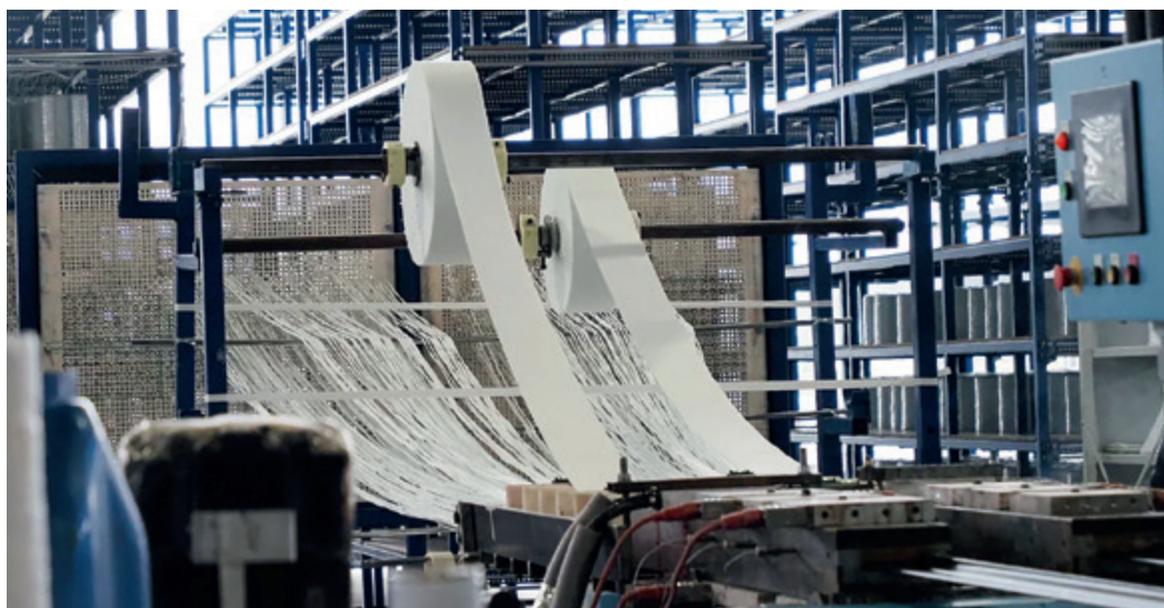
Композиты — это материалы нового времени, за ними будущее, и очень хорошо, что мы занимаемся будущим. Теперь мы должны заниматься подбором кадров, обучением, расширением рынков сбыта, в том числе зарубежных. Рост надо поддерживать, это большая совместная работа

”

разработали аналог, оптимизировав конструкцию: при тех же параметрах теплосъема вес ниже. Изготавливают их на роботизированном термопласт-автомате. Первые блоки из сеток установили в мае этого года в градирню Нововоронежской АЭС. Оросительные устройства — расходный материал, их надо менять каждые пять-шесть лет, поэтому на предприятии намерены запустить еще несколько автоматов.

Среди клиентов Центра полимерных композитов предприятия «Росатома», «РусГидро», РЖД, Росавтодор, муниципалитеты. Поиск новых ниш и сфер применения продолжается, правда, клиентов, привыкших к решениям на базе металла, сетует Владимир Кечемайкин, часто приходится убеждать в выгоды композитов.

В Композитном дивизионе, цель которого — активно развиваться и выпускать новые продукты, рассчитывают на рост сегмента строительных композитов и уже думают о строительстве новых мощностей.



# Как вырастить «электроевангелиста»?

*Кому, зачем и как сегодня нужно рассказывать о преимуществах электротранспорта*

**Электродвижение — с недавних пор уже не просто локальный тренд в среде убежденных экозащитников. Благодаря развитию технологий, мировой парк «электричек» растет быстрыми темпами, а за ним спешно подтягивается и вся необходимая для электротранспорта инфраструктура. И это отличный повод поговорить с представителями отечественных компаний, работающих в этом секторе, и узнать, почему просветительские проекты являются важной частью их маркетинговой стратегии, а также как, кому и почему сегодня нужно рассказывать о преимуществах электротранспорта. Мы нашли таких собеседников среди постоянных спикеров Информационных центров по атомной энергии.**

Динамика развития электродвижения в мире впечатляет: за последние пять лет парк электрических транспортных средств на планете увеличился в 9,5 раза и к концу 2024 года перешагнул отметку в 20 млн единиц. В России темпы пока не такие впечатляющие, но тем не менее в период с 2015 по 2023 год совокупный среднегодовой темп роста количества всех зарегистрированных в РФ электромобилей составил 134,8%, а за прошлый год в нашей стране было продано более 17 тыс. новых электромобилей.

Вполне объяснимо, что этот взрывной рост привлек внимание самых разных игроков — от крупных компаний с государственным участием до небольших стартапов. Так, по словам основателя российского оператора сети зарядных станций для электрического транспорта Voltfuel Артема Тачкова, юридическое лицо было создано в 2021 году, а уже в июле следующего года на улицах появились первые зарядки под



брендом компании. «Параллельно мы занимались разработкой программного обеспечения для управления ими. И сегодня специализируемся на предоставлении услуг по созданию зарядной инфраструктуры под ключ — от подбора локации и разработки проектной документации до строительства объекта, его обслуживания и управления им на базе собственных ИТ-решений (что по-английски называется *electronic mobility service provider*). У нас гибридная бизнес-модель: развиваем собственную сеть электрозаправок, параллельно оказываем полный спектр услуг автодилерам, застройщикам, торговым центрам — тем, кому по разным причинам интересно получить такую станцию себе», — говорит Артем Тачков.

Практически одновременно технологиями накопления энергии заинтересовались и отечественные атомщики. «Росатом» зашел в этот бизнес лет пять назад, оценив его перспективность и значимость, — рассказывает Алексей Нешта, руководитель направления «Энергетика» бизнес-направления «Накопители энергии» Топливного дивизиона «Росатома». — Причем, как и положено крупному игроку, зашел системно, то есть не только в производство литийионных батарей, но и во все смежные сегменты: от добычи исходного сырья до утилизации батарей».

Алексей Нешта подчеркивает, что степень локализации последовательно углубляется: «Мы начинали с небольшого сборочного производства: на базе готовых аккумуляторных модулей собирали батареи для транспорта и энергетики. В прошлом году ввели в эксплуатацию сборочный участок, где уже на базе собственных ячеек собираем сначала аккумуляторный модуль, а затем уже и сами батареи. Следующий этап локализации — это ввод в эксплуатацию двух гигафабрик в Калининградской области и Новой Москве, где будет освоен уже полный цикл производства, от исходного сырья до производства аккумуляторных ячеек и затем самих батарей. Следует также добавить, что «Росатом» одновременно является держателем дорожной карты развития систем накопления электроэнергии, утвержденной правительством РФ, то есть, по сути, координирует все научные изыскания в этой сфере, ведущиеся в нашей стране».

### Технологии будущего с человеческим лицом

Для тех, кто увлечен наукой, есть многое, о чем можно поговорить по теме электродвижения: своим бурным ростом этот сегмент напрямую обязан исследовательским и инженерным прорывам. «В целом отрасль сейчас сфокусирована на проблеме конкурентоспособности. И все научные изыскания сегодня идут вокруг параметров стоимости, плотности, емкости энергии и т.д. Но следующий шаг уже тоже виден: доработка литийионных батарей — с другим электролитом, который позволит увеличить плотность энергии в два раза. Еще одна задача, над которой активно думают, — замена лития. При всех его достоинствах, этот металл сравнительно дорог. Можно ли получить сравнимые потребительские свойства, используя другой



материал, например натрий или магний? Да, там будет похуже показатель плотности энергии, но и цена такого перспективного накопителя будет существенно ниже. А еще он будет менее чувствителен к холоду и к жаре, за счет чего сильно вырастет сфера применения. Гипотетически результаты таких исследований могут полностью переформатировать тот рынок накопителей и устройств на их основе, каким мы его знаем сегодня», — рассказывает Алексей Нешта.

Возможности популяризации как канала коммуникации с аудиторией куда шире, чем просто рассказ о преимуществах новых технологий, убежден эксперт. «Для себя я называю этот жанр «технологии будущего с человеческим лицом». Мне кажется, мы заполняем очень важную нишу. С одной стороны, простым языком объясняем, что такое системы накопления энергии, из чего они состоят и для чего применяются. А с другой, мы все-таки показываем корпоративную «внутреннюю кухню», но, опять же, с такого ракурса, который может быть интересен больше внешней аудитории, чем самой госкорпорации. Именно поэтому, кстати, у подразделений,

---

**Артем Тачков: «Наши клиенты — люди, впервые купившие электромобиль. И мы хотим, чтобы у них сложился положительный опыт. Мне очень близок просветительский подход: я считаю, что люди должны быть осведомлены, чтобы исходя из собственных убеждений принимать решение».**

---

Алексей Нешта, руководитель направления «Энергетика» бизнес-направления «Накопители энергии» Топливного дивизиона «Росатома»



занимающихся популяризацией науки и высокотехнологичных производств, есть задача не только обеспечить общественную приемлемость той или иной технологии, но и привлечь молодые кадры. Другими словами, мы рассказываем не только про потребительские свойства конечного продукта, но и про «интересную химию», «интересную физику» и перспективные задачи, стоящие здесь перед будущими исследователями», — объясняет Алексей Нешта.

Просветительские форматы привлекательны не только потому, что позволяют разобрать то или иное явление «на атомы», но и, наоборот, взглянуть на него сверху, поместив в более широкий, иногда глобальный контекст. «Я настоящий энтузиаст электродвижения. Не только потому, что это сфера бизнес-интересов моей компании. Скорее, наоборот, я действительно считаю, что электромобильность — это наше будущее, которое самым настырным образом стучится в дверь. Возьмите, например, Шанхай. До недавнего времени это один из самых грязных городов мира. Сегодня там около половины всего трафика — электромобили. И показатели шума и загрязнения воздуха резко пошли вниз», — говорит Артем Тачков.

«Этот пример — лишь одна из иллюстраций сложившегося сегодня тренда, связанного с глобальным движением к более устойчивому миру, к энергетическому переходу. Говорят, что полезные ископаемые близки к исчерпанию. Но даже если эти прогнозы не верны — «каменный век закончился не потому, что закончились камни», просто оказалось, что затраты на изготовление орудий из бронзы или меди

сравнимы или меньше, чем для каменного топора, а их потребительские свойства лучше. Другое дело, что этот новый потребительский опыт необходимо получить. И у нашего проекта есть миссия. Наши клиенты — люди, впервые купившие электромобиль. И мы хотим, чтобы у них сложился положительный опыт эксплуатации, чтобы они не чувствовали дискомфорта из-за того, что инфраструктура электродвижения где-то не успевает за ростом количества «электричек». Почему мне очень близок просветительский подход? Я считаю, что хорошо и полезно рассказывать о преимуществах этих технологий. Люди должны быть осведомлены, чтобы исходя из собственных убеждений принимать решение», — объясняет Артем Тачков.

О проблеме привлечения кадров Артем Тачков говорит так: «Мы будем рады, если молодежь будет интересоваться этим новым рынком и в наш бизнес будут приходить новые специалисты. Но даже если по итогам наших бесед у электродвижения будет просто появляться больше «евангелистов», тех людей, кто поддерживает этот рынок и готов совместными усилиями двигаться к устойчивой энергетике, на этом этапе я буду считать это неплохим результатом».

Наконец, есть у просветительских мероприятий и субъективные преимущества, которые тяжело оцифровать. Что не делает их менее весомыми. «Почему я в последнее время предпочитаю любой научпоп-фестиваль традиционной деловой конференции? Потому что уровень вовлеченности и заинтересованности аудитории в этих двух видах мероприятий сложно даже сравнивать. Естественно, получая живой

отклик, хочется снова и снова экспериментировать, придумывать новые способы, новые форматы рассказов о своем ремесле», — говорит Алексей Нешта.

### Синтезируй это!

Про эксперименты Алексей Нешта заговорил не случайно. Будучи автором телеграм-канала «Амбассадор литий-иона», он, как никто другой, знает, что интерес аудитории — вещь переменчивая. Человечество производит чудовищные объемы информации. И чтобы оставаться в фокусе внимания аудитории, нужно постоянно изобретать новые способы донести ей свое послание. «Например, недавно в командировке пришла в голову мысль при помощи искусственного интеллекта сделать простенькую мобильную игру в стиле популярной в свое время математической головоломки «2048». Только про накопители энергии», — рассказывает Алексей Нешта.

Что же касается больших просветительских форм, то наиболее актуальными и перспективными эксперту видятся синтетические форматы. У ИЦАЭ это и «Язык Эйнштейна», и «Квадрат эволюции», и Science move. Везде, где наука встречается с чем-то, появляются новые образы, новые смыслы, новая оптика. И новая аудитория, которой интересны форматы с танцами, музыкой или юмором, бонусом получает базовые представления о квантовых технологиях или накопителях энергии, отмечает Алексей Нешта.

Science move, о котором говорит Алексей Нешта, — один из самых свежих экспериментов ИЦАЭ на стыке науки, технологий и искусства, который впервые увидели гости фестиваля науки «Кстати 80» в Нижнем Новгороде в сентябре этого года. Рассказ эксперта о современных решениях для электромобилей и энергетики будущего сопровождали профессиональные танцоры: пластикой и хореографией они визуализировали динамику «заряд — разряд», тепловые процессы и идеи хранения энергии, превращая инженерные концепции в яркие эмоциональные образы. «У меня есть гипотеза, почему это работает: ты все время должен держать фокус внимания, учитывая, что переключения на сцене между разными «регистрами» происходят

За последние 15–20 лет мы стали свидетелями колоссальной революции не только в электродвижении, но и в восприятии этой темы. Еще недавно электромобиль считался неким курьезом, а первые гибридные автомобили и их хозяева были мишенью для шуток. Всерьез говорить об этом виде транспорта можно было лишь в контексте дискуссий об антропогенном воздействии на окружающую среду, карбоновом следе, сокращении выбросов парниковых газов и вегетарианстве. Два десятилетия спустя практически любая беседа в компании автовладельцев нет-нет да и свернет на обсуждение потребительских свойств и эксплуатационных преимуществ той или иной новой «электрички».

---

**Алексей Нешта: «У нас в том числе есть задача привлечь молодые кадры. Поэтому мы рассказываем не только про потребительские свойства конечного продукта, но и про «интересную химию», «интересную физику» и перспективы, открывающиеся перед будущими исследователями».**

---

буквально каждые несколько минут. Вот ты следишь за мыслью спикера, а вот уже лекция сменилась танцем. Это, конечно, требует определенной дисциплины. Хотя, с другой стороны, это увлекательно — следить еще и за тем, как организаторы мероприятия справятся с вызовом соединить технологию и танец, получится ли у хореографов отыграть тот или иной инженерный образ», — размышляет Алексей Нешта.

Консервативный наблюдатель обычно с недоверием относится к такого рода экспериментам, видя в этом заигрывание с публикой, которое с неизбежностью приводит к энтропии смыслов. С этим не согласен Артем Тачков: «Я не вижу ничего страшного в том, что меняются потребительские привычки и новому поколению сложно в силу разных причин потреблять тот контент, который был привычен для меня и моих родителей. Многие говорят, что происходит упрощение. Я с этим не согласен. Да, контент становится короче, да, все больше спрос на развлекательные форматы. Но причина, скорее, в жесткой конкуренции в информационном пространстве: контент уже давно можно делать, не имея специального оборудования. А развитие искусственного интеллекта еще больше упрощает эту задачу. И тем не менее я уверен, что переизбыток информации не делает нас глупее: люди все равно найдут способ ориентироваться в этом море информации и извлекать из него то, что им по-настоящему нужно».

Сложно отрицать, что одна из главных причин такой стремительной по историческим масштабам перемены — целенаправленная политика ряда государств, призванная стимулировать спрос на электрокары. Во многом благодаря этому в продуктовой линейке любого уважающего себя автопроизводителя сегодня обязательно есть гибридный или полностью электрический вариант. Но именно просвещение, многократное проговаривание темы электродвижения и обсуждение с самых разных точек зрения помогло так быстро превратить ее в важный элемент культуры повседневности, а людей, максимально далеких от идей Парижского соглашения, — в «электроевангелистов».



**Текст:** Федор Буйновский, обозреватель  
«Вестника атомпрома»

# Невидимая рука экономики

*Почему культура имеет значение*

**Почему страна, первой запустившая спутник и создавшая атомную бомбу, так и не смогла произвести конкурентоспособный автомобиль или холодильник? Этот интригующий парадокс, десятилетиями ставивший в тупик многих, лежит в основе книги Александра Аузана «Культурные коды экономики». Ответ на него, по мнению автора, находится не в области технологий или ресурсов, а в гораздо более тонкой материи — в культуре.**

Основной тезис книги: экономические успехи и неудачи наций во многом объясняются их культурными кодами — глубоко укоренившимися ценностями и поведенческими установками. Эти невидимые силы формируют правила игры в экономике, определяя, какие законы будут работать, а какие останутся на бумаге. Александр Аузан в своем труде рассматривает, как невидимые силы культуры влияют на экономику, как их взаимодействие формирует судьбу наций и как, поняв эти механизмы, можно найти новые пути для развития.

## Как связаны культура, институты и экономический рост

Чтобы понять, как культура влияет на экономику, для начала нужно разобраться с понятием «институты». В экономике под этим словом понимают не высшие учебные заведения, а правила игры и механизмы, которые всех заставляют их соблюдать. Эти правила можно разделить на две ключевые категории.

**Формальные институты** — это законы, указы и официальные предписания, которые поддерживаются силой государства. Если вы их нарушите, вас могут оштрафовать или даже посадить в тюрьму.

**Неформальные институты** — это традиции, ценности и нормы поведения, которые поддерживаются самим обществом. Если вы нарушите их, государство вас не накажет, но друзья и коллеги могут осудить или перестать с вами общаться.

Для экономистов понятие «культура» — это, по сути, синоним неформальных институтов. Это ценности и поведенческие установки, которые разделяются большой группой людей и очень медленно меняются во времени.

Центральная идея современной экономической науки заключается в том, что экономическое развитие — это не просто результат наличия ресурсов или стремления к росту. Это сложное взаимодействие, своего рода «танго втроем» между экономической, формальными правилами (законами) и культурой (ценностями).

## Что такое «эффект колеи»?

Когда определенные институциональные модели и культурные нормы воспроизводятся десятилетиями и даже веками, возникает явление, которое экономисты называют «эффект колеи» (path dependence). Представьте себе грунтовую дорогу после дождя. Первая же повозка прокладывает колею. Следующим повозкам гораздо проще ехать по уже готовой колее, чем прокладывать новую. Со временем колея становится настолько глубокой, что свернуть с нее практически невозможно, даже если рядом проложили современное шоссе. Механизм возникновения этого эффекта, по мнению нобелевского лауреата Дугласа Норта, таков.

**1. Ошибка институционального выбора:** в какой-то момент истории (например, после эпидемии чумы в XIV веке) элиты принимают неоптимальное решение. Например, вместо развития свободного труда вводится крепостничество.

**2. Культурное закрепление:** со временем эти неэффективные институты (самодержавие, крепостничество) начинают поддерживаться культурой. Формируются соответствующие ценности: высокая дистанция власти, патернализм, низкая ценность личной инициативы.

**3. Резонанс:** возникает порочный круг, или резонанс. Культура мешает изменить неэффективные институты, а институты, в свою очередь, не дают измениться культуре. Страна застревает в «колее».

Однако важно понимать, пишет автор, что это явление не повод для фатализма. Как замечает автор книги: «Эффект колеи — это диагноз, а не приговор». Понимание этой проблемы, ее причин и механизмов — это первый и самый важный шаг к ее решению. Наш культурный потенциал — сокровище, но оно лежит в запертом сундуке. Если культура и институты могут завести нас в «колею», можно ли как-то измерить ее влияние, расшифровать культурные коды и найти ключ к этому сундуку?

### **Расшифровываемая экономика: культурные коды наций**

За последние десятилетия экономисты научились измерять культуру и количественно оценивать ее влияние. Два наиболее известных подхода позволяют расшифровать культурные коды, определяющие экономическую траекторию наций.

#### **Первый подход: код экономического успеха (закон Инглхарта)**

Социолог Рональд Инглхарт создал знаменитую культурную карту мира, которая размещает страны на двух осях ценностей. Эта карта помогает понять, какие культурные установки ведут к максимальному процветанию.

**Вертикальная ось** (от традиционных к секулярно-рациональным ценностям):

- традиционные ценности: религия — дело государства, уважение к власти абсолютно, семья — главная ценность;
- секулярно-рациональные ценности: религия — частное дело каждого, власть не является сакральной и подлежит критике.

**Горизонтальная ось** (от ценностей выживания к ценностям самовыражения):

- ценности выживания: главное — физическая и экономическая безопасность, труд ради пропитания, недоверие к чужакам;
- ценности самовыражения: главное — личный рост, самореализация, толерантность, труд ради развития и удовольствия.

Закон Инглхарта гласит: максимальный экономический успех и эффективность достигаются в странах, которые находятся в правом верхнем углу карты. То есть там, где доминируют секулярно-рациональные ценности и ценности самовыражения.

#### **Второй подход: код конкурентной специализации (закон Хофстеде)**

Он отвечает на вопрос, почему даже одинаково успешные страны специализируются на разном? Почему США — лидер в радикальных инновациях, а Япония — в постепенных улучшениях? Ответ дает методика нидерландского социолога Герта Хофстеде, который выделил несколько культурных измерений, определяющих экономическую специализацию наций.

#### **Индивидуализм/коллективизм**

Индивидуализм (США) способствует радикальным инновациям, когда один гений создает нечто совершенно новое.

Коллективизм (Япония, Китай) способствует инкрементным инновациям — постоянным, постепенным улучшениям продукта силами команды.

#### **Дистанция власти**

Высокая дистанция (Россия) означает сакральное отношение к власти. Этому способствует не только история, но и «фактор пространства»: на огромных территориях власть физически далека, что усиливает ее символическое значение. Это мешает предпринимательству, но помогает в мобилизационной экономике, когда нужно сконцентрировать все ресурсы для решения одной задачи.

Низкая дистанция (Германия, Швеция) означает отношение к власти как к деловому партнеру, что способствует развитию инновационной среды.

#### **Маскулинность/феминность**

Маскулинность определяется как «напористость, готовность следовать плану и инструкции». Такие нации (Германия, Япония) успешны в массовом стандартизированном производстве (автомобили, бытовая техника).

Феминность определяется как «высокая адаптивность, способность каждую ситуацию решать как уникальную». Такие нации (Россия, скандинавские страны) успешны в сервисной и креативной экономике, а также в создании штучных, уникальных продуктов.

Именно эта характеристика исчерпывающе отвечает на загадку из введения. Как гласит чеканная формула американского менеджера: «Хотите получить одну хорошую вещь — закажите русским, хотите получить десять — заказывайте кому угодно, только не русским». Создание уникального космического корабля — задача для «феминной» культуры, а массовое производство тысяч качественных автомобилей — для «маскулинной».

### **Культура — это не судьба, а возможность**

Автор считает, что культура — это не просто абстрактный фон для экономических процессов. Это активный и измеримый фактор, который через неформальные правила и ценности формирует институты, а вместе с ними и экономическую реальность.

Самое важное — понять, что культура не является неизменной судьбой. Понимание «эффекта колеи» и культурных кодов — это не повод опускать руки, а мощный инструмент для осознанных изменений. Это знание позволяет найти ключ к «запертому сундуку» национального потенциала и альтернативные источники роста.

## Фотофакт

Фото: Ленинградская АЭС

## На фото

На стройплощадке энергоблока №3 Ленинградской АЭС-2 установили первый ярус внутренней защитной оболочки здания реактора



# Атомная мозаика

~143  
ТОННЫ

вес металлической оболочки центральной полости реактора БРЕСТ-ОД-300, которую в конце сентября установили в проектное положение на стройплощадке опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК) в Северске Томской области. Это один из ключевых элементов реакторной установки, предназначенный для размещения корзины активной зоны и загрузки ТВС с инновационным уранплутониевым СНУП-топливом, а также для оборудования системы управления и защиты реактора. Оборудование было изготовлено в Машиностроительном дивизионе «Росатома» и доставлено с использованием Северного морского пути.

ОДЭК — это кластер ядерных технологий поколения IV, который включает три взаимосвязанных объекта, не имеющих аналогов в мире: модуль по производству (фабрикации/рефабрикации) ядерного топлива, энергоблок с инновационным реактором на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300, а также модуль по переработке облученного топлива. Впервые в мировой практике на одной площадке будет построена АЭС с быстрым реактором и реализован пристанционный замкнутый ядерный топливный цикл.

~30 000  
ТОНН

отработавшего ядерного топлива накоплено в России к сегодняшнему дню. Его переработка — одна из стратегических задач «Росатома». Отраслевая программа развития радиохимического направления призвана стать драйвером создания и развития двухкомпонентной атомной энергетики — энергетической системы с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах, работающими в замкнутом ЯТЦ.

Технологии ядерного рециклинга позволят перерабатывать облученное ядерное топливо и использовать его для производства свежего топлива, радикально сократить объем образования ядерных отходов и уровень их активности, а также многократно расширить сырьевую базу атомной энергетики — вовлечь в топливный цикл материалы, которые сейчас не используются, в частности обедненный уран и плутоний. Это, в свою очередь, даст «Росатому» безоговорочные преимущества в сфере топливного обеспечения низкоуглеродной атомной энергетики.

до 1,5 ТОННЫ

изделий из различных металлов, до 3 тонн песчано-полимерных форм и до 100 кг изделий из инженерных пластмасс сможет ежегодно производить центр аддитивных технологий (ЦАТ), который «Росатом» открыл в Республике Беларусь.

Для «Росатома» это первый ЦАТ, созданный за рубежом. Центр оснащен двумя машинами, печатающими металлом по технологии селективного лазерного сплавления (selective laser melting — SLM): это среднегабаритный принтер RusMelt 300M и крупногабаритный RusMelt 600M (обе серийные установки созданы специалистами атомной отрасли с учетом требований со стороны заказчиков — ведущих представителей российской промышленности). Кроме того, ЦАТ оснащен установкой российского производства для печати песчано-полимерных форм и 3D-сканером, разработанным технологическим партнером «Росатома». Возможность 3D-сканирования в сочетании с трехмерной печатью позволяет реализовать комплексный подход от изготовления изделий по модели заказчика до реверс-инжиниринга.

