

# КЛЮЧЕВЫЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ЗДАНИЙ

И. А. Башмаков, генеральный директор; В. И. Башмаков, юрисконсульт; К. Б. Борисов, ведущий исследователь; М. Г. Дзедзичек, ведущий исследователь; А. А. Лунин, ведущий исследователь; О. В. Лебедев, исследователь; А. Д. Мышак, ведущий исследователь, Центр эффективности – XXI век (ЦЭНЭФ-XXI)



За последние 30 лет глобальной энергетической системе не удалось пройти через настоящую трансформацию и существенно сократить выбросы парниковых газов (ПГ). Однако кардинально изменился уровень климатических амбиций и их восприятие. По состоянию на 23 сентября 2022 года 88 стран – членов РКИК ООН<sup>1</sup> приняли долгосрочные обязательства по достижению чистого нулевого уровня выбросов CO<sub>2</sub>, охватывающие 79 % глобальной эмиссии ПГ. По данным Net Zero Tracker, на 23 июня 2023 года уже 149 стран в той или иной форме объявили об углеродной нейтральности. Ожидается, что нынешний энергопереход изменит глобальную экономику и энергетический ландшафт.

Россию пока нельзя отнести к странам, успешно решающим задачи декарбонизации, но в стране уже определена цель достижения углеродной нейтральности к 2060 году. Предлагаем результаты анализа области зданий, проведенного специалистами ЦЭНЭФ-XXI, по определению того, за счет каких технологий можно существенно снизить углеродный след (см. справку).

<sup>1</sup> Рамочная конвенция ООН об изменении климата – международное соглашение об общих принципах действия по предотвращению опасных изменений климата. Конвенция была принята 9 мая 1992 года и открыта к подписанию во время Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро 4–14 июня 1992 года. Вступила в силу 21 марта 1994 года. В настоящее время участниками конвенции являются 196 стран и Евросоюз.



Практически все виды человеческой деятельности прямо или косвенно порождают выбросы парниковых газов, и практически во всех видах деятельности есть технологии, применение которых позволяет снижать выбросы ПГ. Однако как масштабы выбросов ПГ, так и потенциал их возможного снижения за счет применения новых технологий заметно различаются по секторам и по направлениям деятельности. Остановимся на анализе<sup>2</sup> сектора российских зданий.

## Целевые индикаторы снижения углеродности и тренды повышения энергоэффективности зданий

Для решения поставленных задач были определены следующие целевые индикаторы:

- масштабы применения и источники поставок низкоуглеродных технологий на перспективу до 2060 года – целевого года достижения Россией углеродной нейтральности;
- потребности в среднегодовых (по десятилетиям) вводах мощностей для обеспечения целевых объемов использования низкоуглеродных технологий;
- современные (2022–2023 годы) масштабы применения и вводов мощностей по использованию и производству этих технологий, современный уровень локализации их производства и источников импорта как самих технологий, так и ключевых компонентов на одном-двух звеньях технологической цепочки, которые предшествуют выпуску конечной продукции;
- оценка разрыва предложения потребности в импорте технологий с определением возможных источников импорта или потребности в наращивании его производства в России;
- масштабы наращивания производства низкоуглеродных технологий в России на кратко- и среднесрочную перспективу.

Целевые индикаторы для зданий приведены в табл. 1.

Основным трендом в регулировании повышения энергоэффективности зданий является введение стандарта для строительства новых зданий и капитального ремонта и реконструкции существующих зданий для достижения параметров здания с почти нулевым потреблением энергии (nearly zero energy building, NZEB). Другими важнейшими трендами стали:

- требование генерации энергии в самом здании или на прилегающем участке;
- введение нормативных требований по повышению энергоэффективности по итогам капитального ремонта или реконструкции существующих зданий;
- повышение внимания к контролю за выполнением нормативных требований;
- рост числа инструментов стимулирования повышения энергоэффективности и развития ВИЭ в зданиях;
- дополнение нынешней системы сертификатов класса энергоэффективности паспортом реконструкции здания.

Уровни, на которых здания относят к зданиям с почти нулевым энергопотреблением, устанавливаются каждым государством самостоятельно. Государства – члены ЕС должны разработать национальные планы по увеличению числа зданий с почти нулевым энергопотреблением. Китай принял нацио-

### СПРАВКА



Материал подготовлен на основании исследовательской работы ЦЭНЭФ-XXI «Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы», в которой помимо зданий рассматриваются

возможности снижения выбросов парниковых газов в электроэнергетике, промышленности, транспорте, водородной энергетике, а также при улавливании, транспортировке, хранении и использовании CO<sub>2</sub>.

<sup>2</sup> Инструменты анализа смотрите в материале ЦЭНЭФ-XXI «Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы».

**Таблица I** Целевые индикаторы для жилых зданий

Индикаторы	2021	2030		2040	2050	2060	
Потребление конечной энергии, млн т у. т.	153	141	× 0,9	132	126	122	× 0,8
Доля электроэнергии в потреблении конечной энергии, %	14	18	× 1	19	20	24	× 1,1
Прямые и косвенные выбросы CO <sub>2</sub> , млн т	315	240	× 0,8	207	179	139	× 0,4
Средний расход энергии на нужды отопления, кВт•ч/м <sup>2</sup> /год	204	150	× 0,7	129	114	94	× 0,5
Средний расход энергии на нужды ГВС, кВт•ч/м <sup>2</sup> /год	34	18	× 0,5	13	11	11	× 0,3
Средний расход энергии на прочие нужды, кВт•ч/м <sup>2</sup> /год	66	53	× 0,8	42	34	30	× 0,5
Доля МКД с классами энергоэффективности А++, %	0,1	0,4	× 4	23,0	45,0	70,0	× 700
Доля МКД с энергоэффективным капитальным ремонтом, % в год	0,1	2,0	× 20	2,0	2,0	2,0	× 20
Доля МКД, оснащенных АУУ и АИТП, %	14	43	× 3	65	84	99	× 7
Производство тепла на тепловых насосах, млн Гкал	0,2	2,6	× 13	9,6	27,0	76,6	× 383
Производство тепла на солнечных подогревателях, млн Гкал	0,1	2,0	× 20	4,5	8,9	18,6	× 186
Производство электроэнергии в зданиях, млрд кВт•ч	0,002	0,150	× 75	7,600	20,600	39,500	× 19 750
Доля умного учета электроэнергии, %	0,1	99,0	× 1 000	99,0	99,0	99,0	× 1 000

нальный стандарт для зданий с почти нулевым потреблением энергии.

Анализ реализованных проектов пассивных зданий показал, что в среднем по странам ЕС удельный расход первичной энергии на цели отопления варьирует в диапазоне от 15 (Дания) до 100 (Польша) кВт•ч/м<sup>2</sup>. В северных странах ЕС для систем отопления, вентиляции и кондиционирования многоквартирных домов (МКД) порог удельного расхода первичной энергии равен 40 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год в Дании, 46 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год в Эстонии, 56 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год в Финляндии, 66 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год в Норвегии, 82 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год в Швеции. Согласно приказу Минстроя России<sup>3</sup> № 399/пр, эти уровни соответствуют российским зданиям в климатической зоне 3 000–4 000 ГСОП для классов энергоэффективности А, А+ и А++.

### Ключевые низкоуглеродные технологии для зданий

Под ключевыми низкоуглеродными технологиями подразумеваются те, для которых потенциал снижения выбросов ПГ сравнительно велик и которые могут быть реализованы при приемлемых затратах.

По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), основной вклад в снижение выбросов ПГ в зданиях внесет использование низкоуглеродных технологий в системах отопления, горячего водоснабжения (ГВС) и пищевого приготовления. В России на эти процессы в 2021 году приходилось соответственно 58,9 и 8 % суммарных прямых и косвенных выбросов ПГ, то есть в сумме – три четверти. Согласно оценкам МЭА, в отоплении основным трендом является его электрификация на основе использования электрических тепловых насосов для замены систем отопления на ископаемых видах топлива, а также прямое электроотопление в пассивных зданиях.

По российским зданиям анализ проведен для шести технологий: утепление оболочки зданий, установка ИТП, использование тепловых насосов, децентрализованное производство электроэнергии на фотоэлектрических установках, производство тепла на солнечных водоподогревателях и умный учет.

### Утепление оболочки зданий

Для низкоуглеродной трансформации сектора зданий наибольшее значение имеет применение технологий утепления оболочки зданий, что позволяет заметно снизить расход энергии на их отопление и охлаждение.

По данным Росстата, производство материалов для утепления и изделий минеральных теплоизоляционных в России выросло в 2017–2022 годах на 31 % – с 36 до 47 млн м<sup>3</sup>. Если использовать утеплитель толщиной 10 см, то объема 50–54 млн м<sup>3</sup> хватит для утепления 500–540 млн м<sup>2</sup> ограждающих конструкций зданий. Этого объема хватает для утепления всех новых зданий. Если бы в процессе капитального ремонта ежегодно утеплялось 2 % площади построенных до 2003 года зданий, то потребовалось бы ежегодно производить более 100 млн м<sup>3</sup> теплоизоляционных материалов.

Реализация мер по утеплению оболочки зданий, в том числе в процессах капитального ремонта, обходится в среднем в 1 000–1 200 руб./м<sup>2</sup> и позволяет получить экономию в размере около 50 кВт•ч/м<sup>2</sup>. Из-за инфляции и санкций в 2022 году цены на утепляющие материалы выросли в среднем на 21 %. В 2023 году цены еще выросли (по некоторым позициям в 2 раза) из-за поломки нескольких производственных линий, вынужденного перехода отдельных производителей на новое программное обеспечение, высокого спроса вследствие активного строительства, высокой цены на дефицитное фенолфор-

<sup>3</sup> Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 6 июня 2016 года № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

# «СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ»

мальдегидное связующее (важный компонент в процессе производства минеральной ваты).

Значительная часть стоимости утепления здания приходится на монтажные работы. Средняя цена работы под ключ равна примерно 3 000 руб. в расчете на 1 м<sup>2</sup> жилой площади.

Технология находится на II-м уровне технологической готовности. Имеется развитая производственная инфраструктура внутри страны, позволяющая удовлетворять внутренний спрос.

## Автоматизированное регулирование подачи тепла в здания (АИТП)

Значимый эффект может дать применение технологий регулирования подачи тепла и замещения ископаемого топлива электроэнергией (в том числе тепловые насосы) при отоплении зданий. Швеции удалось за счет применения этих технологий снизить выбросы ПГ от зданий на 95 % с 1970 года.

Автоматическое регулирование систем теплоснабжения предполагает оснащение многоквартирных домов автоматическими узлами управления системами отопления (АУУ) и автоматизированными индивидуальными тепловыми пунктами (АИТП), осуществляющими регулирование систем отопления и горячего водоснабжения. Такие системы востребованы в многоквартирных домах, страдающих от регулярного перетапливания, что больше всего ощущается в переходные периоды времени.

Согласно данным Минэкономразвития России, в 2021 году число АИТП в зданиях бюджетной сферы составило 81,2 тыс. (24 %), а число МКД, оборудованных ИТП, – 197,2 тыс. (22 %). В 2021 году первый показатель не вырос, а второй – вырос на 12 %, или почти на 24 тыс. Данных по коммерческим зданиям нет, но можно допустить, что суммарная годовая рыночная ниша в последние годы равна примерно 30 тыс. АИТП в год.

По данным за 2017 год можно произвести косвенную оценку. Доходы 15 ведущих производителей составили немногим менее 15 млрд руб. Если предположить, что стоимость установки АИТП мощностью 1 Гкал/ч стоит 1 млн руб., то совокупный объем годового выпуска ведущими производителями может быть оценен в 15–30 тыс. ед. По данным реализованных в России проектов получается, что установка АИТП в среднем дает экономию тепловой энергии в размере 17 %.

Технология находится на II-м уровне технологической готовности. Имеется развитая производственная инфраструктура внутри страны, позволяющая удовлетворять внутренний спрос; установлены требования по качеству и надежности к выпускаемой продукции.

## Тепловые насосы

По оценкам МЭА, мощность тепловых насосов в мире может вырасти с нынешних 1 000 до 6 000 ГВт к 2050 году. Они придут на замену топливным котлам, которые к определенному году запрещаются все в большем числе стран. В Германии начиная с 2024 года новые системы отопления



В рекомендациях приводятся сведения по пожарной нагрузке помещений, принимаемой для расчета параметров противодымной вентиляции зданий различного функционального назначения, характеристикам пожароопасности смесей горючих материалов для различных классов зданий и помещений.

В документе содержатся рекомендации по пожарной безопасности, выполненные в виде графических пояснений к требованиям отдельных пунктов СП 60.13330.2020 и СП 7.13130.2013. Также представлены схемные решения систем противодымной вентиляции безопасных зон для маломобильных групп населения.

Впервые приводятся номограммы, позволяющие графическим способом быстро определить объем удаляемых продуктов горения из различной конфигурации коридоров, расположенных на горящем этаже.

Плановая дата выхода – IV квартал 2023 года.

Приобрести или заказать рекомендации можно на сайте [abokbook.ru](http://abokbook.ru) или по электронной почте [s.mironova@abok.ru](mailto:s.mironova@abok.ru)

должны работать от возобновляемых источников энергии как минимум на 65 %. Это означает фактический запрет на использование котлов на ископаемом топливе. Такому критерию могут соответствовать только тепловые насосы и гибридные системы с тепловыми насосами, дополненные резервированием на ископаемом топливе, централизованное низкоуглеродное теплоснабжение и использование биомассы.

Систематической статистики по объемам применения и производства тепловых насосов в России нет, есть только фрагментарные данные. В 2013 году было продано 1 800 тепловых насосов, а в 2017 году – только 850 тепловых насосов, из которых 130 пришлось на аппараты «воздух–вода». Были также проданы 280 установок для подогрева воды в бассейнах. Опыт есть во многих регионах. По оценке ЦЭНЭФ-XXI, установленная мощность тепловых насосов в России не превышает 1 МВт.

Технология находится на 9-м уровне технологической готовности. Технология при определенных условиях конкурентоспособна, но масштабы проникновения крайне незначительны, и необходимо прикладывать дополнительные усилия для расширения конкурентного рынка.

Перечень отопительных низкоуглеродных технологий также включает подмешивание водорода в газовые сети, использование топливных элементов, биомассы, централизованное низкоуглеродное теплоснабжение (в зонах с плотной тепловой нагрузкой) от систем четвертого поколения.

Утепление в пакете мер с тепловым насосом является важным условием экономии энергии. Для здания класса энергоэффективности G удельный расход энергии тепловым насосом может составлять 120 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год, тогда как для здания класса энергоэффективности A++ – только 4–5 кВт•ч/м<sup>2</sup>/год.

## Технологии для зданий, использующие зеленую энергию

Децентрализованная (на объектах потребителя) выработка электрической (фотоэлектрические панели) и тепловой (солнечные водоподогреватели) энергии и превращение потребителей в просьюмеров позволяют существенно снизить выбросы парниковых газов за счет сокращения потребности в централизованной энергии и ископаемом топливе.

В 2021 году в мире установленная мощность распределенных солнечных фотоэлектрических установок составила 75 ГВт, что только на 25 ГВт меньше, чем для централизованных систем, и в 2,5 раза больше мощности всех АЭС России. Собственная генерация широко используется в США, Китае, Австралии, Германии, Бразилии и других странах. В 2021 году мировой рынок солнечной тепловой энергии вырос на 3 % (на 25,6 ГВт), а суммарная установленная мощность достигла 524 ГВт. Китай лидирует по числу новых установок, за ним следуют Индия, Турция, Бразилия и США.

**Солнечные водоподогреватели (коллекторы).** Согласно имеющимся оценкам, мощность всех установленных в России коллекторов не превышает 19 МВт. По другим данным, в 2018 году мощность солнечного теплоснабжения

зданий в России составляет 68–70 МВт (85 тыс. м<sup>2</sup>), тогда как в 2014 году мощность составляла 9 МВт (12,5 тыс. м<sup>2</sup>). Следовательно, прирост мощности равен 3–15 МВт в год. По другим данным, ежегодно устанавливается около 5–15 тыс. м<sup>2</sup> солнечных коллекторов, из них 90 % импортные.

Наибольшее распространение солнечные коллекторы получили в Симферополе, Краснодарском и Ставропольском краях, Бурятии, Астраханской и Волгоградской областях. Технология находится на 9-м уровне технологической готовности и при определенных условиях конкурентоспособна и может быть коммерчески привлекательной. Объемы проникновения на рынок незначительны, и необходимо прикладывать дополнительные усилия для расширения конкурентного рынка

**Фотоэлектрические панели для децентрализованного электроснабжения.** По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, объем микрогенерации на СЭС в России в 2020 году составил 50–75 млн кВт•ч (25–30 МВт), а генерация на ВИЭ для собственных нужд организаций – еще 200 млн кВт•ч (100 МВт). К 2024 году ожидался рост этих рынков до 130–350 млн кВт•ч (100–200 МВт) и до 480–800 млн кВт•ч (300–500 МВт) соответственно.

По оценкам «Атомстройэкспорта», к концу 2022 года рынок децентрализованных коммерческих СЭС достиг 100 МВт и ежегодно растет на 50 МВт. По другим оценкам, в России ежегодно устанавливают 30 МВт солнечных панелей. По оценке «Хевел», объем рынка микрогенерации по итогам 2020 года составил 50–60 МВт, основная часть мощности приходится на объекты юридических лиц, а на частные домовладения – 10–15 МВт.

Ассоциация предприятий солнечной энергетики давала оценку, что к концу 2021 года суммарная мощность микрогенерации в России достигнет 23 МВт. Минэнерго России рассматривало варианты доведения мощности микрогенерации на СЭС до 1 ГВт к 2030 году, для чего даже оценива-



**Таблица 2** Среднегодовые вводы мощностей для жилых зданий

Технология	2015–2022	2023–2030		2031–2040	2041–2050	2051–2060	
Тепловая изоляция, млн м <sup>3</sup>	2,2	5,0	× 2,3	3,1	2,1	2,1	× 1
АИТП/АУУ, тыс. шт.	29	33	× 1,1	34	34	32	× 1,2
Тепловые насосы, МВт	1	196	× 196	450	1 123	3 208	× 3 208
Солнечные подогреватели, МВт	4	146	× 37	562	1 003	1 779	× 444
Фотоэлектрические установки, МВт	1	18	× 18	800	2 313	3 807	× 3 807
Умные приборы учета, млн шт.	0,8	5,6	× 7	0,9	0,9	0,8	× 1,1

лась целесообразность субсидирования покупки гражданами (100 тыс. домохозяйств) солнечных батарей у российских производителей.

Домохозяйствам-просьюмерам законодательство дает возможность отпуска избытка электроэнергии в сеть, но по оптовым тарифам. Такая схема непривлекательна, поэтому владельцы микрогенерации используют объекты в основном для собственных нужд.

Технология находится на 10-м уровне технологической готовности. Имеется развитая производственная инфраструктура, но проникновение на рынок крайне незначительное и требуются дальнейшие шаги по расширению масштабов рынка.

### Умный учет

Для обеспечения возможности эффективно управлять потреблением энергии и продавать ее избытки в сети нужен умный учет. В ряде стран он становится обязательным требованием. Так, в домах Германии интеллектуальные счетчики электроэнергии должны стать стандартом. Все потребители с потреблением электроэнергии более 6 000 кВт•ч/год и операторы собственной генерации на ВИЭ с установленной мощностью более 7 кВт обязаны устанавливать интеллектуальные счетчики с 2025 года. Закон также требует, чтобы все поставщики электроэнергии предлагали гибкие контракты с 2025 года.

Росстат дает данные по производству приборов учета:

- по счетчикам природного газа объемы достигли пика в 2018 году (1,8 млн шт.), а к 2022 году упали до 1,1 млн шт.;
- по счетчикам жидкости пик также пришелся на 2018 год (14,4 млн шт.), а за ним последовал спад до 7 млн шт. в 2022 году;
- для счетчиков электроэнергии пик был в 2017 году (9,2 млн шт.), а в 2022 году производство упало до 6,3 млн шт.

Однако статистика не дает представления о том, сколько из этого количества приборов были умными.

Энергетические компании обязаны устанавливать в основном умные приборы учета электроэнергии. По состоянию на 2022 год было смонтировано только 5,7 млн шт. Требования законодательства по полному оснащению ими не могут быть выполнены в срок. Если каждое домовладение обеспечить умным прибором учета электроэнергии, то нынешняя рыночная ниша равна 70–80 млн ед.

Предполагается, что основной ввод умных приборов придется на период до 2030 года, после чего они будут

устанавливаться только на новых зданиях и для замены отслуживших свой срок. К концу 2060 года общее количество установленного оборудования может достичь 74 млн ед. По другим оценкам, в России подлежат замене или первичной установке 18 млн интеллектуальных приборов учета только электроэнергии к 2030 году и до 76–80 млн к 2060 году. Потребность энергосбытовых компаний в таких устройствах оценивается в 5 млн шт. в год.

### Потенциал экономии энергии в зданиях

Россия располагает большим и сравнительно дешевым потенциалом экономии энергии в зданиях. Сотни энергетических обследований, проведенных ЦЭНЭФ-XXI во многих городах России, показали, что:

- в зданиях существенны утечки тепла через ограждающие конструкции: окна, лоджии, стены, особенно на стыках и в местах установки отопительных приборов, межпанельные швы и цоколи подвальных помещений;
- МКД, прошедшие капитальный ремонт, в среднем потребляют энергии на 10 % меньше, чем не прошедшие капитального ремонта, однако во многих МКД после капитального ремонта не произошло повышения энергетической эффективности;
- МКД, построенные в 2019–2021 годах, в среднем на 35 % более энергоэффективны, чем построенные до 1978 года, то есть нормативные требования по повышению энергоэффективности дают реальный эффект;
- МКД, построенные из материалов с высокими параметрами теплозащиты, в 2 раза более энергоэффективны, чем построенные из материалов без использования теплоизоляции;
- МКД, оснащенные АИТП, потребляют энергии на 16–17 % меньше базового уровня. Практический опыт показывает, что средняя экономия тепловой энергии по итогам проведения энергоэффективного капитального ремонта МКД в России равна 16–20 % (даже без мер по утеплению оболочки МКД), а для отдельных МКД она может превышать 40–50 %.

Поэтому целевые индикаторы для зданий в первую очередь ориентированы на повышение параметров энергоэффективности, а затем дополняются индикаторами по развитию децентрализованной генерации тепловой и электрической энергии. Чем более полный пакет мер по повышению энергоэффективности реализуется, тем большую часть потенциала экономии энергии удастся реализовать. ■