

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

И.А. Башмаков

Генеральный директор ООО «ЦЭНЭФ-ХХИ», д.э.н.,
Лауреат Нобелевской премии мира 2007 г. в составе
учрежденной ООН и Всемирной метеорологической
организацией Межправительственной группы
экспертов по изменению климата (МГЭИК)
Главы 1-9.



В.И. Башмаков

Юрисконсульт, ООО «ЦЭНЭФ-ХХИ»
Глава 7



К.Б. Борисов

Ведущий исследователь, ООО «ЦЭНЭФ-ХХИ», к.т.н.
Глава 6



М.Г. Дзедзичек

Ведущий исследователь, ООО «ЦЭНЭФ-ХХИ», к.т.н.
Глава 8



П. Драммонд

Старший исследователь University College London,
Institute for Sustainable Resources
Главы 5-8



А.А. Лунин

Ведущий исследователь, ООО «ЦЭНЭФ-ХХИ», к.т.н.
Глава 5



О.В. Лебедев

Исследователь, ООО «ЦЭНЭФ-ХХИ», к.т.н.
Глава 9



П. Карвальхо

Аспирант, University College London, The Bartlett
School of Environment, Energy and Resources
Главы 5-7



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 РОССИЯ, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ И МИР НА ТРАЕКТОРИЯХ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	9
1.1 Слабый ответ на жесткий вызов	9
1.2 Уроки будущего. Масштабы развития низкоуглеродных технологий	12
1.2.1 Электроэнергетика	12
1.2.2 Промышленность	17
1.2.3 Транспорт	20
1.2.4 Здания и системы теплоснабжения	29
1.2.5 Межсекторные технологии. Водород	36
1.3 В России есть опыт применения всех рассмотренных низкоуглеродных технологий. Однако по многим из них масштабы применения еще очень скромные	37
2 ГРАНИЦЫ И ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА	42
2.1 Перечень низкоуглеродных технологий	42
2.2 Метрики для описания низкоуглеродных технологий	44
2.3 Источники информации	44
3 ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ПГ В 1800-2018 ГГ.	47
3.1 Мир	47
3.2 Россия	60
3.3 Великобритания	61
3.4 Сравнение России и Великобритании	62
4 СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ ДО СЕРЕДИНЫ XXI ВЕКА	65
4.1 Мир. Потенциал рынков низкоуглеродных технологий	65
4.2 Великобритания. Цель выбрана – безуглеродная экономика к 2050 г.	67
4.3 Россия в поисках цели	71
5 НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ	74
5.1 АЭС	74
5.2 ВЭС	88
5.3 СЭС	100
5.4 Системы накопления энергии	111
5.5 Прочие ВИЭ	119
6 НИЗКОУГЛЕРОДОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	125
6.1 Промышленность в целом	125
6.2 Масштабы и опыт применения международного стандарта ISO 50001:2018 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению»	134
6.3 Масштабы и опыт использования бумажных отходов в России	141
7 НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ	151
7.1 Топливная экономичность автомобилей	151
7.2 Электромобили	160
7.3 Гибридные автомобили	175
7.4 Автомобили на газе	179
7.5 Автомобили на биотопливе	184

7.6	Общественный и активный пассажирский транспорт	187
7.7	Недорожный грузовой транспорт	197
8	НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗДАНИЯХ.....	203
8.1.	Пассивные здания для энергетической революции	203
8.2.	Централизованное теплоснабжение.....	214
8.3.	Умные приборы учета	222
8.4.	Тепловые насосы.....	232
8.5.	Использование отходов строительных материалов	241
9	МЕЖСЕКТОРНЫЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ВОДОРОД	251

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 2.1	Метрики для описания низкоуглеродных технологий.....	44
Таблица 2.2	Источник информации для системы мониторинга масштабов применения НУТ	46
Таблица 3.1	Сравнение абсолютных и относительных показателей нетто-выбросов ПГ в России и Великобритании	63
Таблица 4.1	Характеристика низкоуглеродной стратегии Великобритании	68
Таблица 5.1	Сравнение метрик по развитию АЭС	74
Таблица 5.2	АЭС. Россия	75
Таблица 5.3	АЭС. Великобритания	81
Таблица 5.4	Сравнение метрик по ВЭС	90
Таблица 5.5	ВЭС. Россия	91
Таблица 5.6	ВЭС. Великобритания	95
Таблица 5.7	Сравнение метрик по СЭС	102
Таблица 5.8	СЭС. Россия	103
Таблица 5.9	СЭС. Великобритания	105
Таблица 5.10	Системы хранения энергии. Россия	111
Таблица 5.11	Системы хранения энергии. Великобритания.....	114
Таблица 5.12	Биомасса и отходы. Великобритания	120
Таблица 6.1	Обобщенные характеристики энерго- и углеродоемкости промышленности. Россия	126
Таблица 6.2	Обобщенные характеристики энерго- и углеродоемкости промышленности. Великобритания	129
Таблица 6.3	Технология: внедрение и сертификация систем энергетического менеджмента. Россия.....	135
Таблица 6.4	Технология: использование бумажных отходов. Россия	142
Таблица 6.5	Технология: использование бумажных отходов. Великобритания	145
Таблица 6.6	Сопоставление масштабов развития низкоуглеродных технологий в электроэнергетике	149
Таблица 7.1	Топливная экономичность легковых автомобилей. Россия	153
Таблица 7.2	Топливная экономичность легковых автомобилей. Великобритания	155
Таблица 7.3	Электромобили. Россия	162
Таблица 7.4	Электромобили. Великобритания.....	166
Таблица 7.5	Гибридные автомобили. Россия	175
Таблица 7.6	Гибридные автомобили. Великобритания	176
Таблица 7.7	Автомобили на газе. Россия.....	180
Таблица 7.8	Автомобили на газе. Великобритания	183
Таблица 7.9	Автомобили на биотопливе. Россия	185
Таблица 7.10	Общественный и активный пассажирский транспорт. Россия	188
Таблица 7.11	Общественный и активный пассажирский транспорт. Великобритания	191
Таблица 7.12	Недорожный грузовой транспорт. Россия	198
Таблица 7.13	Недорожный грузовой транспорт. Великобритания	200

Таблица 8.1	СРАВНЕНИЕ МЕТРИК ПО ПАССИВНЫМ ЗДАНИЯМ	205
Таблица 8.2	«ПАССИВНЫЕ» ЗДАНИЯ. ГЕРМАНИЯ	206
Таблица 8.3	«ПАССИВНЫЕ» ЗДАНИЯ. РОССИЯ	211
Таблица 8.4	СРАВНЕНИЕ МЕТРИК ПО ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ СИСТЕМАМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	214
Таблица 8.5	ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ. РОССИЯ	215
Таблица 8.6	ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ. ДАНИЯ	219
Таблица 8.7	СРАВНЕНИЕ МЕТРИК ПО УМНЫМ ПРИБОРАМ УЧЕТА	223
Таблица 8.8	«УМНЫЕ» ПРИБОРЫ УЧЕТА. ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	224
Таблица 8.9	«УМНЫЕ» ПРИБОРЫ УЧЕТА. РОССИЯ	228
Таблица 8.10	СРАВНЕНИЕ МЕТРИК ПО ТЕПЛОВЫМ НАСОСАМ	233
Таблица 8.11	ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ. ШВЕЦИЯ	234
Таблица 8.12	ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ. РОССИЯ	238
Таблица 8.13.	СРАВНЕНИЕ МЕТРИК ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	241
Таблица 8.14	ОПИСАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	242
Таблица 8.15	ОПИСАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» ДЛЯ ВЕЛИКОБРИТАНИИ	246
Таблица 9.1	СРАВНЕНИЕ МЕТРИК ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРЕРАБОТКЕ ВОДОРОДА	254
Таблица 9.2	ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА. РОССИЯ	254
Таблица 9.3	ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА. ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	258

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1.1	РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП НИЗКОУГЛЕРОНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ, В ВЕЛИКОБРИТАНИИ И МИРЕ ПО СОСТОЯНИЮ НА 2018-2019 ГГ.	38
Рисунок 1.2	ГЛОБАЛЬНЫЕ МАСШТАБЫ ИНВЕСТИЦИЙ И ОБЪЕМЫ ПРОДАЖ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ГРУППАМ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В 2019 Г. И В 2050 Г.	40
Рисунок 1.3	ВАРИАНТЫ РОСТА МАСШТАБОВ ЭКОНОМИКИ РОССИИ К 2050 Г.	41
Рисунок 2.1	ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ	45
Рисунок 3.1	УДЕЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ CO ₂ И ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ГЛОБАЛЬНОГО ВВП В 1800-2018 ГГ.	48
Рисунок 3.2	ПОТРЕБЛЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПО ВИДАМ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: 1900-2018 ГГ.	49
Рисунок 3.3	ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ОСНОВНЫХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ. МИР, 1970-2018 ГГ.	50
Рисунок 3.4	ВКЛАД ОТДЕЛЬНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ. МИР, 1970-2015 ГГ.	51
Рисунок 3.5	ОЦЕНКА ВКЛАДА ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ В ДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ CO ₂ . МИР, 1991-2018 ГГ.	53
Рисунок 3.6	ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ФАКТОРОВ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ: 1970-2018 ГГ.	53
Рисунок 3.7	ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОСНОВНЫМИ СТРАНАМИ И ГРУППАМИ СТРАН ПО ОТНОШЕНИЮ К УРОВНЮ 1990 Г.	54
Рисунок 3.8	ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ УРОВНЯ ДОХОДА НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ	55
Рисунок 3.9	«УТЕЧКИ УГЛЕРОДА». ОТНОШЕНИЕ БАЛАНСА ВОПЛОЩЕННЫХ ВО ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛЕ ВЫБРОСОВ CO ₂ К ОБЪЕМАМ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ CO ₂ В 2016 Г.	57
Рисунок 3.10	УГЛЕРОДОЕМКОСТЬ ВВП В 2017 Г.	58
Рисунок 3.11	ЗАВИСИМОСТЬ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ ВВП ОТ УРОВНЯ ВВП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ	59
Рисунок 3.12	УДЕЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ CO ₂ НА ВЫРАБОТКУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОЙ (ОТ ТЭЦ) ЭНЕРГИИ	60
Рисунок 3.13	ДИНАМИКА И СТРУКТУРА ВЫБРОСОВ И СТОКОВ ПГ ПО СЕКТОРАМ. РОССИЯ	61
Рисунок 3.14	ДИНАМИКА И СТРУКТУРА ВЫБРОСОВ И СТОКОВ ПГ ПО СЕКТОРАМ. ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	62
Рисунок 3.15	КУМУЛЯТИВНЫЙ ПРИРОСТ ВЫБРОСОВ ПГ ПО ОТНОШЕНИЮ К УРОВНЮ 1990 Г.	64

Рисунок 4.1	«Инвестиционный крест». Изменение среднегодовых объемов и структуры инвестиций в энергоснабжение в зависимости от сценария контроля над выбросами ПГ в 2017-2040 гг.....	66
Рисунок 4.2	Динамика нетто-выбросов ПГ для разных сценариев по сравнению с уровнем 1990 г. и эволюция возможных обязательств России по контролю за выбросами ПГ	72
Рисунок 5.1	Приведенная стоимость генерации электроэнергии по разным технологиям в России	80
Рисунок 5.2	Структура выработки электроэнергии в низкоуглеродных сценариях. Россия и Великобритания	81
Рисунок 5.3	Расположение ВЭС в Европе и России.....	89
Рисунок 5.4	Доля переменных ВИЭ на разных стадиях их интеграции в энергосистему (2030 г., для России – 2050 г.)	113
Рисунок 6.1	Динамика прямых и косвенных выбросов всех ПГ в промышленности	129
Рисунок 6.2	Сводная оценка результативности внедрения системы энергетического менеджмента в российских компаниях.....	137
Рисунок 7.1	Средняя топливная экономичность новых легковых автомобилей	151
Рисунок 7.2	Целевые установки по выбросам CO ₂ на 1 км пробега.....	152
Рисунок 7.3	Динамика прямых и косвенных выбросов парниковых газов от транспорта в сценарии «1,5 градуса»	165
Рисунок 7.4	Россия и страны G7. Удельный расход энергии на единицу транспортной работы* в 2015 г.....	187
Рисунок 7.5	Транспортная работа* на единицу ВВП в 2015 г.: Россия и страны G7	197
Рисунок 8.1	Региональное распределение зданий с низким потреблением энергии	204
Рисунок 8.2	Динамика спроса на централизованное тепло в России для разных сценариев	218
Рисунок 9.1	Прогноз роста спроса на водород (эксаджоули, 1 ЕДж=7 млн т).....	253
Рисунок 9.2	Сравнение стоимости производства водорода для разных технологий.....	253

ВВЕДЕНИЕ

Россия в 2020 г. завершает разработку долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития. Какая бы долгосрочная цель по контролю за выбросами парниковых газов ни была сформулирована, возникает задача мониторинга движения к этой цели. Мониторинг важен не только с точки зрения полученных результатов – оценки динамики выбросов парниковых газов, но и в аспекте выявления средств достижения этих результатов, т.е. в первую очередь технологический мониторинг. Задача системы технологического мониторинга – построить «зеркало», в котором можно отразить интегральную картину масштабов применения низкоуглеродных технологий (НУТ) в энергетике, промышленности, на транспорте, в зданиях и в других секторах экономики, и сравнить эту картину с изображениями, полученными для других стран.

Часто задают вопрос: зачем России переходить на траекторию низкоуглеродного развития? Ответов на него несколько. Во-первых, большинство опрошенных россиян (52%) верят в серьезность проблемы глобального потепления, несмотря на ограниченность адекватной информации. Такой доли было достаточно, чтобы выбрать президента России в 2000 г. или чтобы принять решение о Брексите в Великобритании, но этого еще не хватает для формирования значимого общественного запроса на изменение политики в направлении низкоуглеродного развития. Во-вторых, низкоуглеродные технологии – это огромные новые рыночные ниши с масштабами в триллионы долларов к середине века. Технологическая гонка за доминирование на этих рынках уже в разгаре. Для российской экономики выход на эти рынки, встраивание в глобальные технологические цепочки – это потенциальный новый мощный драйвер экономического роста. Низкоуглеродные технологии являются важным кластером новых технологий и проникают на рынок как благодаря государственной политике, так и (часто) при полном ее отсутствии. Все большую значимость приобретает «активизм» – реализация инициатив низкоуглеродной повестки на уровне компаний (включая финансовые институты), регионов, городов, домохозяйств и индивидов. Базой для реализации «движения снизу» является наличие низкоуглеродных технологий.

Готова ли Россия к будущему? Еще нет. В рамках совместного проекта Международного дискуссионного клуба «Валдай» и ВЦИОМ сформирован «Индекс готовности к будущему» среди стран G20. По направлению «Ресурсы и экология» Великобритания в 2017 и 2019 годах находилась на 1-2-м месте, а Россия – на 19-20-м. По направлению «Технологии» Великобритания в эти годы находилась на 3-5-м месте, а Россия – только на 12-м. При том, что более половины россиян считают проблему изменения климата весьма серьезной, а технологическая гонка в сфере низкоуглеродных технологий уже в разгаре, страна в целом не готова к решению ни экологических, ни экономических проблем технологическими средствами. Переход на траекторию низкоуглеродного развития открывает такие возможности.

Мониторинг и сравнение внедрения низкоуглеродных технологий проведены в двух срезах: динамическом – с отправной точкой в 2018-2019 гг. относительно траекторий достижения целевых или сценарных масштабов применения важнейших НУТ с перспективой до 2050 г. и в географическом – относительно динамики применения НУТ в Великобритании и в мире в целом. Важная функция межстранового сопоставления – оценивать риски формирования технологической отсталости.

Почему Великобритания? Во-первых, Россия и Великобритания входят в клуб «ниже минус 40%» и являются лидерами среди крупных стран по снижению нетто-выбросов ПГ. Во-вторых, потому что Великобритания – первая крупная экономика, принявшая закон о прекращении антропогенного влияния на климат к 2050 г. (закон об углеродной

нейтральности). В-третьих, потому что в ноябре 2020 г. в Глазго будет проведена 26-я Конференция Сторон РКИК, в преддверии которой все страны, включая Россию, должны представить свои долгосрочные стратегии низкоуглеродного развития и принять окончательные решения о запуске механизмов Парижского соглашения.

Перечень НУТ очень широк. В рамках данной работы проводился анализ ограниченного набора технологий по нескольким секторам: электроэнергетика, промышленность, транспорт, здания и межотраслевые технологии (технологии производства и транспорта водорода и метано-водородной смеси). Эти технологии описаны по следующим метрикам: присутствие (доля, масштабы) на рынке; рыночные перспективы до 2050 г.; технологические затраты; другие ключевые технологические характеристики; инфраструктурное окружение; экологическое, социальное и экономическое влияние (плюсы и минусы); политический климат и меры политики; политическая ситуация и отношение правительства и населения к развитию технологии. При описании применения технологий в Великобритании особое внимание уделяется описанию мер политики.

Почему 2050 г.? Уже сегодня нужно начать строить новую экономику. Отстать – легко. Догонять – трудно. Чтобы получить эффект ускорения развития экономики в 30-х годах и позднее, основы развития НУТ нужно закладывать уже сейчас. Пока же временной горизонт всех стратегических документов и официальных прогнозов в России заканчивается в 2035-2036 гг. В большинстве из них возможности низкоуглеродной трансформации экономики игнорируются. Парадоксально, но в документе под названием «Проект «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» не обозначены ни перспективы низкоуглеродной генерации, ни перспективы электрификации и повышения энергоэффективности в основных секторах конечного потребления энергии.

В главе 1 сформулированы основные выводы относительно положения России, Великобритании и мира на траекториях низкоуглеродного развития. В главах 2 и 3 дана характеристика границ и инструментов анализа. В главе 3 показана динамика выбросов ПГ в 1800-2018 гг. и кратко описаны стратегии и перспективы низкоуглеродного развития России, Великобритании и мира до середины XXI века. В главах 5-9 последовательно проведен сопоставительный анализ применения низкоуглеродных технологий в электроэнергетике, промышленности, на транспорте, в зданиях, а также оценены перспективы роста применения водорода.

Работа выполнена под руководством генерального директора ЦЭНЭФ-XXI И.А. Башмакова. Со стороны University College London, The Bartlett School of Environment, Energy and Resources работу координировали профессор М. Грабб и адъюнкт-профессор К. Спатару.

Работа выполнена сотрудниками ЦЭНЭФ-XXI: И.А. Башмаковым, В.И. Башмаковым, К.Б. Борисовым, М.Г. Дзедзичеком, А.А. Луниным и О.В. Лебедевым, а также сотрудниками University College London, The Bartlett School of Environment, Energy and Resources П. Драммондом и П. Карвальхо.

Редактирование работы выполнено Т.Б. Шишкиной, оформление – О.С. Ганзюк.

И.А. Башмаков

Генеральный директор ЦЭНЭФ-XXI, д.э.н.

1 РОССИЯ, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ И МИР НА ТРАЕКТОРИЯХ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1.1 Слабый ответ на жесткий вызов

<p>Усилия по контролю за выбросами ПГ на межгосударственном уровне пока не позволили даже остановить их рост.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Все большую значимость приобретает «активизм» - реализация инициатив низкоуглеродной повестки на уровне компаний, включая финансовые институты, регионов, городов, домохозяйств и индивидов. • Базой для реализации «движения снизу» является наличие низкоуглеродных технологий. • Низкоуглеродные технологии – это огромные новые рыночные ниши с масштабами в триллионы долларов. Для российской экономики выход на эти рынки, встраивание в глобальные технологические цепочки – это потенциальный новый мощный драйвер экономического роста. • Чтобы он дал эффект ускорения развития экономики в 30-х годах и позднее, основы их развития нужно закладывать уже сейчас. • Низкоуглеродные технологии являются важным кластером новых технологий и проникают на рынок как благодаря государственной политике, так и (часто) при полном ее отсутствии.
<p>Какая бы долгосрочная цель по контролю за выбросами парниковых газов ни была сформулирована, возникает задача мониторинга движения к этой цели.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Россия завершает разработку долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития. • Мониторинг важен не только с точки зрения полученных результатов – оценки снижения выбросов парниковых газов (инвентаризация выбросов ПГ), но и в аспекте выявления средств достижения этих результатов (технологический мониторинг). • Задача системы мониторинга – построить «зеркало», в котором можно отразить интегральную картину масштабов применения низкоуглеродных технологий (НУТ) в энергетике, промышленности, на транспорте, в зданиях и в других секторах экономики, и сравнить эту картину с изображениями, полученными для других стран.
<p>Мониторинг и сравнение проводятся в двух срезах:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • динамическом – относительно траекторий достижения целевых или сценарных масштабов применения 24 отобранных низкоуглеродных технологий на временном горизонте до 2050 г.; • географическом – относительно динамики применения НУТ в сравнении с Великобританией и с миром в целом, как в 2018 г., так и в перспективе до 2050 г. Важная функция межстрановых сопоставлений – оценивать риски формирования технологической отсталости.

<p>Стабилизация климата требует ухода с базовой траектории динамики выбросов ПГ, какая бы цель по стабилизации климата ни была выбрана.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • При сохранении выбросов ПГ на уровне 2018 г. «углеродный бюджет» будет исчерпан еще до 2050 г. Это означает, что выбросы ПГ, как и отмечено в Парижском соглашении, должны сначала выйти на пик, а затем начать радикально снижаться. • Пик выбросов ПГ должен быть достигнут в ближайшие годы. • В любом варианте при заданных ограничениях «углеродного бюджета» самые значительные изменения в динамике антропогенных выбросов ПГ должны произойти именно в период до 2050 г., когда выбросы ПГ должны снизиться на 40-70% от нынешнего уровня.
<p>Анализ динамики выбросов ПГ в 1990-2018 гг. показывает, что мир находится еще далеко от перехода на траектории «зеркального» развития:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • антропогенные выбросы ПГ выросли с 39 до 58 млрд т, или на 49%, а выбросы CO₂ – с 28 до 43 млрд т, или на 52%; • выбросы ПГ в секторе «энергетика» выросли на 64%, обеспечили почти весь (92%) прирост выбросов ПГ от всех источников и укрепили его доминирование: вклад этого сектора в совокупную эмиссию ПГ увеличился до 65%, а в эмиссию CO₂ – до 80%. После кратковременного выхода на плато в 2014-2016 гг. рост выбросов ПГ в этом секторе возобновился, но вновь остановился в 2019 г.; • рост выбросов ПГ в значительной мере порождается процессами электрификации секторов мировой экономики. Выбросы ПГ, порождаемые процессами производства электрической и тепловой энергии, в 1990-2018 гг. выросли в 2 раза, обеспечив почти половину прироста выбросов CO₂ и 37% прироста выбросов всех ПГ; • значительный рост мобильности как людей, так и грузов, привел к тому, что вторым по значимости вклада в прирост выбросов стало потребление топлива на транспорте. Выбросы CO₂ от транспорта выросли на 83% и определили прирост суммарных выбросов CO₂ на 25%, а с учетом бункеровки воздушных и морских судов – на 28%; • третьим по значимости вклада в прирост выбросов ПГ стало сжигание топлива в промышленности, выбросы от которого выросли на 37%, что эквивалентно 12% суммарного прироста выбросов CO₂; • выбросы от сжигания топлива в прочих секторах (здания, сельское хозяйство и рыболовство) выросли только на 1%; • снизился объем выбросов, порождаемых утечками и выбросами в процессах добычи нефти и газа, но в процессах добычи твердых топлив он продолжал расти.

<p>Россия и Великобритания входят в клуб «ниже минус 40%» и являются лидерами по снижению выбросов ПГ среди крупных эмитентов ПГ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Самое значительное относительное сокращение выбросов (почти наполовину или более) отмечено в России и в Великобритании, а самый значительный их рост – в Китае (+354%), Саудовской Аравии (+302%), Индии (+257%), Южной Корее (+235%), Иране (+230%), Индонезии (+193%) и Бразилии (+171%). Если до 1998 г. Великобритания не могла заметно снизить выбросы ПГ, то после 1998 г. Россия не может их снизить ни при быстром, ни при медленном экономическом росте. «Углеродный след» России – выбросы, воплощенные в потребляемых товарах и услугах на территории России – также практически стабилизировался после 1998 г.
<p>Россия сократила выбросы ПГ от уровня 1990 г. на величину, превышающую годовой глобальный объем выбросов CO₂ и близкую к годовому объему выбросов всех ПГ. Это означает, что одна только Россия задержала процесс глобального потепления почти на 1 год</p>	<ul style="list-style-type: none"> Глобальное потепление является функцией накопления ПГ в атмосфере, поэтому важно учитывать вклад отдельных стран в кумулятивный прирост выбросов ПГ по сравнению с базовым 1990 г. Суммарное кумулятивное снижение выбросов ПГ от продуктов, потребляемых на территории России, в 1990-2017 гг. относительно уровня 1990 г. равно 46 млрд тСО_{2экв.} К концу 2019 г., по оценкам, оно достигло 50 млрд тСО_{2экв.} Суммарные усилия 28 стран ЕС (с населением, в 3,5 раза превышающим население России) дали в два с лишним раза меньший эффект и позволили снизить кумулятивные выбросы ПГ относительно уровня 1990 г. только на 19 млрд тСО_{2экв.} В Великобритании кумулятивное снижение территориальных выбросов ПГ относительно 1990 г. в 1991-2017 гг. составило 3,5 млрд тСО_{2экв.} Экстраполяция на период 1991-2019 гг. дает оценку примерно 4,2 млрд тСО_{2экв.}, что в 10 раз меньше аналогичного показателя для России. Кумулятивные выбросы от потребления («углеродный след») за этот период на 0,7 млрд тСО_{2экв.} превышали значение 1990 г.

1.2 Уроки будущего. Масштабы развития низкоуглеродных технологий

1.2.1 Электроэнергетика

<p>Развитие АЭС позволяет снизить выбросы ПГ. По оценкам МЭА, за всю историю развития мировой ядерной энергетики она позволила снизить суммарные выбросы на 55 Гт CO₂. Выработка электроэнергии на АЭС в мире достигла пика еще в 2006 г., а доля АЭС в генерации электроэнергии снижается с пикового уровня 17,5%, зафиксированного в далеком 1996 г. Россия находится в числе мировых лидеров по развитию новых технологий выработки электроэнергии на АЭС.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В России и в Великобритании на долю АЭС в 2018 г. пришлось соответственно 19,5% и 19,7% генерации электроэнергии, а в мире – 10,4%. • В России АЭС отдается явный приоритет в сфере развития нетопливной генерации. Доля генерации на АЭС к 2050 г. может составить 18-24%¹. • В Великобритании доля генерации на АЭС к 2050 г. может составить 7-20%.² Развитие АЭС рассматривается как важное, но не решающее направление развития нетопливной генерации. • В мире, по оценкам ЦЭНЭФ-XXI, доля генерации на АЭС к 2050 г. может составить 5-10%,³ а по оценкам МЭА на 2040 г. – 8,4-11,4%.⁴ В спорах о возможности новой волны развития ядерной энергетики и высот, до которых она может подняться, мнения расходятся: от полного отрицания такой возможности и продолжения снижения роли АЭС в генерации электроэнергии до 4% в 2050 г. в прогнозе IRENA до возможности частичного восстановления утерянных позиций и повышения доли АЭС в суммарной мировой выработке электроэнергии до 12-15%. • Развитие ядерной энергетики никогда не опиралось только на экономические соображения. Во многих странах это элемент стратегии развития ядерного комплекса, включая военные соображения и соображения национальной обороны и безопасности. Однако экономические соображения становятся все более значимыми. • Динамичному развитию АЭС мешают высокая стоимость строительства новых мощностей и необходимость оказания огромной финансовой поддержки при сформировавшихся во многих странах значительных избытках мощностей в электроэнергетике и при жестких финансовых ограничениях; нерешенность проблемы захоронения отходов; огромные затраты на ликвидацию последствий крупных аварий, негативное общественное мнение и принятые в ряде стран решения по сворачиванию ядерной энергетики.
---	---

¹ Оценки ЦЭНЭФ-XXI, полученные при разработке «Основных направлений стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» по заказу Минэкономразвития РФ.

² Future Energy Scenarios. 2019. NationalgridESO. July 2019.

³ Оценки ЦЭНЭФ-XXI, полученные при выполнении работы «Формирование системы прогнозирования выбросов парниковых газов для крупнейших стран мира при заданных параметрах развития экономики и энергетики и оценка влияния экологических ограничений на развитие мировой, российской энергетики ПАО «НК «Роснефть» в среднесрочной и долгосрочной перспективе».

⁴ IEA. 2019. World Energy Outlook. 2019.



Революция в структуре прироста мощностей глобальной электроэнергетики уже свершилась – с 2013 г. в ней доминируют ВИЭ.

Ввод мощностей ВИЭ вырос в 2018 г. до 167 ГВт.

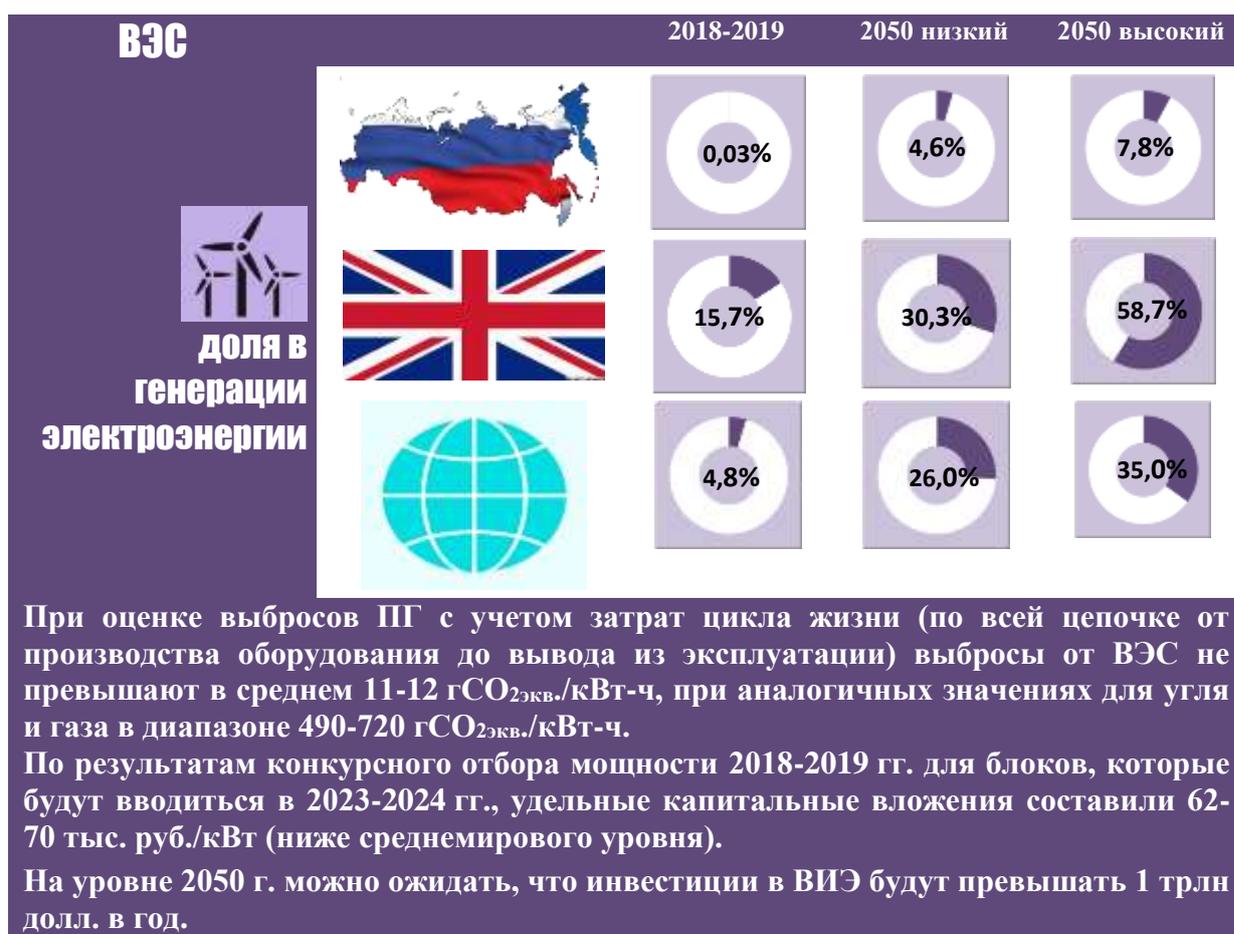
ВИЭ стали крупными самостоятельными отраслями электроэнергетики, на равных конкурирующими с генерацией на ископаемом топливе и АЭС.

Инвестиции в развитие ВЭС и СЭС будут расти с нынешних примерно 300 млрд. долл. до более 1 трлн. долл. к 2050 г.

- В России на долю ВИЭ пришлось 17% генерации электроэнергии. К 2050 г. эта доля может повыситься до 19-38%. Однако на долю ВИЭ без ГЭС пришлось только 0,1% генерации электроэнергии, а к 2050 г. эта доля может повыситься до 5-19%. С учетом АЭС доля нетопливной генерации в 2050 г. составит 37-63%.
- В Великобритании развитию ВИЭ отдается явный приоритет в сфере развития нетопливной генерации. Доля генерации на ВИЭ в 2019 г. превысила 43%, а к 2050 г. ожидается ее рост до 62-80%. Без ГЭС доля ВИЭ превысила 40% в 2019 г. и достигнет 60-78% в 2050 г. С учетом АЭС доля нетопливной генерации составит 69-98%.
- Размер субсидирования развития генерации на ВЭС и СЭС в Великобритании в 2019 г. близок к 8 млрд долл. В ближайшие годы он вырастет незначительно, и субсидии будут выплачиваться в основном по принятым ранее обязательствам.
- По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, доля генерации на ВИЭ в мире в 2050 г. может составить 51-66% (38-51% без ГЭС), а по оценкам МЭА на 2040 г. – 22-49% (36-67% включая ГЭС). С учетом АЭС доля нетопливной генерации в 2050 г., по оценкам ЦЭНЭФ-XXI, составит 57-76%, а по оценкам МЭА – в 2040 г. 44-78%.

<p>Россия существенно отстает по масштабам применения ВИЭ (без ГЭС), что сдерживает возможности выхода на рынок этих технологий.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • За последние 10 лет Индия инвестировала в ВИЭ 90 млрд долл., Китай – 758 млрд долл., Европа – 698 млрд долл., США – 356 млрд долл., Япония – 202 млрд долл., Германия – 179 млрд долл., Великобритания – 122 млрд долл. В 2026-2040 гг. в сценариях МЭА «Новые меры политики» и «Устойчивое развитие» ожидаемый объем инвестиций составит (в среднем в год в ценах 2017 г.) в ВИЭ – 467-663 млрд долл. плюс часть расходов, отраженных по статье «расходы на установку ВИЭ у потребителей, на приобретение электромобилей и системы CCUS в промышленности» в размере 203-581 млрд долл.⁵ На уровне 2050 г. можно ожидать, что инвестиции в ВИЭ будут превышать 1 трлн долл. в год.
<p>На ВЭС Россия вырабатывает в 408 раз меньше электроэнергии, чем Великобритания. К 2040 г. на многих региональных рынках ВЭС будет конкурировать не только с новыми, но и с существующими (амортизированными) топливными станциями.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В 2018 г. Россия выработала на ВЭС 127 млн кВт-ч (0,01% генерации), а Великобритания – 51836 млн кВт-ч (15,6% генерации); • В 2050 г. выработка в России может вырасти до 39-118 млрд кВт-ч (2,4-7,7%), а в Великобритании – до 169-268 млрд кВт-ч (37-59%). • По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, доля генерации на ВЭС в мире в 2050 г. может достигать 27%, а по оценкам МЭА на 2040 г. – 11-21%. • При том что суммарные мощности всех электростанций мира в 2018 г. не превысили 7000 ГВт, имеются прогнозные оценки роста мощностей только ВЭС к 2050-2060 гг. до 4000-9000 ГВт. • Благодаря существенному снижению цен на единичную мощность ВЭС на суше стали одним из самых дешевых источников новой генерации. Стоимость генерации на шельфовых ВЭС также динамично снижается. В Великобритании ввод новых мощностей ВЭС после 2021 г. практически не потребует субсидирования.

⁵ IEA. World Energy Investments. 2018. OECD/IEA. 2018.



<p>Россия вырабатывает электроэнергию на СЭС в 28 раз меньше, чем «туманная» Великобритания, территория которой в 70 раз меньше российской.</p> <p>Однако к 2050 г. Россия может опередить Великобританию по масштабам генерации на СЭС.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В 2018 г. Россия выработала на СЭС 643 млн кВт-ч (0,06% генерации), а Великобритания – 17935 млн кВт-ч (5,4% генерации). • На конец 2018 г. установленная мощность СЭС России составила 490 МВт, а суммарный объем солнечных установок домохозяйств – 15 МВт. • В 2050 г. выработка в России может вырасти до 46-157 млрд кВт-ч (2,8-10,3%). В сценарии «1,5 градуса» выработка электрической энергии на фотоэлектрических панелях, установленных до счетчика, превышает 50 млрд кВт-ч. • В Великобритании выработка на СЭС может вырасти до 34-39 млрд кВт-ч (7,4-8,7%). • По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, доля генерации на СЭС в мире в 2050 г. может достигать 27%, а по оценкам МЭА на 2040 г. – 9-21%. • На многих крупных региональных рынках, включая Китай и Индию, генерация электроэнергии на СЭС становится одним из самых дешевых источников электроэнергии. • Имеются прогнозные оценки роста мощностей СЭС к 2050-2060 гг. до 7000-14400 ГВт.
--	--



По прогнозу МЭА, в зависимости от сценария мощности хранения электроэнергии к 2040 г. вырастут до 215-350 ГВт, а к 2060 г. – до 450 ГВт. Мощность же систем хранения на 2050 г. BNEF оценивает равной 1291 ГВт, из которых 40% будет на стороне потребителя.

Уже существуют промышленные технологии переработки литий-ионных батарей, позволяющие извлекать 80-100% содержащихся в них материалов без образования твёрдых отходов, с минимальным расходом воды и выбросов вредных веществ в атмосферу

- Суммарные глобальные инвестиции в системы аккумуляторного хранения энергии до 2050 г. составят 548 млрд долл., или в среднем 18 млрд долл в год.
- Борьба за этот рынок разворачивается. Министерство энергетики США запустило инициативу Energy Storage Grand Challenge – программу ускорения разработки, коммерциализации и использования новейших технологий накопления энергии и захвата глобального лидерства в сфере использования и экспорта накопителей энергии к 2030 г.
- Россия с существенным отставанием приступает к формированию национальной промышленности СНЭ и развитию рынка применения этих систем в различных секторах экономики. Минэнерго России в «Концепции развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации» делает ставку на разработку собственной технологии дешевого хранения электроэнергии с оптимальной долей российских компонентов и трансфером необходимых технологий.
- В Великобритании к 2050 г. установленная мощность батарей прогнозируется на уровне 17-30 ГВт. Быстрое увеличение объема хранения ожидается после 2030 г.
- В Плане действий по умным системам и гибкости (Smart Systems and Flexibility Plan) предусмотрены действия по изучению и совершенствованию всех аспектов политических и регуляторных механизмов, чтобы открыть энергетические рынки для гибких систем хранения.

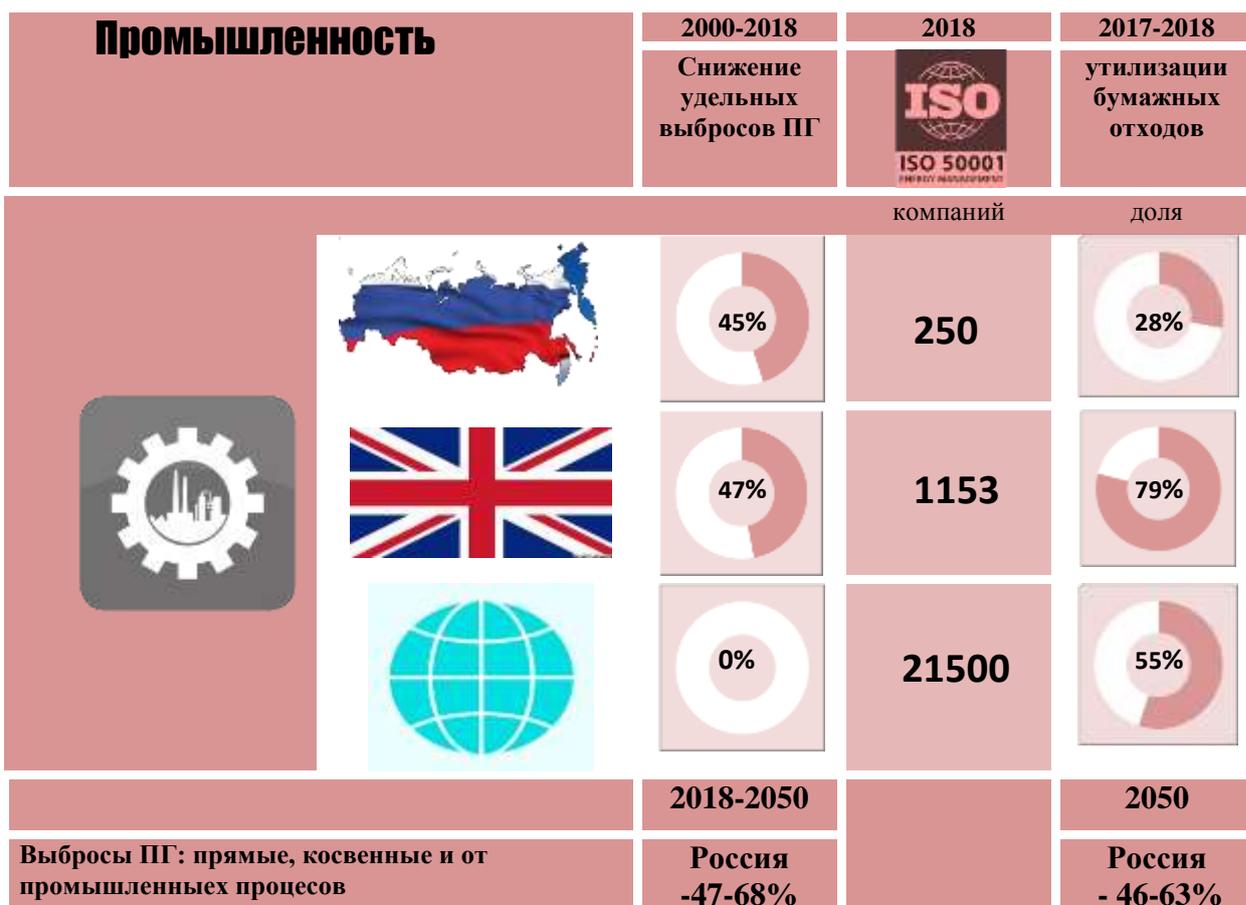
<p>Роль биотоплива и отходов в выработке электрической и тепловой энергии ограничена. В Великобритании она выше, чем в России.</p> <p>До 2050 г. существенного роста вклада этих энергоресурсов в производство электроэнергии и централизованного тепла не ожидается ни в России, ни в Великобритании.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В 2018 г. Россия выработала на основе биотоплива (биомассы, биогаза и др.) и отходов около 2,6 млрд кВт-ч электроэнергии (0,2% генерации). Использование биотоплива на ТЭЦ и централизованных котельных позволило выработать еще 31 млрд кВт-ч тепловой энергии (около 2% тепловой энергии). • В 2018 г. Великобритания выработала на основе биомассы и отходов 36 млрд кВт-ч (11,6% генерации), в т.ч. на основе отходов – 8,4 млрд кВт-ч. • В 2050 г. выработка электроэнергии на основе биотоплива и отходов России может вырасти до 7 млрд кВт-ч, а тепловой энергии – до 49 млрд кВт-ч. • В 2050 г. в Великобритании выработка электроэнергии на основе биотоплива сократится до 11 млрд кВт-ч, а на отходах – может как сократиться до 3 млрд кВт-ч, так и вырасти до 12 млрд кВт-ч (0,7-2,6%).
<p>Основные источники информации для мониторинга рыночных ниш низкоуглеродных технологий:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Данные форм официальной энергетической статистики для России (4-ТЭР, 6-ТП, 1-ТЕП и др.). • Данные для Великобритании (Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES)). • Данные статистических справочников МЭА, МЭ США, ВР, Евростата, IRENA, REN21, ENERDATA и др. для других стран и мира в целом.

1.2.2 Промышленность

<p>Промышленность России и Великобритании сравнивать сложно. Они находятся в разных весовых категориях. Многие энергоемкие отрасли промышленности в Великобритании по масштабам несопоставимы с российскими</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Если в России на промышленное потребление энергии приходится 176 мтнэ, то в Великобритании на промышленность и строительство – только 23 мтнэ. • Для промышленности даны сопоставления по ограниченному набору технологий: <ul style="list-style-type: none"> ○ обобщенные характеристики изменений энерго- и углеродоемкости промышленности; ○ масштабы применения международного стандарта ISO 50001:2018 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по их применению»; ○ масштабы и опыт использования бумажных отходов в качестве иллюстрации движения в сторону экономики замкнутого цикла.
<p>Удельные выбросы CO₂ на единицу промышленной продукции в России в 2000-2018 гг. и в Великобритании в 1997-2017 гг. сократились практически наполовину.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В Великобритании валовая добавленная стоимость в промышленности в 2017 г. только на 8% превышала уровень 1990 г., а в России индекс промышленного производства в 2017 г. оставался на уровне ниже 1990 г. • В России потребление энергии в промышленности после 2000 г. не росло, а в Великобритании снижалось. В мире оно росло примерно на 1% в год в 2010-2017 гг.

	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение энергоэффективности стало главным фактором стабилизации или снижения потребления энергии в промышленности и определило падение удельных выбросов ПГ (включая промышленные процессы) на 45%.
<p>Аутсорсинг выбросов ПГ существенно влияет на соотношение углеродоемкости промышленной продукции России и Великобритании.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В России экспорт выбросов ПГ с товарами, поступившими во внешнюю торговлю, превысил в 2017 г. 300 млн т CO_{2экв.}, что равнозначно 41% выбросов ПГ промышленностью. • Великобритания импортирует выбросы с товарами – более 300 млн т CO_{2экв.}. Рост импорта выбросов являлся важным фактором снижения территориальных выбросов промышленностью Великобритании.
<p>Разрыв в уровнях энергоемкости промышленности России и Великобритании равен 7,4 раза при расчете по добавленной стоимости и 8,7 раза при расчете по валовому выпуску.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Более высокая энергоемкость в России определяется сырьевой ориентацией и высокой долей энергоемких отраслей, а также наличием практически по всех промышленных технологиях значительного разрыва по уровням энергоэффективности с НДТ. • Технологический фактор в 2000-2018 гг. породил снижение энергоемкости промышленности, а в 2018 г. 40% российских компаний указали повышение энергоэффективности среди целей инвестирования. Однако темпы снижения энергоемкости промышленности в России лишь немногим превышают 1% в год при их снижении по миру в целом на 1,9% в год, а в ЕС – на 1,8% в год. Это не позволяло ликвидировать технологическое отставание.
<p>В России в сценарии «1,5 градуса» прямые и косвенные выбросы ПГ промышленностью снижаются на 52% при росте промышленного производства в 2,3 раза.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В базовом сценарии энергоемкость промышленности снижается к 2050 г. на 45%, а прямые и косвенные выбросы ПГ (с учетом выбросов от промышленных процессов) растут с 976 млн т CO_{2экв.} до 1152 млн т CO₂ в 2050 г. • Великобритания поставила цель – снизить промышленные выбросы ПГ в 10 раз до 10 млн тCO_{2экв.} за счет использования широкого пакета мер по снижению энергоемкости, материалоемкости, использованию водорода, технологий улавливания и хранения углерода и др., которые суммарно обойдутся в 8 млрд фунтов в 2050 г. (в ценах 2017 г.), или 0,2% ожидаемого ВВП.
<p>Внедрение систем энергоменеджмента позволяет сократить расходы на энергию в среднем на 5-10%, повысить конкурентоспособность, сохранить или расширить рыночные ниши, поддерживать или увеличивать занятость, снижать вредные выбросы и выбросы ПГ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Цель стандарта ISO 50001 – создать системы и процессы, необходимые для постоянного улучшения энергетических характеристик и показателей производства, транспорта и потребления энергии. • В России 250 крупных промышленных компаний внедрили и сертифицировали системы энергоменеджмента. В 2014-2017 гг. доля компаний ТЭК, внедривших СЭНМ, выросла с 36% до 55%, а в других отраслях – с 3% до 15%. • В Великобритании 1153 крупные промышленные компании внедрили и сертифицировали системы энергоменеджмента;

	<ul style="list-style-type: none"> • В мире в 2017 г. насчитывалось 21500 компаний с сертифицированными системами энергоменеджмента. • К 2030 г. рост числа компаний с сертифицированными системами энергоменеджмента может позволить получить экономию почти 1,5 млрд тнэ стоимостью 600 млрд долл. и снизить выбросы ПГ в масштабах, эквивалентных выбросам 215 млн автомобилей.
<p>В России доля утилизации бумажных отходов составила 28-31%, в Великобритании в последние годы 77-82%, а в мире – 55%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Доля использования бумажных отходов на производство бумаги и картона в России в 2017 г. составила 37%. К 2050 г. она может вырасти до 63%. • Рост переработки бумажных отходов позволит сократить: потребление целлюлозы при производстве бумаги и картона на 43% к 2030 г.; расход древесины на 41 млн м³; потребление воды на 1620 млн м³; потребление ТЭР; снизить выбросы ПГ и других загрязняющих веществ; уменьшить затраты на энергоснабжение предприятий целлюлозно-бумажной промышленности; • Оборот мирового рынка бумажных отходов в 2019 г. составил 42 млрд долл., к 2024 г. он вырастет до 50 млрд долл. и растет примерно на 3% в год.
<p>Основные источники информации для мониторинга рыночных ниш низкоуглеродных технологий:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Данные форм официальной энергетической статистики для России (4-ТЭР), ЕМИСС, справочник Промышленность России и др.), данные российских промышленных ассоциаций («Русская сталь», «Союзцемент», «Бумпром» и др.), сайты крупных промышленных компаний. • Данные для Великобритании (Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES), Future Energy Scenarios 2019 Data Workbook и др. • Данные статистических справочников МЭА, WDI, WIOD ISO Secretariat, и др. для других стран и мира в целом. World Steel Association, World Cement Assosiation, World Aluminum Institute и др.



1.2.3 Транспорт

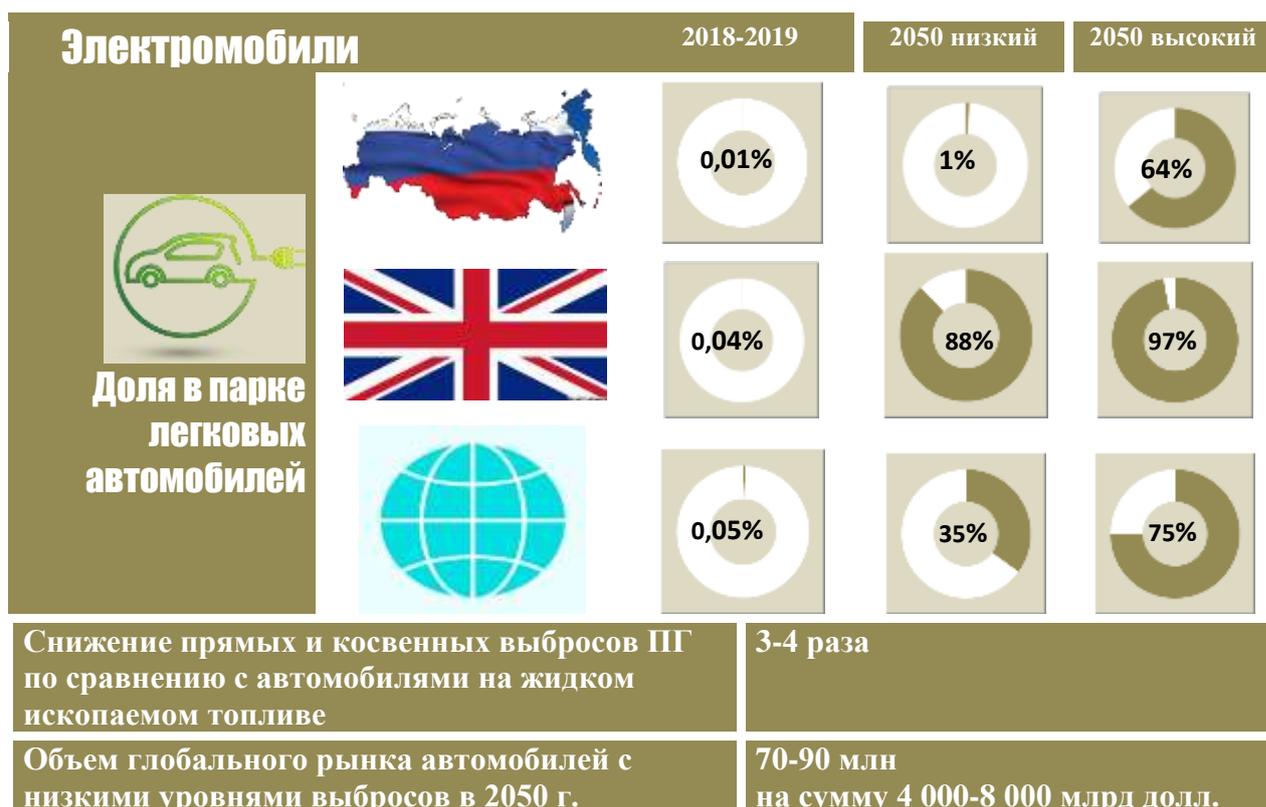
<p>Для выхода на целевую установку Global Fuel Economy Initiative к 2030 г. средняя топливная экономичность нового легкового автомобиля должна снизиться до 4,4 л/100км год.</p>	<p>Средняя топливная экономичность нового автомобиля в 2017-2018 гг. составила:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ в мире – 7,2 л/100 км против 8,8 л/100 км в 2005 г. ○ В Великобритании – 5,8 л/100 км; в 2000-2018 гг. удельный расход топлива упал примерно на треть; ○ в России – 8,1 л/100 км; ○ в Италии и Франции – немногим больше 5 л/100 км.
<p>Во многих странах приняты жесткие стандарты топливной экономичности, требующие снижения удельного расхода энергии на 4-6% в год.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Для достижения таких целевых уровней требуется существенное повышение доли электромобилей, топливная экономичность которых в 2,5 выше. ● В Норвегии, где доля электромобилей в новых продажах достигла в 2018 г. 47%, топливная экономичность составила 3,9 л/100 км, что на 10% превысило целевую установку Global Fuel Economy Initiative на 2030 г.

<p>В 2017 г. правительство Великобритании объявило о плане, в соответствии с которым к 2040 г. должны прекратиться продажи новых автомобилей с обычными бензиновыми и дизельными моторами</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Стратегия «Дорога к нулю» ставит промежуточную цель, в соответствии с которой к 2030 г. 50% продаваемых новых автомобилей должны быть с ультранизким уровнем выбросов. • Стандарты выбросов CO₂ в среднем по выпускаемым моделям автомобилей динамично снижаются во многих странах, и даже самые экономичные модели с двигателями внутреннего сгорания не будут им соответствовать. • В Великобритании модели с удельными выбросами ниже 50 гCO₂/км (это соответствует примерно 3л/100 км) считаются безуглеродными. • Автомобильные парки стран, отстающих в технологической гонке, могут расти в основном либо за счет подержанных автомобилей, либо за счет переноса заводов, производящих автомобили по старым технологиям, на территорию этих стран.
<p>Как показывает опыт Великобритании, более высокая топливная эффективность не сопровождается более высокими ценами на автомобиль.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Если взять 25% самых эффективных автомобилей, то они стоят на 5-7% дешевле, чем «средняя» машина, с которой их можно сравнить в этом сегменте. • В России снижение эксплуатационной нормы расхода на 1 л/100 км при годовом пробеге 10 тыс. км при цене топлива 45 руб./л дает годовую экономию затрат в размере 4500 тыс. руб. При парке автомобилей 50 млн шт. это даст экономию для всех автомобилистов России в размере 225 млрд руб. в год. • Снижение потребления топлива легковыми автомобилями при переходе от базового сценария к сценарию «1,5 градуса» позволяет снизить к 2050 г. выбросы ПГ с 201 до 35 млн т CO₂экв, а выбросы вредных веществ – с 10,3 до 1,7 млн т.
<p>В России нет специальных мер политики по повышению топливной экономичности легковых автомобилей. Есть ряд фискальных мер, которые косвенно влияют на выбор автомобиля.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Транспортный налог не смог остановить рост средней мощности автомобиля. • Топливная экономичность в основном импортируется вместе с импортными автомобилями, или при производстве их на территории России по стандартам, имеющимся в других странах. • В качестве мер низкоуглеродной политики можно предложить: <ul style="list-style-type: none"> ○ введение стандартов для транспортных средств по уровню топливной экономичности или выбросов CO₂, соответствующих тенденциям нормирования в ведущих странах, и системы информирования потребителей об энергоэкологических характеристиках поступающих в обращение автотранспортных средств, включая методы их маркировки и идентификации в транспортных потоках; ○ введение экономических механизмов (дифференцированного налогообложения, пошлин, сборов, платежей), стимулирующих использование более экологически чистых и энергоэффективных автотранспортных средств (электромобилей, гибридов, газомоторных и др.).



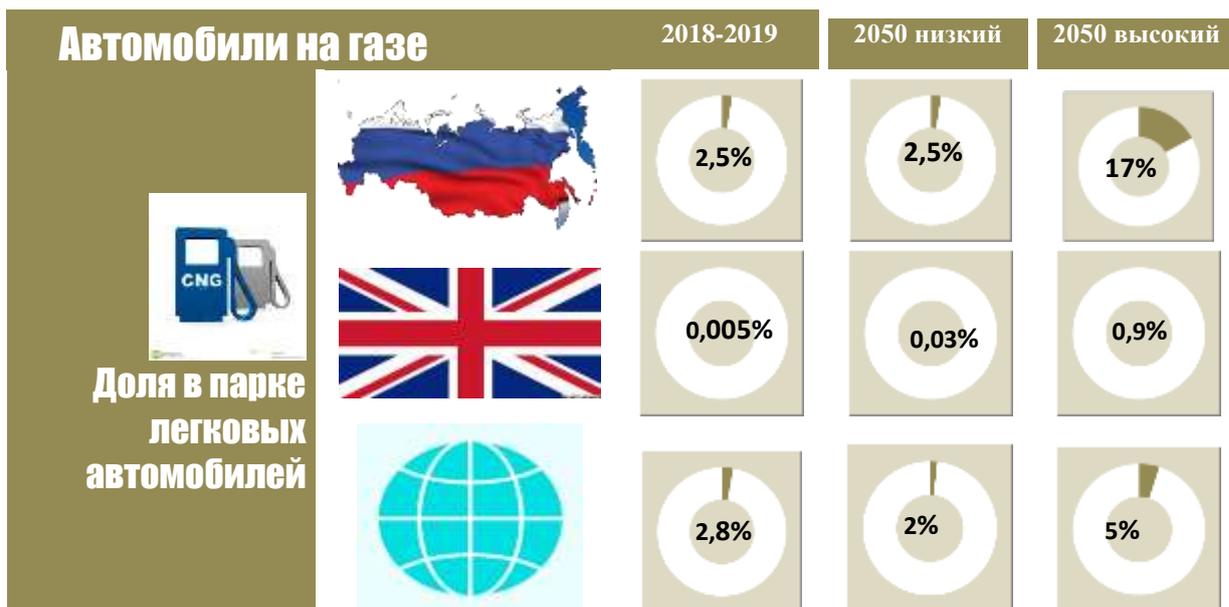
<p>К 2050 г. объем продаж электромобилей в мире может достичь 70-90 млн на сумму 4000-8000 млрд долл.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В мире парк электромобилей вырос до 5,12 млн, из них на долю электромобилей на батареях пришлось 3,3 млн, а на долю заряжаемых гибридов – 1,8 млн. • В России парк электромобилей в 2018 г. был равен 4,6 тыс. • В Великобритании – 142 тыс.
<p>В середине века электромобили будут доминировать как в продажах, так и в парке.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В мире доля электромобилей в парке вырастет до 35-75%. • В России – до 1-64%. • В Великобритании – до 88-97%. • Электромобили уже могут отдавать электроэнергию в сеть и тем самым могут участвовать в выравнивании графиков нагрузки. • Для развития электрифицированного легкового автомобильного транспорта нужна сеть зарядных станций.
<p>Паритет электромобилей с традиционными автомобилями по затратам цикла жизни будет достигнут уже в 20-х годах.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В 2019 г. цена нового электромобиля составляла 3,5-4,5 млн руб., а подержанного автомобиля нового поколения (2016-2018 гг. выпуска) – примерно 1,5 млн руб. Средняя цена новой машины С-класса – 923 тыс. руб., автомобиля класса SUV (кроссовер или внедорожник) – 1,9 млн руб. • Стоимость электромобилей в Великобритании начинается с отметки примерно 25000 фунтов стерлингов за новое транспортное средство с батареей мощностью 50 кВт и запасом хода до 400 км (новый Renault Zoe). • Распространенной альтернативой покупке электромобиля является лизинг.

<p>Суммарные прямые и косвенные выбросы ПГ от обычного автомобиля (240-320 гСО₂/км) в 3-4 раза больше прямых и косвенных выбросов от электромобиля.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Даже если вся электроэнергия производится на угле и в расчет принимаются все выбросы, включая стадию производства автомобиля, то только тогда прямые и косвенные удельные выбросы ПГ автомобиля с двигателем внутреннего сгорания становятся равными выбросам электромобиля. Но в мире нет ни одной страны, где доля угля в генерации электроэнергии равна 100%. • Экологическая проблема связана с утилизацией нынешних моделей аккумуляторов по окончании срока их службы. Уже разработаны технологии ее решения.
<p>Россия еще не успела сильно отстать от мировых лидеров. Если упустить время и не оказывать поддержку этому рынку, то это со временем может привести к недогрузке мощностей российского автопрома.</p> <p>В России меры поддержки развития электротранспорта довольно скромны.</p> <p>В Великобритании переводу транспорта на низкоуглеродные траектории развития уделяется существенно больше внимания.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Стратегия «<i>The Road to Zero. Next steps towards cleaner road transport and delivering our Industrial Strategy</i>» содержит план из 46 пунктов. Он включает запрет на продажи автомобилей на бензине и дизельном топливе после 2040 г. Рассматривается возможность переноса этого срока на 2035 г. • Предусматривается предоставление компенсации в размере £3500 за приобретение электромобиля, распространение этой схемы на микроавтобусы, предоставление грантов в размере £7500 для приобретения электромобиля–такси, другие налоговые льготы. • Предусмотрена реализация схемы поддержки перевода автобусов на низкоуглеродные модели и ускоренная амортизация для инвестиций в заправочную инфраструктуру. • Вводится нормативное требование по строительству всех новых зданий с системами зарядки для автомобилей. • Помимо экологических соображений ставятся практические задачи по захвату рыночных ниш на рынке низкоуглеродных автомобилей, емкость которого достигнет 2 трлн долл. в год уже к 2030 г. и вырастет до 4-8 трлн долл. к 2050 г. К этому следует добавить рынок заправочной инфраструктуры.



<p>Мировой парк заряжаемых легковых гибридных автомобилей в 2018 г. составил 1,8 млн</p>	<ul style="list-style-type: none"> В России их парк в 5 раз превысил парк электромобилей на батареях. В России нет никаких форм поддержки внедрения гибридов, а высокая разница в цене с традиционным автомобилем при сравнительно низких ценах на жидкое топливо сдерживает рост парка гибридов. В Великобритании в 2018 г. количество подключаемых гибридных автомобилей резко выросло до 115500 в 2018 г., а гибридные автомобили со вспомогательным блоком питания (REHV) – до 9500 в 2018 г. Парк гибридных автомобилей без возможности подключения в сеть (HEV) составил 411,7 тыс.
<p>Начиная с 2035 г. продажа новых гибридных автомобилей в Великобритании будет запрещена</p>	<ul style="list-style-type: none"> Существуют прогнозные оценки по парку гибридов на 2050 г., сформированные ЦЭНЭФ-XXI, согласно которым в базовом сценарии парк может составить 26 тыс. автомобилей (0,04% парка), а в сценарии «1,5 градуса» - 4,3 млн автомобилей (9%). В прогнозах МАДИ парк легковых гибридов может вырасти более значительно – до 5,5-8,4 млн. Новые гибридные бюджетные автомобили на данный момент на российском рынке не представлены. В 2020 г. в Великобритании доля гибридов в продажах может достичь 3,8%. Стоимость новых гибридных автомобилей находится в диапазоне от 29950 фунтов стерлингов (Hyundai IONIQ Plug-in) до 140870 фунтов стерлингов (Porsche Panamera turbo SE-Hybrid). Если сравнить аналогичные модели с бензиновым ДВС и гибридной силовой установкой, то в среднем выбросы ПГ в год на гибридном автомобиле снижаются на 30-70%. В такой же пропорции снижаются и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

<p>В середине 2019 г. в мире насчитывалось 27,8 млн автомобилей на газе (сжиженном и сжатом).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В т.ч. в Европе – 2 млн. В 2017 г на Китай пришлось 5 млн, на Иран – 4 млн, на Индию и Пакистан – по 3 млн, на Аргентину – 2,3 млн. • Ожидается, что рынок автомобилей на газе будет расти на 3-6% в год в 2018-2023 гг. Согласно отдельным оценкам, парк автомобилей на газе может вырасти до 100 млн к 2030 г.
<p>В России транспорту на газе отдается явное предпочтение по сравнению с электромобилями.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В рамках подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» число автомобилей, переоборудованных на природный газ до 2022 г., должно составить 74,5 тыс., что равно только 0,12% от ожидаемого в 2022 г. парка • Всего в 2020-2022 гг. по программе субсидирования строительства газозаправочных станций и переоборудования автомобилей на газ выделяется 18,7 млрд руб. (из них 14,9 млрд руб. из федерального бюджета), или в среднем 6,2 млрд руб. в год.
<p>Для условий ЕС, при тщательном учете всех эффектов по циклу от «скважины до колеса», выбросы ПГ для автомобилей на сжатом газе по сравнению с легковыми автомобилями на дизельном топливе выше на 6-13%, а на бензине – ниже на 15-18%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Для автобусов и грузовиков удельные выбросы на сжатом газе выше. Недавнее исследование, проведенное в Великобритании, показало, что на 44-тонных тяжёлых грузовых автомобилях на газе выбросы парниковых газов выше от 4% (CNG) до 20% (LNG) по сравнению с дизельными грузовиками. Для автобусов увеличение выбросов парниковых газов составило 12% по сравнению со стандартным дизельным автобусом в смешанном цикле. • При использовании биогаза выбросы снижаются на 39-88%. Половина автомобилей на газе в Китае используют биогаз.



В 2020-2022 гг. по программе субсидирования перевода автомобилей на газ и строительства газозаправочных станций выделяется 18,7 млрд руб. Из них 14,9 млрд руб. из федерального бюджета

<p>На единицу транспортной работы в целом Россия использует энергию более эффективно, чем страны G7.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В части пассажирского транспорта, выигрывая в рациональности структуры пассажироперевозок (более высокая доля общественного транспорта – <ul style="list-style-type: none"> ○ в России 45%, ○ в Великобритании – только 15%. • Россия проигрывает странам ЕС и Японии в топливной экономичности автомобилей.
<p>Считается, что причина высокой энергоемкости для стран с большой территорией – это высокая средняя дальность перевозок.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Однако размер страны влияет на энергоемкость транспорта не прямо, а косвенно – за счет удержания низких цен на топливо. • Поскольку в ценах жидкого топлива велика доля налогов, страны с большой территорией (Россия, Канада и США), часто не решаются существенно повышать налоги на жидкое топливо, сохраняя цены низкими.
<p>По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, в 2018 г. доля личного автомобильного транспорта в пассажирообороте в России была равна 55%. В эти годы имела место явно выраженная тенденция опережающего развития энергоемких и углеродоемких видов пассажирского транспорта.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Это заметно ниже, чем во многих странах. В ЕС она равна 81%, в Великобритании и Германии – 85%, в Италии и Франции – 81%, в США – 78%, в Канаде – 70%. • Доля общественного транспорта в России в 2000-2018 гг. упала с 62 до 45%, что привело к существенному ухудшению экологической обстановки в российских городах и заметному приросту выбросов ПГ – примерно на 100 млн тСО_{2экв} в 2000-2018 гг. • В 2000-2018 гг. доля: <ul style="list-style-type: none"> ○ легковых автомобилей выросла с 38 до 55%; ○ воздушного транспорта – с 7 до 21%; ○ автобусов снизилась с 21 до 9%; ○ железнодорожного транспорта – с 20 до 9%; ○ городского электрического транспорта – с 12 до 4%; ○ велосипедных поездок оставалась примерно на уровне около 1%. • Переключение пассажирооборота на общественный транспорт способно заметно ограничить выбросы как ПГ, так и вредных веществ.
<p>Развитие инфраструктуры является основой для развития общественного транспорта и активной мобильности</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В сценарии «1,5 градуса» к 2050 г. доля личного автомобильного транспорта снижается с 46,2% до 29,6% (что немного ниже уровня 2000 г.) за счет роста долей: <ul style="list-style-type: none"> ○ железнодорожного транспорта – до 15,7%; ○ автобусного – до 9,7%; ○ метрополитена – до 4,3%; ○ легкого рельсового транспорта (трамваев) – до 0,9%; ○ воздушного – до 24,2%; ○ велосипедного и средств «малой мобильности» – до 4%.

<p>Поездка на наземном общественном транспорте вместо автомобиля позволяет снизить выбросы ПГ в 3-10 раз и примерно в такой же пропорции вредные выбросы в атмосферу</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Экологические эффекты от использования общественного транспорта можно проиллюстрировать следующим образом: в расчете на пасс-км выбросы CO₂ (гCO₂/пасс-км) равны на: <ul style="list-style-type: none"> ○ личном автомобиле – 133-183; ○ автобусе – 55-69; ○ метро – 65; ○ троллейбусе – 42; ○ железной дороге- 14-60; ○ самолете – 285; ○ на пассажирском судне – 245-530.
<p>Национальная сеть велосипедных дорог Великобритании насчитывает 26675 км размеченных маршрутов. Около 68% маршрутов пролегают по дорогам, а 32% - по специальным дорожкам без движения другого транспорта.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Только в границах Лондона находится 2000 км велосипедных дорог, на которых установлены 58000 маршрутных указателей и знаков. • В Лондоне 146000 парковочных мест для велосипедов, в данную инфраструктуру в последние несколько лет были направлены значительные инвестиции. • Согласно оценкам, национальная сеть велосипедных дорог Великобритании позволила сэкономить 88 млн фунтов стерлингов за счёт уменьшения пробок на дорогах и только через сектор туризма обеспечила вклад в местную экономику в размере 2,5 млрд фунтов стерлингов. • С увеличением распространения велосипедного движения в городах до уровня Дании польза для здоровья в течение 20 лет позволит сэкономить Национальной службе здравоохранения около 17 млрд фунтов стерлингов.
<p>Удельный расход энергии на единицу грузооборота в России существенно ниже, чем странах G7, но ... по причине высокой материалоемкости грузоемкость ВВП заметно выше. В итоге Россия занимает среднее положение по энергоемкости на транспорте при расчете на единицу ВВП.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Разница в уровнях энергоемкости на единицу ВВП на транспорте для отдельных стран складывается за счет различий в: <ul style="list-style-type: none"> ○ показателях транспортной работы на единицу ВВП (в России она заметно выше); ○ долях разных видов транспорта в совершении транспортной работы (в России существенно выше доля внедорожного транспорта); ○ удельных расходах энергии на единицу транспортной работы одинаковых видов транспорта. В России есть потенциал их снижения. • Российский грузовой транспорт спасает эффективная структура грузоперевозок.

<p>В Великобритании высока доля энергоёмкого автомобильного транспорта, а в России – неэнергоёмких железнодорожного и трубопроводного. Поэтому в России удельный расход энергии на единицу транспортной работы ниже, чем в Великобритании и в мире в целом, но...</p>	<ul style="list-style-type: none"> • на единицу ВВП он выше, чем в Великобритании, как при расчете по ППС, так и по курсу валют; • доля дорожного грузового транспорта в грузообороте России в 2000-2018 гг. варьировала в диапазоне 4-5%, доля железнодорожного – выросла с 38 до 46%, трубопроводного – снизилась в 53 до 47%, а водного – с 5 до 2%; • в Великобритании 79% составили грузоперевозки дорожным транспортом, доля водного транспорта сократилась до 13%, а железнодорожного выросла до 9%; • согласно относительно консервативным оценкам, примерно 16% перевозок на дорожном грузовом транспорте в Великобритании могут перейти на железнодорожный. Около 15,8 тыс. км железнодорожной сети Великобритании доступны для грузовых перевозок; • в России сеть недорожного транспорта хорошо развита. Эксплуатационная длина железных дорог равна 86,6 млн км, протяженность магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов равна 70,5 тыс. км, а магистральных газопроводов – 179 тыс. км. Среднее расстояние транспортировки нефти и газа превышает 2300 км.
<p>Государство активно поддерживает развитие недорожного грузового транспорта и выделяет значительные ресурсы на его развитие.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В сценарии «1,5 градуса» грузоемкость ВВП к 2050 г. снижается на 43%, однако структура грузооборота по видам транспорта меняется мало и удается удерживать долю дорожного транспорта в пределах 4%. • Правительство Великобритании в 2016 г. опубликовало «Стратегию железнодорожных грузоперевозок», цель которой – сформулировать «видение того, как могут продолжать расти железнодорожные грузоперевозки.
<p>При снижении углеродоемкости электроэнергетики возможно заметное снижение выбросов ПГ от грузового транспорта. Для условий Великобритании железнодорожные перевозки производят около 33 гСО₂/т-км, а тяжёлые грузовики – в 4 раза больше – 138 гСО₂/ т-км.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В России доля электротяги поездов в совершении транспортной работы превышает 82%, транспорт нефти и нефтепродуктов полностью электрифицирован, транспорт природного газа – на 14%. • В Великобритании один из самых низких показателей электрификации железных дорог в ЕС (около 34%). Доля железнодорожных грузоперевозок на электротяге составит только 9% против 82% в России. • Каждый поезд в Великобритании позволяет убрать с дорог до 76 тяжёлых грузовиков и сократить работу дорожного грузового транспорта на 1,6 млрд т-км в год. Это приносит экологические выгоды на сумму более 1,6 млрд фунтов стерлингов в год.

1.2.4 Здания и системы теплоснабжения

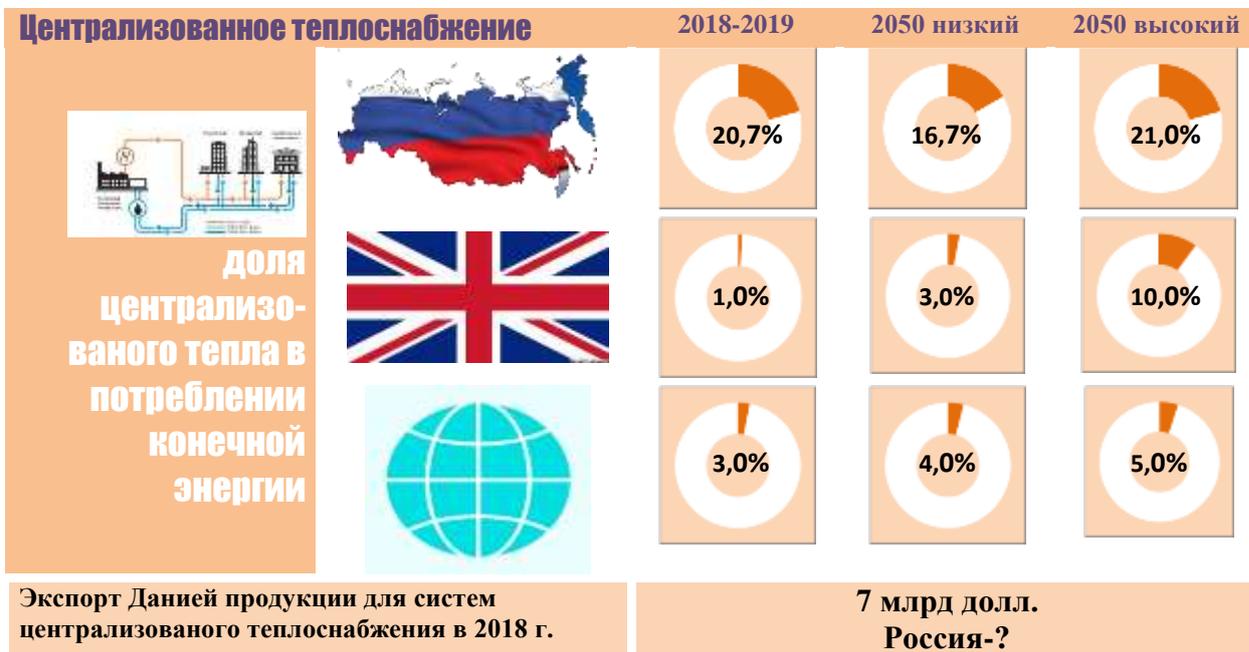
<p>Объем рынка «зеленых» строительных материалов уже к 2022 г. может достичь 365 млрд долл. Они будут применяться при строительстве примерно 10% зданий. Эта доля превысит 50% уже к 2030 г., а к 2050 г. – 80-90%.</p> <p>Рынок «зеленых» материалов, оборудования и услуг для строительства зданий с низким потреблением энергии (NZEB - «пассивных» и «активных» зданий) в 2050 г. можно оценить равным 10-17 трлн долл.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Глобальный рынок строительства зданий оценивается в 7,5-8,5 трлн долл в 2017 г. На 2020 г. его можно оценить равным 8,4-9,5 трлн долл. К 2030 г. его масштаб вырастет до 15,5 трлн долл., а к 2050 г. можно ожидать его роста до 25-30 трлн долл. • Для сравнения глобальный рынок топлива в 2019 г. равен примерно 7,5 млрд долл. и к 2050 г. не превысит 15 трлн в традиционных сценариях и 7-9 млрд долл. – в низкоуглеродных. • В мире насчитывается не менее 60 тыс. зданий, почти не потребляющих энергию (с расходом энергии на отопление примерно на 90% ниже существующих зданий и на 75% ниже новых «традиционных» зданий). • Их доля в фонде зданий еще мала: в 2018 г. их было введено 300 млн м² (немногим менее 5% всех новых зданий). Такие здания имеются уже во многих регионах мира. Во Франции все новые здания строятся по стандарту с низким потреблением энергии, а в Австрии, Бельгии и Италии доля таких зданий в 2018 г. превысила 20%. В ряде стран действуют программы поддержки строительства пассивных зданий. • Здания начинают превращаться в электростанции, и на базе этой концепции создаются здания с нулевыми выбросами ПГ (Zero Emissions Building).
<p>По сравнению с Германией (более 20000) количество пассивных домов в Великобритании (164) и в России (53-116) мало, но они есть. Великобритания в плане строительства зданий с низким потреблением энергии продвинулась ненамного дальше России.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Здание считается пассивным, если расход тепла на его отопление не превышает 10-15 Вт/м² жилой площади. В более холодном климате это значение может быть выше: 30-40 кВт·ч/м²/год). Эти показатели уже достигнуты на «пассивных» домах в России соответствуют и нормативам Финляндии (20-30 кВт·ч/м²/год) Первый «активный» дом построен в Подмосковье. • В 2025 г. эта доля вырастет до 37%, а в 2030 г. превысит 50%. Согласно прогнозам МЭА, в 2030 г. будет введено 4 млрд м² зданий с низким потреблением энергии, или более 50%. • К 2050 г. объемы строительства пассивных зданий могут составить: <ul style="list-style-type: none"> ○ в России – 0,3-110 млн м²; ○ в Великобритании – 16-30 млн м².

<p>Строительство пассивного дома обходится на 1-15% дороже, чем строительство здания, соответствующего действующим требованиям энергетической эффективности.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Чистое снижение выбросов ПГ зависит от соотношения снижения выбросов ПГ от использования топлива в здании, от производства используемой в нем электроэнергии или других энергоносителей, от выбросов, воплощенных в строительных материалах. Последние могут быть как ниже по сравнению с традиционными зданиями (при оптимизации дизайна и набора используемых материалов), так и выше на 15-25%. Оценки для Норвегии показывают, что чистое снижение выбросов ПГ превышает 20%. • Приростные капитальные затраты составляют 17-230 долл./м².
<p>Вопрос о стимулировании строительства зданий с высокими показателями энергетической эффективности в России на повестке дня не стоит. А он должен стоять!</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Нормативные акты, регулирующие сферу пассивного домостроения, не разработаны. Меры государственной поддержки также не применяются. • Все виды необходимых строительных материалов и оборудования на российском рынке доступны, и многие производятся в России. Опыт строительства и эксплуатации «пассивных» зданий также имеется. • Сектор экологического строительства при адекватной поддержке может стать точкой роста и принести мультипликативные эффекты, в т.ч. создание новых рабочих мест, увеличение налоговых поступлений, повышение экологической и энергетической эффективности.

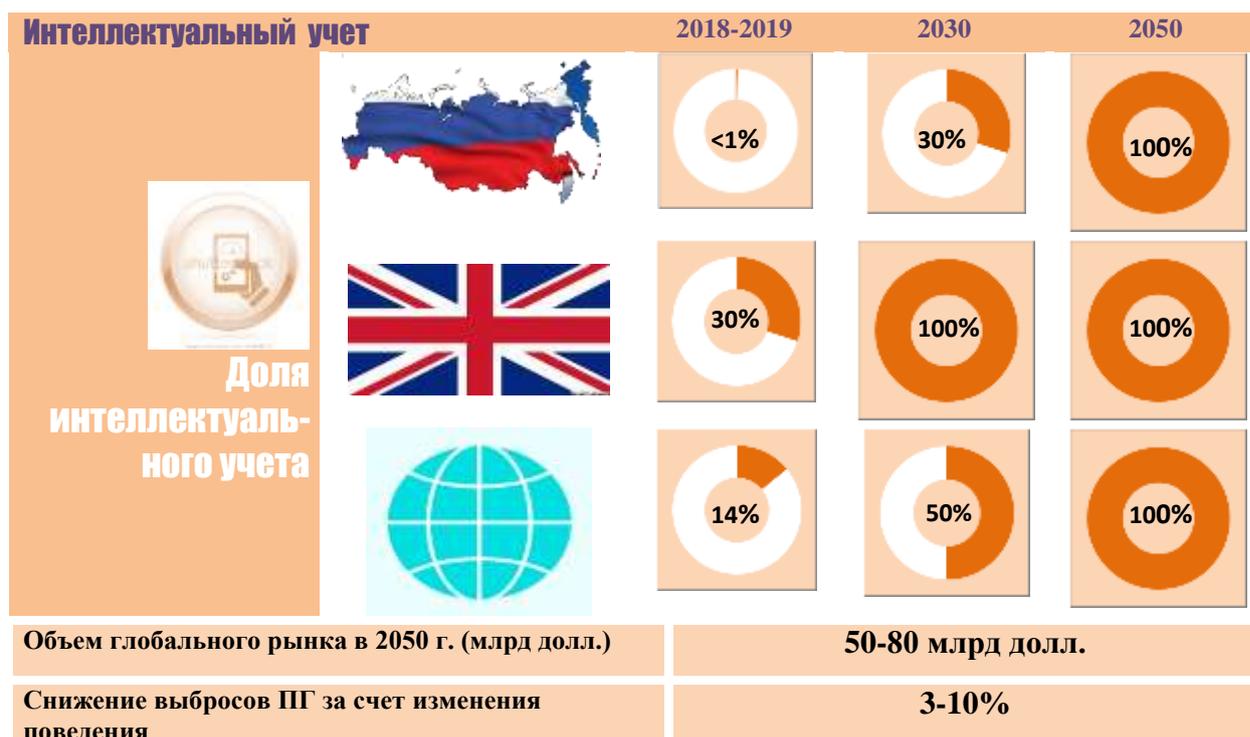
Пассивные здания		2018-2019	2050 низкий	2050 высокий
		зданий	ввод млн м2/год	
 <p>Пассивные и активные здания</p>		 <p>53-116</p>	 <p>0,3</p>	 <p>110</p>
		 <p>164</p>	 <p>16</p>	 <p>30</p>
		 <p>60000</p>	 <p>4000</p>	 <p>7000</p>
	<p>Объем глобального рынка «зеленого» строительства в 2050 г. (млрд долл.)</p>		<p>10 000-17 000</p>	
<p>Удорожание строительства</p>		<p>+1-15%</p>		
<p>Снижение выбросов по циклу жизни</p>		<p>-60-90%</p>		

<p>Россия является мировым лидером по масштабам развития централизованного теплоснабжения. Система теплоснабжения включает 50 тыс. локальных систем, более 73 тыс. источников тепла и более 17 тыс. теплоснабжающих организаций.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Охват жилищного фонда услугой централизованного отопления в 2018 г. составил 62%; централизованного ГВС – 52%. По оценкам ЦЭНЭФ-ХХI, в 2000-2018 гг. доля централизованного тепла составляла: <ul style="list-style-type: none"> ○ 21-28% в конечном потреблении энергии (3,5% в ЕС); ○ 45-49% в жилищном секторе (38% в Дании); ○ на долю ТЭЦ в 2019 г. пришлось 45,6% выработки тепловой энергии; ○ на АЭС и прочие станции – 1,1%; ○ на котельные – 45,9%; ○ еще 7,2% - на теплоутилизационные установки и 0,2% на электрокотлы; ○ производство тепловой энергии с применением биомассы составляет 2-3%; ○ доля потерь в тепловых сетях близка 10%.
<p>К 2050 г. в сценарии «1,5°C» потребление тепловой энергии снижается до 929 млн Гкал, а в базовом – растет до 1658 млн Гкал.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Рыночные перспективы централизованного теплоснабжения определяются параметрами повышения эффективности использования тепловой энергии и динамикой спроса на электроэнергию. • В проекте Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г. предполагается повышение доли выработки электрической энергии ТЭЦ по теплофикационному циклу с 30,4% в 2018 г до 40% в 2035 г. • Однако снижение потребления тепла позволяет сохранять выработку тепла от ТЭЦ только при существенном снижении доли котельных, но не позволяет существенно наращивать долю когенерации. • Наращивание масштабов выработки тепла на ТЭЦ возможно только для базового сценария.
<p>Выигрывая по масштабам, Россия существенно уступает по эффективности систем централизованного теплоснабжения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Переход на централизованное теплоснабжение оправдан, но выигрыш не очень велик даже при низких потерях в сетях и при наличии значительной и близко расположенной тепловой нагрузки. • Эффективность систем централизованного теплоснабжения в плане снижения выбросов ПГ зависит от используемых ресурсов при производстве тепла, эффективности источников тепла, потерь в тепловых сетях, эффективности регулирования подачи тепла и от др. факторов. • В Дании ожидается сдвиг в сторону ВИЭ в системах ЦТ, где доля ВИЭ повысится с 55% в 2018 г. до 76% в 2030 г. и будет медленно увеличиваться до 80% к 2050 г. под влиянием растущего потребления биомассы и вклада тепловых насосов, а также небольшого снижения общего потребления тепловой энергии. • В 2018 г. экспорт оборудования и технологий ЦТ из Дании составлял 6,8 млрд долл., тогда как экспорт вооружений из России равен примерно 15 млрд долл. в год.

<p>Для реализации концепции 4G в теплоснабжении России нужно снизить удельный спрос на тепловую мощность в 2 раза и изменить внутридомовые системы так, чтобы обеспечить необходимое количество тепла при использовании низкотемпературного теплоносителя.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Европейские стандарты предполагают, что на горизонте 25-30 лет централизованные системы теплоснабжения будут преобразованы в четвертое поколение и будут способны обеспечить: <ul style="list-style-type: none"> ○ отопление и горячее водоснабжение зданий с повышенными характеристиками теплозащиты за счет использования низкотемпературного теплоносителя и распределения тепла с низкими потерями тепловой энергии, а также ○ интегрировать в систему тепло от низкотемпературных ВИЭ (солнечные и геотермальные) и построить системы теплоснабжения и холодоснабжения в общую концепцию интеллектуальных систем энергоснабжения 4-го поколения (электроснабжения и газоснабжения). • Ясной долгосрочной стратегии по развитию централизованного теплоснабжения, встраиванию системы теплоснабжения и холодоснабжения в интеллектуальные системы энергоснабжения 4-го поколения в России нет. Для строительства ТЭЦ в зонах городских территорий, еще не обеспеченных источниками тепловой мощности, необходимо выделение субсидий.
---	---

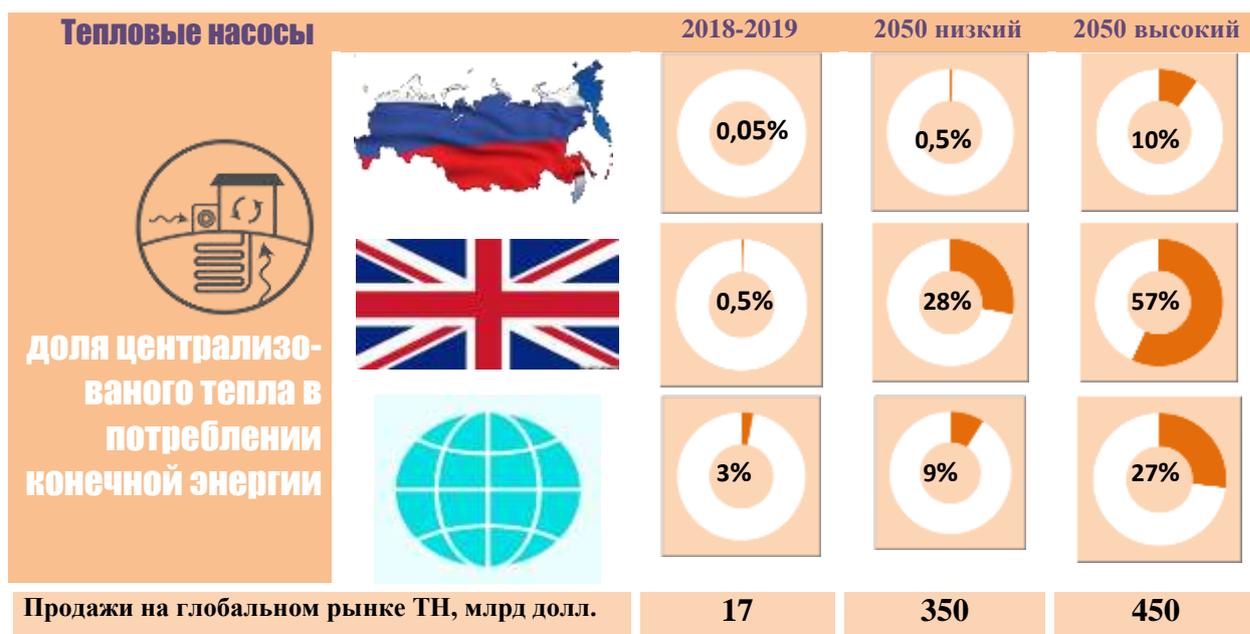


<p>Глобальный рынок «умных» счетчиков в 2018 г. превысил 11 млрд долл. и к 2025-26 гг. вырастет до 22-26 млрд долл.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Интеллектуальный (умный) прибор учета (smart meter) – это электронное устройство, которое записывает и запоминает данные о потреблении электрической энергии, воды или других ресурсов с заданными интервалами времени и передает эту информацию энергоснабжающей компании и потребителям для целей управления, мониторинга и биллинга. • Часто они снабжены дисплеями, позволяющими получать информацию о профилях потребления энергии и за счет изменения поведения экономить в среднем 4-5% энергии.
<p>В России уровень насыщения «умными» счетчиками еще очень низкий – менее 0,1%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В Великобритании: <ul style="list-style-type: none"> ○ в середине 2019 г. доля продвинутых приборов учета составляла уже 38% в нежилом секторе; а на умные приборы в жилищном секторе приходилось 30%; ○ разработан Кодекс «умной» энергии (SEC), который определяет права и обязанности разных участников процесса внедрения «умного» учета. • В мире в целом доля умного учета равна 14%, а парк приборов к 2021 г. достигнет 1 млрд штук.
<p>Умные счетчики должны поддержать переход к низкоуглеродной энергетической системе. Россия может предпринять усилия по ликвидации отставания.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В Великобритании: <ul style="list-style-type: none"> ○ поставщиков газа и электроэнергии обязали установить умные счетчики у всех потребителей в жилом секторе и у мелких потребителей в прочих секторах к 2020 г. Установка идет с отставанием по срокам. Ее завершение ожидается в 2024 г.; ○ 98% потребителей знают об умных счетчиках; у 29% они установлены; 66% тех, у кого они есть, будут рекомендовать их другим; а почти 13 млн (или 39%) тех, у кого таких счетчиков пока нет, хотели бы их иметь в ближайшие 6 месяцев. • К 2024 г. предполагалось перевести 95% россиян на «умные» счётчики электроэнергии, однако, имея в виду, что доля оборудования интеллектуальными приборами учета объектов «Россетей» в 2024 г. достигнет только 30%, на решение такой задачи уйдет заметно больше времени.

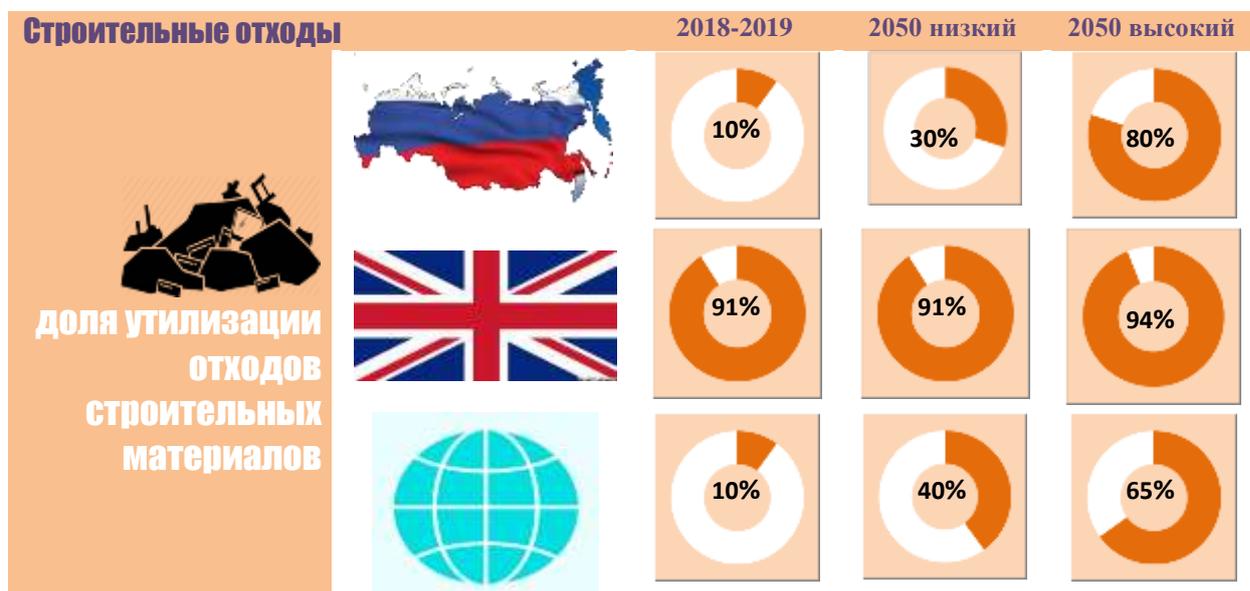


<p>Продажи на глобальном рынке ТН в 2019 г. составили 17 млрд долл., а к 2050 г. они могут вырасти до 350-450 млрд долл.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Почти 18 млн домохозяйств в мире установили тепловые насосы (ТН) в 2018 г. В целом по миру тепловые насосы используются для отопления 3% зданий. • В таких странах с холодным климатом, как Норвегия и Швеция, обеспеченность тепловыми насосами на 1000 домохозяйств равна соответственно 400 и 330⁶, в Великобритании – около 5, а в России – менее 1. • Таким образом, и Великобритания и Россия стартуют с низкого уровня. Однако в Великобритании прогнозируется быстрый старт – рост продаж ТН с 18 тыс. в 2018 г. до 1149 тыс. в 2035 г.
<p>В базовом сценарии доля жилого фонда России, отапливаемого ТН, к 2030 г. составит 0,2%, а в 2050 г. – 0,5%; в сценарии «1,5°C» – 2% и 10%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В России существует только один нормативно-правовой акт, который стимулирует через механизмы ускоренной амортизации и налоговых послаблений использование тепловых насосов в промышленности. • Во многих странах существуют субсидии и льготы на использование ТН. • Новый инструмент – введение стандартов на углеродоемкость поставляемого в здание тепла, или в расчете на отопление 1 м²
<p>Перспективные модели ТН к 2050 г. позволят снизить выбросы ПГ в 20 раз по сравнению с газовыми котлами.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использование существующих ТН приводит к сокращению выбросов ПГ на 50-70% при производстве горячей воды и на 46-54% - тепла на отопление. • Для условий Великобритании замена газового котла на ТН при условии, что все электроэнергия вырабатывается на газовых ТЭС, дает снижение выбросов ПГ при коэффициенте преобразования ТНУ выше 1,72.

⁶ The Heat Pump Association. UK. DELIVERING NET ZERO: A ROADMAP FOR THE ROLE OF HEAT PUMPS. 2019.



<p>В России объемы строительных отходов в 2018 г. составили 36 млн т, из которых утилизируется не более 10%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В Великобритании объем строительных отходов в 2016 г. составил 66,2 млн т, из которых утилизирован 91%; • В ЕС эта доля должна составлять не менее 70% в 2020 г. • В Китае она равна 5%. • По имеющимся оценкам, доля переработки строительных отходов в Российской Федерации может достигать 80%.
<p>Достижение высоких уровней переработки и утилизации стройматериалов невозможно без мер государственной поддержки.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Размер экологических платежей за складирование отходов в Германии доходит до 120 евро/т, в Италии – до 90 евро/т, в Финляндии – до 60 евро/т. • В Японии для решения проблемы внедрены механизмы «Ноль отходов» – ZeroWaste. • В России меры государственной поддержки не распространяются на сектор строительных отходов.



1.2.5 Межсекторные технологии. Водород

<p>В середине XXI века емкость рынка водорода может достигнуть 2,5 трлн долл. Потенциальная рыночная ниша России на этом рынке – 10% (до 50 млн т в 2050 г.). Крупными поставщиками водорода, метановодородной смеси и аммиака могут стать: ПАО «Газпром», Госкорпорация «Росатом», ПАО «Новатэк», «Русгидро» и др.</p>	<p>Энтузиасты отрасли ожидают, что мировое производство водорода начнет динамично расти после 2030 г. и к 2050 г. достигнет 200-545 млн т. Водород станет «новой нефтью» и будет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • приводить в действие более 400 млн легковых автомобилей, 15-20 млн грузовиков и 5 млн автобусов; • покрывать 10% потребности в тепле зданий, а также часть спроса на высокотемпературное тепло; • использоваться для производства 10% стали; • составлять до 20% объема газовых сетей; • служить сырьем (наряду с использованием захваченного углерода) для запуска процесса рециклирования углерода при производстве альтернативы существующим видам ископаемого топлива; • покрывать 18% потребностей в конечной энергии при снижении выбросов ПГ на 6 Гт CO_{2экв.}; • служить рынком для преобразования в водород 250-300 млрд кВт-ч избыточной в пик электроэнергии СЭС и ВЭС; • давать работу 30 млн чел.
<p>В 2019 г. в мире использовано около 75 млн т водорода, из которых только 1% - на основе электролиза. В России в 2019 г. производство водорода составило 2,6 млн т, а в Великобритании – 0,7 млн т. Основными направлениями развития водородной экономики являются:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • в России – производство на АЭС и ГЭС и с использованием новых технологий, включая адиабатическую конверсию метана, с ориентацией на экспорт водорода (2 млн т на сумму 1,7–3,1 млрд долл. в год). Ожидается, что в России водородная энергетика сформируется к 2025-2035 гг. Для внедрения водородных технологий необходимы меры господдержки, регламенты промышленной безопасности использования водорода в разных сферах. Для развития водородной энергетике могут быть даны льготы для автотранспорта, государственного софинансирования строительства заправок подобно тому, как это делается в отношении газификации транспорта; • в Великобритании – производство преимущественно на основе ВИЭ с использованием в газовых сетях и в топливных элементах в основном для декарбонизации зданий и транспорта.
<p>Стоимость получения «зеленого» водорода пока заметно выше, чем «серого» («черного») или «голубого». Ожидается достижение паритета в 20-х-30-х годах.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличение единичной мощности проектов и снижение стоимости электроэнергии от СЭС и ВЭС позволит снизить себестоимость производства водорода к 2030 г. до 1,4, а к 2050 г. – до 0,8 долл./кг, что сделает его дешевле «голубого» водорода. • На создание новой отрасли – водородной экономики – потребуется 20-25 млрд долл. ежегодных инвестиций, а кумулятивно до 2030 г. – 280 млрд долл.



1.3 В России есть опыт применения всех рассмотренных низкоуглеродных технологий. Однако по многим из них масштабы применения еще очень скромные

<p>Да, мы можем! В России есть опыт применения всех рассмотренных низкоуглеродных технологий (рис. 1.1).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Однако по многим из них масштабы применения очень скромные. • Без их наращивания невозможно выйти на новые рынки низкоуглеродной продукции, которые в середине века по масштабам превысят топливные рынки (рис. 1.2). • Россия находится среди лидеров по: <ul style="list-style-type: none"> ○ развитию ядерной энергетики, ○ масштабам применения централизованного теплоснабжения, ○ роли недорожного транспорта в структуре грузоперевозок. • Дополнительный экспортный потенциал этих групп технологий довольно ограничен.
---	--

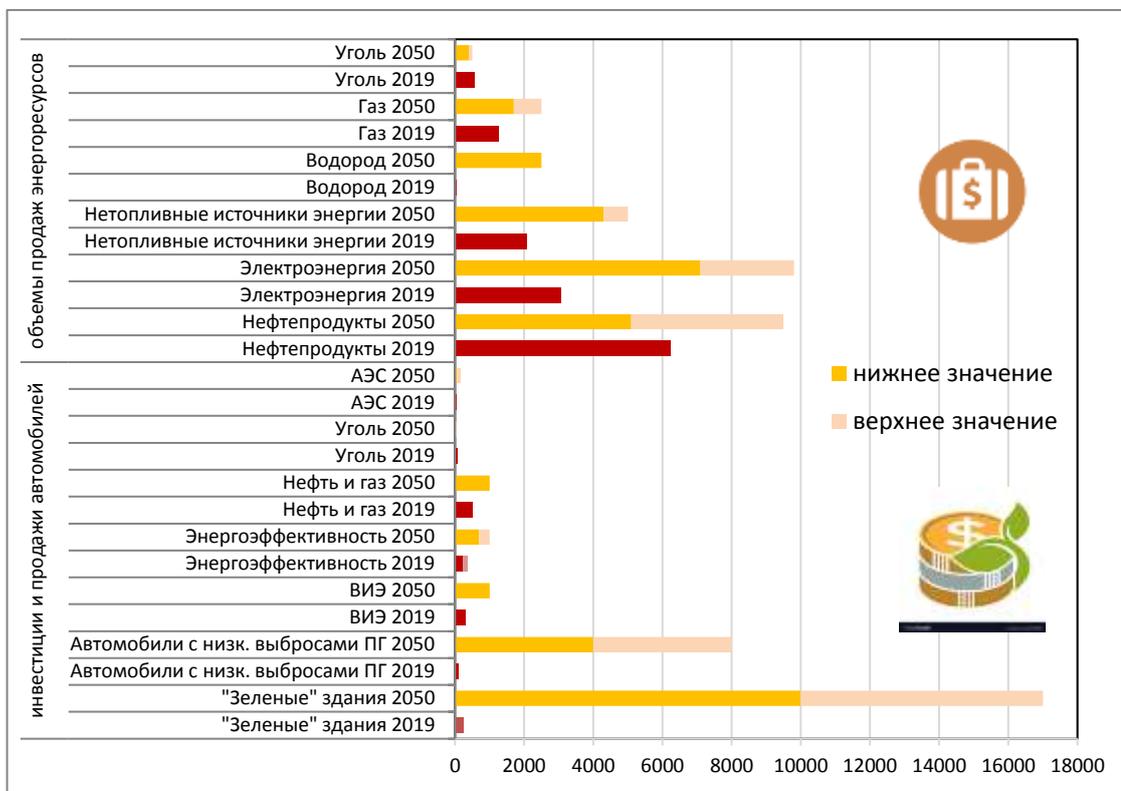
Рисунок 1.1 Результаты мониторинга интенсивности применения основных групп низкоуглеродных технологий в России, в Великобритании и мире по состоянию на 2018-2019 гг.

Группы низкоуглеродных технологий	Россия		Россия	Велико-британия	Мир
	Наличие опыта применения	Масштабы поддержки, млрд руб.			
Электроэнергетика					
ВЭС	✓	10	●	●	●
СЭС	✓		●	●	●
Биотопливо	✓		●	●	●
АЭС	✓	200	●	●	●
Промышленность					
Энерго -и углеродоемкость	✓		●	●	●
Сертификация ISO 50001	✓		●	●	●
Использование макулатуры	✓		●	●	●
Транспорт					
Топливная экономичность автомобилей	✓		●	●	●
Электромобили	✓		●	●	●
Гибридные автомобили	✓		●	●	●
Газовые автомобили	✓	6,2	●	●	●
Общественный и активный пассажирский транспорт	✓		●	●	●
Недорожный грузовой транспорт	✓		●	●	●
Биотопливо на транспорте			●	●	●
Здания					
Интеллектуальный учет	✓		●	●	●
Тепловые насосы	✓		●	●	●
"Пассивные" здания	✓		●	●	●
Централизованное теплоснабжение	✓		●	●	●
Использование строительных отходов	✓		●	●	●
Межсекторные технологии					
Водород	✓		●	●	●

Источник: ЦЭНЭФ-XXI; University College London. Institute for Sustainable Resources; IEA. Tracking Clean Energy Progress. Assessing critical energy technologies for global clean energy transitions <https://www.iea.org/topics/tracking-clean-energy-progress>.

<p>Сценарий «Мир уходит в «зеленое» будущее, а Россия топчется на месте в «красном» настоящем и с грустью смотрит вслед» для нас не годится!</p> <p>Мы можем, и уже начали двигаться, но пока еще очень робко. Важно измерить реальную скорость движения и понять, что отстать нельзя! Нужно догнать!</p> <p>Нужно повысить индекс готовности к будущему!</p> <p>Перечень основных вызовов и рисков для России:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ограничение рынков сбыта традиционных российских товаров и услуг. Старые рынки (ископаемое топливо) могут обеспечить только стагнацию экономики России на близком к нынешнему уровню до 2050 г. • Ослабление геополитической роли энергетического фактора и геополитического влияния России. • Обесценивание неамортизированных топливных активов и падение рыночных котировок акций ведущих российских компаний ТЭК. • Ужесточение конкуренции поставщиков на топливных рынках, условия на которых диктует потребитель. • Снижение конкурентоспособности российских товаров и услуг по причине сохранения низкой энергоэффективности и возможного введения таможенных барьеров на ввоз товаров с высоким «углеродным следом». • Сохранение или углубление технологической отсталости. • Невозможность встраивания в глобальные цепочки создания стоимости на быстрорастущих рынках новейшей наукоемкой продукции. • Репутационные риски, связанные с восприятием России как страны, отстающей от общемировых тенденций низкоуглеродного и технологического развития. • Риски неприятия общественностью и потребителями многих стран продукции с высоким «углеродным следом». • Макроэкономические риски, интегрирующие эффекты перечисленных выше рисков, а также ограничения доступа к финансовым ресурсам «зеленеющего» финансового рынка.
---	--

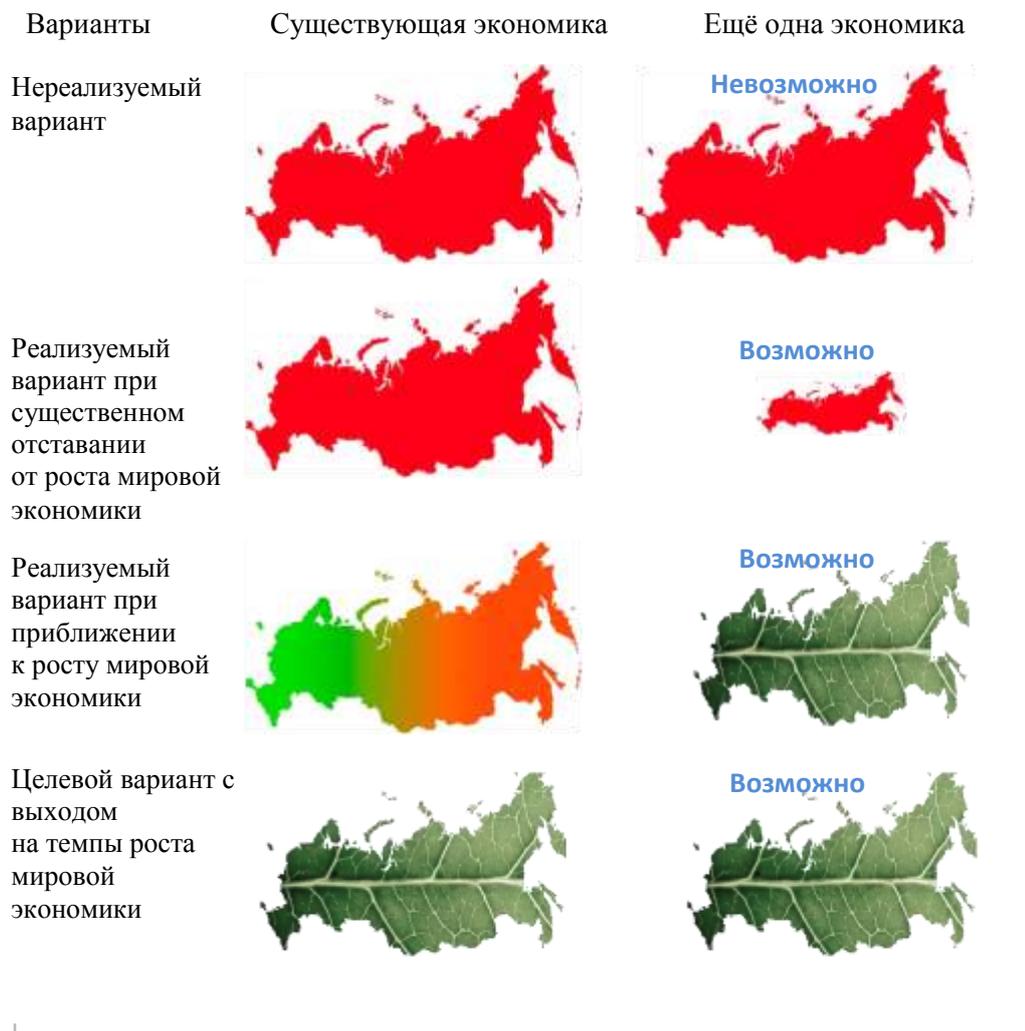
Рисунок 1.2 Глобальные масштабы инвестиций и объемы продаж по отдельным группам технологий и энергоресурсов в 2019 г. и в 2050 г.



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

<p>Зачем России переходить на траекторию низкоуглеродного развития?</p> <p>Отставание в технологической гонке равнозначно рискам потери даже имеющих рыночных ниш, не говоря уже об их расширении.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Можно продолжать малопродуктивные споры неспециалистов с учеными о том, по каким причинам изменяется климат. • Важно, что мир начал переход на низкоуглеродную модель роста и этот процесс необратим. • Отстать легко, догнать – трудно. • Отставание в этом движении – угроза безопасности и технологической отсталости. • По сырьевой модели динамичного роста нет уже 10 лет и не будет.
<p>По модели «красной экономики» удвоить российский ВВП к 2050 г. и догнать мир по темпам роста просто невозможно!</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Перед Россией стоит задача обеспечить темпы роста экономики равные среднемировым. Глобальный ВВП в 2020 г. будет примерно в 2,5 раза больше уровня 2015 г. • Старые рынки (ископаемое топливо) могут обеспечить только стагнацию экономики России на близком к нынешнему уровню до 2050 г. • Нужны новые драйверы роста. Это низкоуглеродные технологии.

Рисунок 1.3 **Варианты роста масштабов экономики России к 2050 г.**



Источник: ЦЭНФ-XXI

2 ГРАНИЦЫ И ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА

2.1 Перечень низкоуглеродных технологий

В данной работе представлена концепция и первые результаты создания системы мониторинга внедрения низкоуглеродных технологий в России и сопоставления уровня применения этих технологий в России и Великобритании. Вся работа по созданию системы мониторинга была разбита на несколько этапов. Первый – составление списка из 20-40 технологий для формирования предварительной версии системы мониторинга. Далее – согласование метрик для анализа как нынешнего, так и перспективного масштаба применения этих технологий. Наконец, третий этап – выявление и систематизация источников информации, на базе которых создается система мониторинга.

Низкоуглеродных технологий довольно много. Можно, скорее, говорить об агрегированных технологиях или об их кластерах. МЭА ведет мониторинг продвижения на рынки 45 таких агрегированных технологий. В основном в фокусе разных систем мониторинга находятся следующие технологии:

- **электро- и теплоэнергетика** – ВЭС, СЭС, прочие ВИЭ, АЭС, ГЭС, эффективная выработка на ископаемом топливе, распределенная энергетика, «умные сети», мини-энергосистемы, системы хранения энергии и зарядная инфраструктура;
- **промышленность** – эффективное использование материалов и вторичная переработка (экономика замкнутого цикла); параметры эффективности энергоемких промышленных технологий; утилизация тепла, электрификация промышленных процессов и замена топлива в средне/высокотемпературных процессах; замена топлива как сырья для неэнергетических нужд;
- **транспорт** – электромобили, гибридные автомобили, автомобили на газе, каршеринг, технологии автоматического вождения, повышение энергоэффективности транспортных средств; рост доли «мягкой» мобильности, применение альтернативных видов энергии, развитие общественного транспорта;
- **здания** – эффективное использование материалов при строительстве и замена энергоемких материалов на деревянные конструкции, здания с почти нулевым потреблением энергии, пассивные и активные здания, энергоэффективные бытовые приборы и технологии освещения; микрогенерация на стороне потребителя (тепловые насосы, солнечные водонагреватели, фотоэлектрические модули, биомасса); умный учет, контроль и управление энергопотреблением, «умные дома», энергонакопители на уровне здания, облачные технологии для офисов и повышение эффективности информационных центров;
- **межотраслевые технологии** – биоэнергетика (на твердом, жидком топливе и биогазе); водородные технологии; технологии освещения; эффективные электродвигатели; улавливание и хранение углерода.

На первом этапе создания системы мониторинга и сопоставительного анализа были отобраны технологии, которые представляют интерес как для России, так и для Великобритании. Из первоначального списка для анализа было отобрано 24 группы низкоуглеродных технологий (НУТ):

- **электро- и теплоэнергетика:**
 - АЭС;
 - ВЭС на суше;

- ВЭС на шельфе;
- СЭС сетевые;
- СЭС – мини-генерация;
- прочие ВИЭ (без ГЭС) для выработки тепла;
- **промышленность:**
 - обобщенные характеристики энерго- и углеродоемкости промышленности;
 - число сертифицированных систем энергоменеджмента;
 - доля использования макулатуры при производстве бумаги и картона;
- **транспорт:**
 - электромобили;
 - гибридные автомобили;
 - автомобили на газе;
 - доля общественного и активного транспорта;
 - доля грузооборота неавтомобильного транспорта;
 - использование биотоплива для дорожного транспорта;
- **здания:**
 - умный учет;
 - тепловые насосы;
 - пассивные здания;
 - централизованное теплоснабжение;
 - повторное использование отходов от строительства и сноса зданий;
- **межотраслевые технологии:**
 - технологии производства водорода;
 - технологии транспорта метано-водородной смеси.

Этот список технологий очерчивает границы анализа. В первую очередь проводится анализ существующих масштабов применения этих технологий и определяются координаты достигнутых масштабов относительно траекторий, позволяющих реализовать стратегические целевые установки по масштабам применения НУР в середине XXI века. Таким образом, сравнение проводится в двух срезах:

- динамическом – относительно траекторий достижения целевых или сценарных масштабов применения НУР;
- географическом – относительно динамики применения НУР в России в сравнении с Великобританией и с миром в целом.

Это предполагает наличие стратегических целевых установок по масштабам развития низкоуглеродных технологий и механизмов их достижения. При отсутствии явно заданных целевых установок могут проводиться сравнения с траекториями для альтернативных сценариев внедрения низкоуглеродных технологий. Важной задачей также является оценка влияния роста использования и производства низкоуглеродных технологий на параметры макроэкономического развития и экспортный потенциал России.

2.2 Метрики для описания низкоуглеродных технологий

Другим элементом, определяющим границы анализа, является выбор метрик для описания отдельных НУТ. Эти технологии могут описываться с разной степенью детализации. В данной работе для описания НУТ используются семь приведенных ниже метрик (табл. 2.1). Только на основе формирования адекватных метрик можно проводить корректные межстрановые сопоставления и корректно трактовать результаты сравнения уровней использования и эффектов от применения НУТ в России, Великобритании и других странах, а также проводить сравнения с параметрами НДТ.

Таблица 2.1 Метрики для описания низкоуглеродных технологий

№	Метрика	Описание
1	Рыночная ниша	В зависимости от технологии может отражаться индикатором доли на рынке (в генерации, в продажах, в парке автомобилей и т.п.) или степени обеспеченности (например, электромобилей на 1000 человек)
2	Затраты на реализацию технологии	Удельные затраты на единицу мощности или на единицу экономии энергии, приведенные затраты на единицу производства электроэнергии (LCOE), приростные затраты по сравнению с традиционной технологией, потребность в субсидировании
3	Прочие важные характеристики технологии	Технологические особенности, средняя мощность установок, их эффективность – КПД, КИУМ, тип реактора АЭС, высота несущей башни, диаметр ротора, технология слежения за солнцем (стационарные или трекерные системы)
4	Экологические, экономические и социальные выгоды	Экологические характеристики, повышение энергетической и экономической безопасности, влияние на занятость, уровень локализации, возможность захвата новых рыночных ниш и встраивания в цепочки добавленной стоимости
5	Требования к инфраструктуре	Физическая инфраструктура, необходимая для запуска, интеграции в системы энергоснабжения и масштабирования применения НУТ
6	Механизмы продвижения НУТ	Наличие и эффективность мер политики, стимулирующих или ограничивающих масштабирование НУТ
7	Степень политической и общественной поддержки НУТ	Отношение к развитию НУТ со стороны правительства, основных стейкхолдеров, политических сил и общества в целом

Источник: University College London и ЦЭНЭФ-XXI.

2.3 Источники информации

Самая большая проблема при создании системы мониторинга внедрения НУТ связана с организацией *устойчивого* сбора *надежной* информации. В идеале, система мониторинга должна работать подобно созданной в 2019 г. ЦЭНЭФ-XXI для Минэкономразвития России системе расчета энергоемкости ВВП Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости ВВП. Эта методика была оформлена Приказом № 471 Министерства экономического развития **Российской Федерации** от 01.08.2019 г. «Об утверждении методики расчета энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации». Она базируется исключительно на использовании статистической информации, которая является входом в разработанную ЦЭНЭФ-XXI *Модель оценки вклада технологического фактора в снижение энергоемкости ВВП (MoTFC-16-80)*. *MoTFC-16-80* позволяет проводить

расчеты по 16 секторам потребления энергии и по 80 направлениям использования энергии. На выходе получаются оценки динамики 102 индикаторов энергоэффективности.

В отношении мониторинга рыночных ниш для 24 перечисленных выше НУР дело обстоит сложнее, поскольку для некоторых из этих технологий, применяемых в малых масштабах, статистический учет не налажен. В первую очередь это касается объектов мини- и распределенной генерации, применения тепловых насосов в зданиях, оценки числа пассивных зданий и др. Значительная часть установок оказывается за счетчиком – на стороне потребителя, и сбор такой информации довольно сложен. Поэтому помимо статистической информации требуется привлечение значительного объема дополнительных разнообразных источников информации (см. рис. 2.1). Технологии сбора, систематизации, агрегирования и верификации такой информации еще не отлажены. Помимо количественных оценок важно иметь информацию по метрикам для описания технологий (см. табл. 2.1). Для такого описания также важно мобилизовать дополнительные источники информации.

Рисунок 2.1 Источники информации



Источник: Башмаков И.А. Мониторинг внедрения низкоуглеродных технологий в России: возможности для ускорения и риски отставания. ЭВР. №№ 10-11, 2019.

В данной работе использовались несколько технологий сбора информации (табл. 2.2).

Список источников расположен в порядке убывания: (а) регулярности, (б) надежности и сопоставимости данных, а также в порядке возрастания трудоемкости сбора данных. Для ряда НУТ возникает проблема экстраполяции данных, полученных на ограниченной выборке, на всю Российскую Федерацию. В тех случаях, когда такая экстраполяция производилась, ЦЭНЭФ-XXI подходил к решению этой задачи с максимальной осторожностью.

Таблица 2.2 Источник информации для системы мониторинга масштабов применения НУТ

Источники данных	Комментарии	Регулярность	Надежность и сопоставимость
Данные статистики	• Сбор данных форм официальной российской статистической отчетности	Высокая	Высокая
	• Сбор данных официальной статистики МЭА, Великобритании и др. стран	Высокая	Высокая
Данные органов власти	• Сбор данных с сайтов и публикаций органов исполнительной власти России, Великобритании и др. стран	Высокая	Высокая
Данные профессиональных ассоциаций и крупных компаний	• Сбор данных с сайтов и публикаций профессиональных ассоциаций и из профессиональных изданий	Умеренная	Умеренная
	• Сбор данных с сайтов и публикаций компаний, которые производят, монтируют, эксплуатируют, обслуживают НУТ	Умеренная	Умеренная
Фрагментарные сведения из разных источников	• Данные с сайтов мелких компаний, данные проведенных ЦЭНЭФ-XXI опросов, в т.ч. с помощью журнала «Региональная энергетика».	Низкая	Низкая

Источник: University College London и ЦЭНЭФ-XXI.

3 ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ПГ В 1800-2018 ГГ.

3.1 Мир

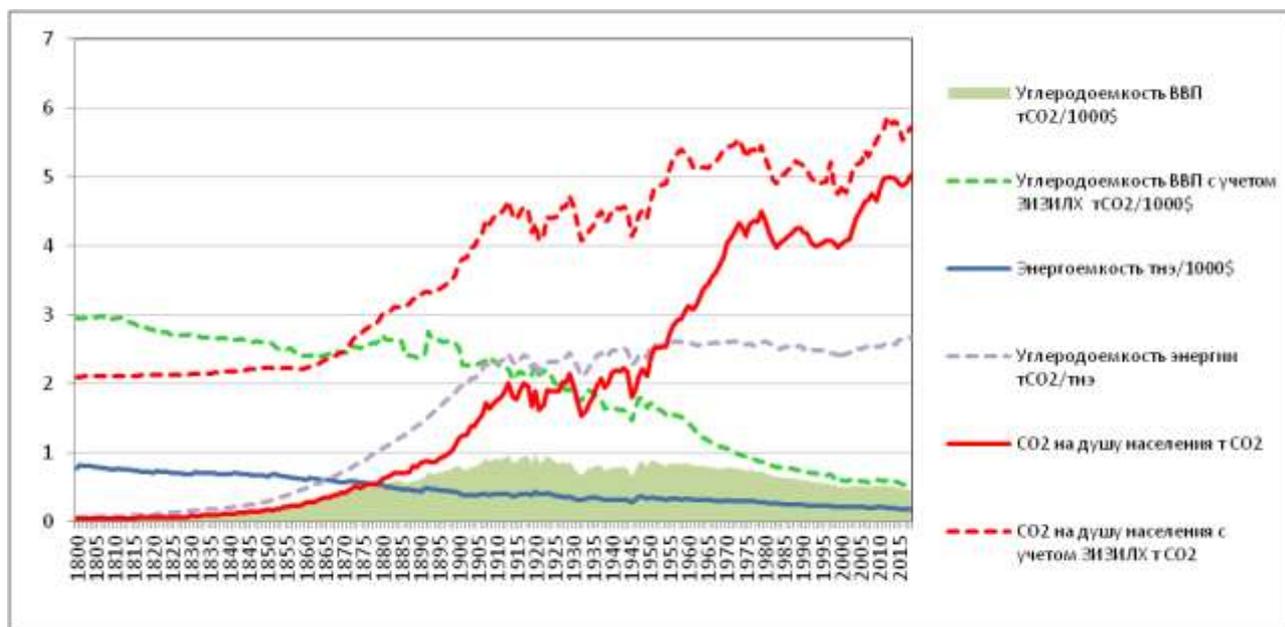
Прежде чем перейти к анализу масштабов применения низкоуглеродных технологий в России и Великобритании, важно показать, как изменялась динамика выбросов ПГ в ретроспективе и какие цели ставят перед собой эти две страны.

Анализ вековых тенденций динамики антропогенных выбросов CO₂ (рис. 3.1) и изменений в мировом энергобалансе (рис. 3.2) показывает, что:

- более половины наблюдаемого повышения средней глобальной приземной температуры обусловлено увеличением концентраций парниковых газов;
- две трети антропогенной эмиссии CO₂ в 1750-2018 гг. приходится на сжигание ископаемого топлива и производство цемента;
- треть наблюдаемого глобального потепления (0,3°C) порождена выбросами CO₂ от сжигания угля, которые в 2018 г. превысили 10 ГтCO_{2экв}. На фоне сворачивания угольной генерации в последние годы в развитых странах опора на дешевый уголь сохраняется в быстрорастущих экономиках Азии;
- половина накопленных с 1750 г. выбросов CO₂ от сжигания топлива и производства цемента произведена после 1990 г.;
- главным драйвером роста выбросов является рост мирового ВВП;
- энергоемкость глобального ВВП с 1800 г. сократилась в 4 раза.⁷ Повышение энергоэффективности сдерживало рост выбросов ПГ практически на всем ретроспективном временном горизонте, но не могло его полностью нейтрализовать;
- удельное содержание CO₂ в единице первичной энергии быстро росло до начала XX века, затем рост резко замедлился и после 1950 г. оно практически стабилизировалось;
- потребление первичной энергии в 1900-2018 гг. выросло в 14-18 раз. В структуре потребления энергии происходили заметные сдвиги, но в 2018 г. на долю органических топлив все еще приходилось более 80% мирового потребления первичной энергии;
- удельные выбросы CO₂ от всех секторов на единицу глобального ВВП (с учетом сектора ЗИЗИЛХ) снижаются с 1750 г.;
- удельные выбросы CO₂ от сжигания топлива и производства цемента на единицу глобального ВВП росли до 1910 г., а затем стали снижаться;
- выбросы ПГ на душу населения продолжали расти со структурой динамики «*stop-and-go*» с выходом после 2000 г. на стадию *go*, а после 2010 г. – на стадию «*stop*».

⁷ Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности и экономический рост. // Вопросы экономики. № 8, 2019.

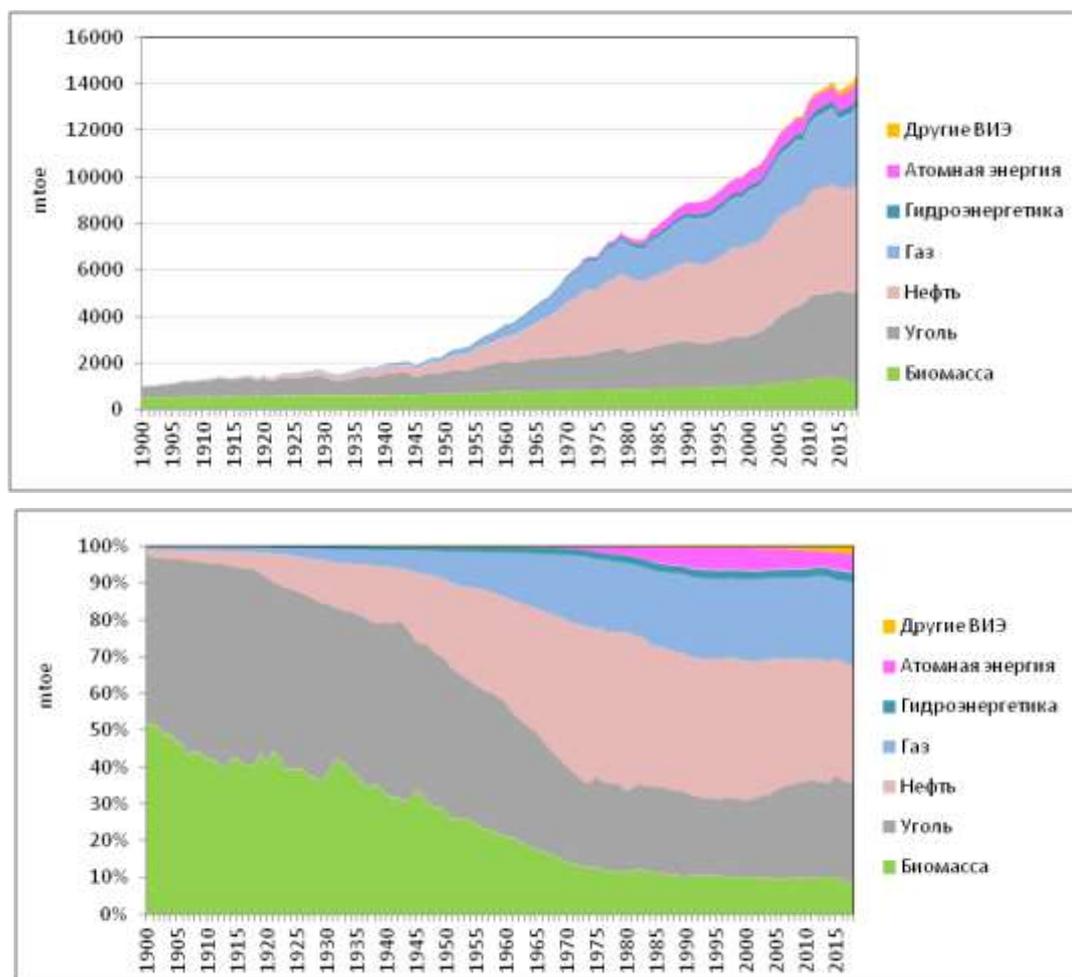
Рисунок 3.1 Удельные выбросы CO₂ и энергоёмкость глобального ВВП в 1800-2018 гг.



* Углеродоемкость ВВП показана в тCO₂/1000 долл. ВВП в ценах 2010 г. по рыночному курсу, энергоёмкость ВВП – в тнэ/1000 долл. ВВП в ценах 2010 г. по рыночному курсу.

Источники: численность населения в 1750-1949 гг. была оценена на основе J. Bradford DeLong. Estimating World GDP, One Million B.C. – Present. Department of Economics, U.C. Berkeley delong@econ.berkeley.edu; Численность населения в 1751-1799 гг. была оценена на основе темпов годового роста 0,57% в год. Численность населения в 1950 г. – по данным United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Population Prospects: The 2015 Revision, DVD Edition. <https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/>. Оценка ВВП в 1750-1960 гг. – на основе J.B. DeLong. Estimating World GDP, One Million B.C.; OECD. 2006. Development Centre Studies. The World Economy. Volume 1: A MILLENNIAL PERSPECTIVE. Volume 2: HISTORICAL STATISTICS [ONS, UK, 2015a. Consumer Trends publications](http://www.ons.gov.uk/ons/rel/consumer-trends/consumer-trends/index.html) <http://www.ons.gov.uk/ons/rel/consumer-trends/consumer-trends/index.html>. Данные по ВВП после 1960 г. взяты из World Development Indicators. World Bank. ВВП в долл. 2010 г. за 1750-1959 гг. оценен на основе годовых и десятилетних средних значений, средних темпов роста за 25 и 50 лет от базового уровня 1960 года.

Рисунок 3.2 Потребление первичной энергии по видам энергоресурсов: 1900-2018 гг.



Источники: ИААА. Данные TNT program. PEN database. <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/TransitiontoNewTechnologies/Objectives.en.html>; данные за 2015-2018 гг. получены на основе данных IEA World Energy Balances за разные годы; BP Statistical Review of World Energy, June 2016, и Enerdata Global Energy Statistical Yearbook 2018.

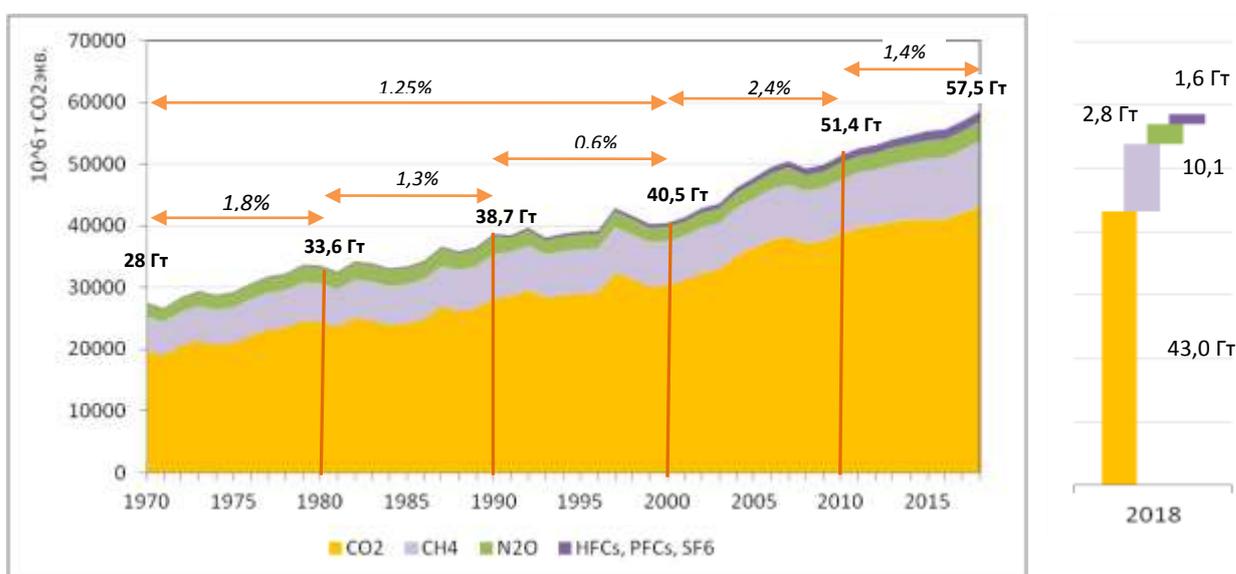
Анализ динамики выбросов ПГ по миру в целом в 1990-2018 гг. показывает, что:

- антропогенные выбросы ПГ выросли с 38,7 до 57,6 млрд т, или на 49%, а выбросы CO₂ – с 28 до 43 млрд т, или на 52%;
- выбросы ПГ в секторе «энергетика» выросли на 64%, обеспечили почти весь (92%) прирост выбросов ПГ от всех источников и укрепили его доминирование: вклад этого сектора в совокупную эмиссию ПГ увеличился до 65%, а в эмиссию CO₂ – до 80%;
- в странах Приложения I доля энергетического сектора в выбросах равна 80-90%, а в прочих странах – 55-75%. Доля энергетического сектора в выбросах прочих парниковых газов равна 37%;
- после кратковременного выхода на плато в 2014-2016 гг. рост выбросов ПГ в этом секторе возобновился. Согласно оценкам ВР, в 2017 г. выбросы выросли на 329 млн т CO₂, а в 2018 г. – на 648 млн т CO₂; по данным МЭА, прирост выбросов составил соответственно 527 и 565 млн т CO₂ (1,7%);⁸

⁸ <https://www.iea.org/geco/emissions/>.

- такой рост в значительной мере порождался процессами электрификации многих секторов мировой экономики. В итоге выбросы ПГ, порождаемые процессами производства электрической и тепловой энергии, в 1990-2018 гг. выросли в 2 раза (на 102%) и обеспечили почти половину прироста выбросов CO₂ и 37% прироста выбросов всех ПГ;
- значительный рост мобильности как людей, так и грузов, привел к тому, что вторым по значимости вклада в прирост выбросов стало потребление топлива на транспорте. Выбросы CO₂ от транспорта выросли на 83% и определили прирост суммарных выбросов CO₂ на 25%, а с учетом бункеровки воздушных и морских судов – на 28%;
- третьим по значимости вклада в прирост выбросов ПГ стало сжигание топлива в промышленности, выбросы от которого выросли на 37%, что эквивалентно 12% суммарного прироста выбросов CO₂;
- выбросы от сжигания топлива в прочих секторах (здания, сельское хозяйство и рыболовство) выросли только на 1%;
- снизился объем выбросов, порождаемых утечками и выбросами в процессах добычи нефти и газа, но в процессах добычи твердых топлив он продолжал расти;
- выбросы от промышленных процессов выросли на 141%, а их доля в суммарных выбросах составила 8%;
- выбросы ПГ от сельского хозяйства увеличились на 26%, а их доля в суммарных выбросах составила 12%;
- существенно – на 11% – снизились выбросы ПГ от сектора землепользования и лесопользования. Однако этот показатель ведет себя довольно неустойчиво и оценивается с довольно большой неопределенностью.

Рисунок 3.3 Динамика выбросов основных парниковых газов. Мир, 1970-2018 гг.



Источники: ЦЭНЭФ-XXI по базам данных EDGAR, IEA, EIA, CIAT, BP, CDIAC, SHIFT, WB-WDI, BP, Enerdata, Potsdam Institute For Climate Impact Research. Оценки ряда составляющих выбросов ПГ за 2011-2018 гг. проведены ЦЭНЭФ-XXI.

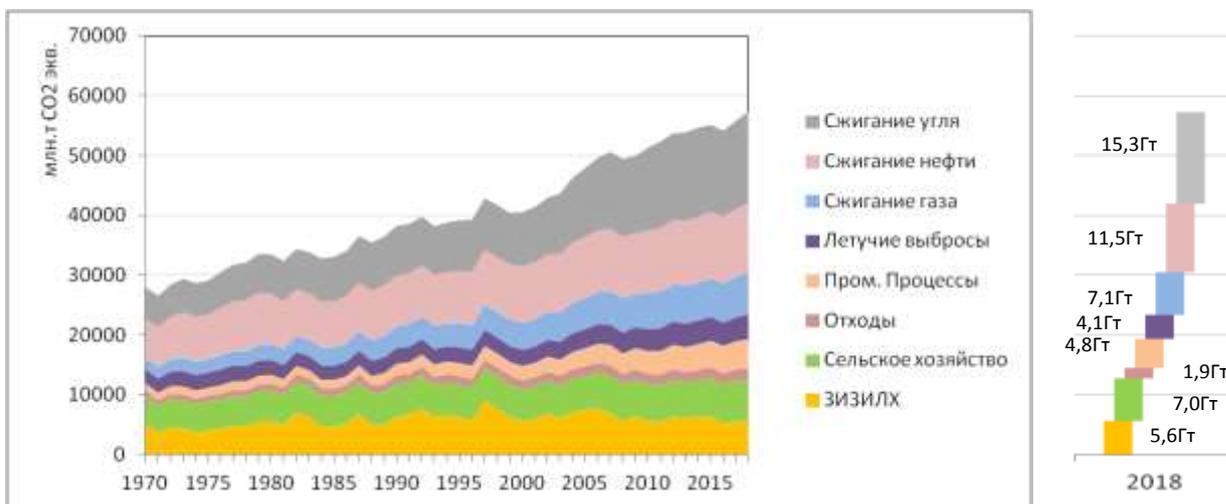
После существенного ускорения в 2000-2010 гг. (в среднем на 2,4% в год) динамика выбросов ПГ в мире резко (до 0,1% в среднем в год) замедлилась в 2011-2015 гг. Однако возобновление роста выбросов в 2016-2018 гг. привело к тому, что среднегодовые темпы роста в 2011-2018 гг. составили 1,4%, что близко к параметрам динамики глобальных выбросов в 1970-2000 гг. (1,25%, см. рис. 3.3). С учетом ограниченной точности оценок выбросов ПГ можно сказать, что:

- в 2011-2018 гг. сохранилась тенденция к росту уровня антропогенных выбросов ПГ на 1,4% в год, что на 1% ниже параметров роста, характерных для 2000-2010 гг. (2,4% в год), но близко к наблюдавшимся в 1970-2000 гг. (1,25% в год);
- на фоне вековых тенденций затормозить рост выбросов парниковых газов не удалось: темпы роста выбросов в 2011-2018 гг. близки к темпам роста выбросов в 1750-2018 гг. (1,25% при учете выбросов CO₂ от сжигания топлива, производства цемента и ЗИЗИЛХ).

Периоды временного торможения роста выбросов отмечались и ранее, но были именно временными. Однако сформировавшаяся тенденция к замедлению роста выбросов по сравнению с 2000-2010 гг., по-видимому, имеет устойчивый характер, и смена этой тенденции на существенное ускорение, возможно, уже не повторится.

Основной прирост выбросов ПГ в 2000-2018 гг. имел место за счет роста сжигания угля (37,5%), жидкого топлива (11,8%) и природного газа (15,1%). С учетом сжигания прочих видов топлива и летучих выбросов на долю сектора «энергетика» пришлось почти три четверти прироста выбросов ПГ (73,4%, см. рис. 3.4). На долю промышленных процессов пришлось 14,7% прироста выбросов, сельского хозяйства – 9,7%, ЗИЗИЛХ – только 0,3%, а отходов – еще 2,2%. Ускорение потребления угля было связано с электрификацией Китая и Индии и с доминированием в этих странах угольной генерации. В 2000-2018 гг., согласно данным ВР, прирост потребления угля в этих двух странах (1,49 млрд тнэ) перекрыл прирост мирового потребления угля (1,41 млрд тнэ) при абсолютном сокращении потребления угля во многих прочих странах. На эти же две страны пришлось 58% прироста потребления жидкого топлива в 2000-2018 гг., но только 20% прироста потребления природного газа.

Рисунок 3.4 Вклад отдельных антропогенных источников в динамику выбросов парниковых газов. Мир, 1970-2015 гг.



Источники: ЦЭНЭФ-XXI на основе данных UNFCCC, EDGAR, IEA, EIA, ВР, CIAT, CDIAC, SHIFT, WB-WDI, ВР, Enerdata, Potsdam Institute For Climate Impact Research.

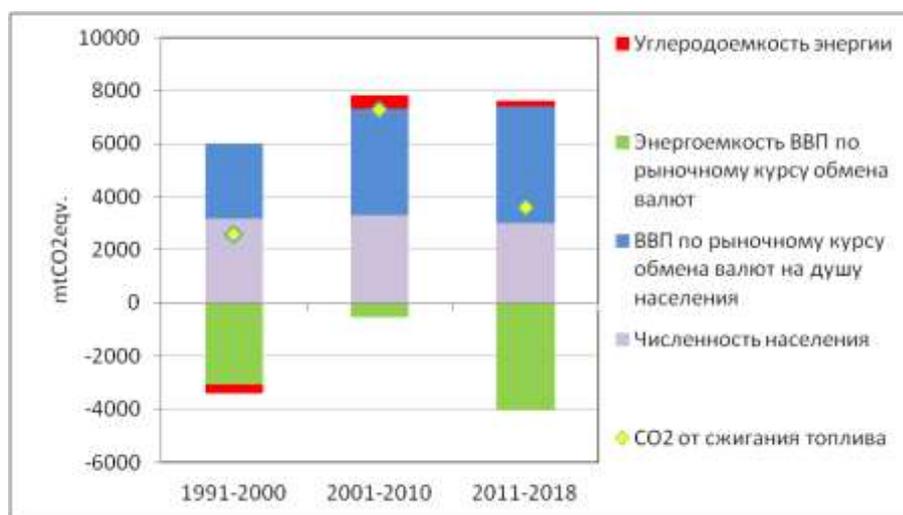
Энергетический сектор является одним из важнейших источников выбросов ПГ. Анализ данных МЭА⁹ о динамике потребления первичной энергии по видам энергоресурсов показывает, что:

- в 1990-2018 гг. мировое потребление первичной энергии выросло на 64% и превысило 14 млрд тнэ;
- использование первичной энергии на цели выработки электроэнергии за эти годы удвоилось в значительной степени за счет динамичного развития угольной генерации (ее доля оставалась на уровне 38% в 2000-2018 гг.);
- в структуре потребления первичной энергии сохранялась высокая доля органического топлива (81% в 1990 г., 80% в 2000 г. и 82% в 2018 г.), а рост доли возобновляемых источников энергии замещал не столько ископаемое топливо, сколько атомную энергетику;
- доля угля в потреблении первичной энергии после падения с 25% в 1990 г. до 23% в 2000 г. выросла и к 2018 г. достигла 26%. На долю угля пришлось 39% всего прироста потребления первичной энергии в 2000-2018 гг. Однако с 2013-2014 гг. потребление угля практически не выросло, и после длительного перерыва возобновился тренд на снижение значимости угля в мировом энергобалансе;
- доля нефти устойчиво снижалась с 38% до 37% в 1990-2000 гг. и до 31% в 2018 г. Однако снижение цен на нефть стимулировало рост объемов ее потребления на 6,4% в 2014-2018 гг.;
- доля природного газа выросла с 19% до 21% в 1990-2000 гг. и до 23% в 2018 г.;
- доля традиционной биомассы и отходов оставалась на уровне около 10% в 1990-2018 гг.;
- доля ВИЭ в суммарной генерации электроэнергии выросла с 18% в 2000 г. до 27% в 2018 г.

Декомпозиционный анализ позволяет оценить вклад отдельных факторов тождества Кайи в динамику эмиссии CO₂ от сжигания топлива (рис. 3.5). Видно, что ускорение роста выбросов ПГ в 2000-2010 гг. было связано как с ускорением экономического роста, так и с замедлением снижения энергоемкости, а также с ростом углеродоемкости энергии за счет повышения доли использования угля. В 2011-2018 гг. быстрое снижение энергоемкости практически нейтрализовало эффект от роста ВВП на душу населения, и динамика выбросов CO₂ практически совпала с ростом мирового населения (рис. 3.8 и 3.9). В 2011-2018 гг. соотношение вкладов факторов по объемам и направлениям влияния было похоже на период 1991-2000 гг.

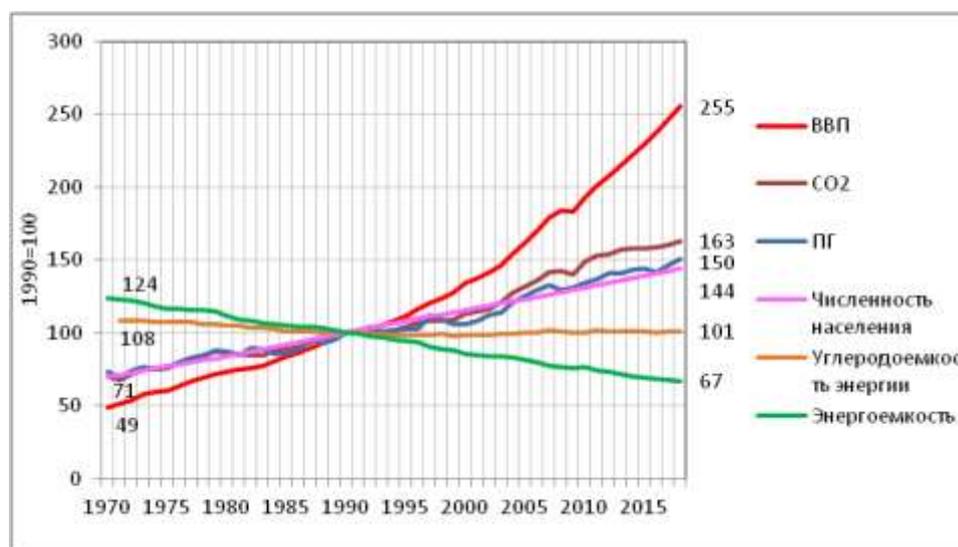
⁹ Там же.

Рисунок 3.5 Оценка вклада отдельных факторов в динамику выбросов CO₂. Мир, 1991-2018 гг.



Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных EDGAR, IEA, EIA, CIAT, CDIAC, SHIFT, WB-WDI, BP, Enerdata.

Рисунок 3.6 Динамика выбросов парниковых газов и факторов, ее определяющих: 1970-2018 гг.



Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных IEA, WB-WDI, BP.

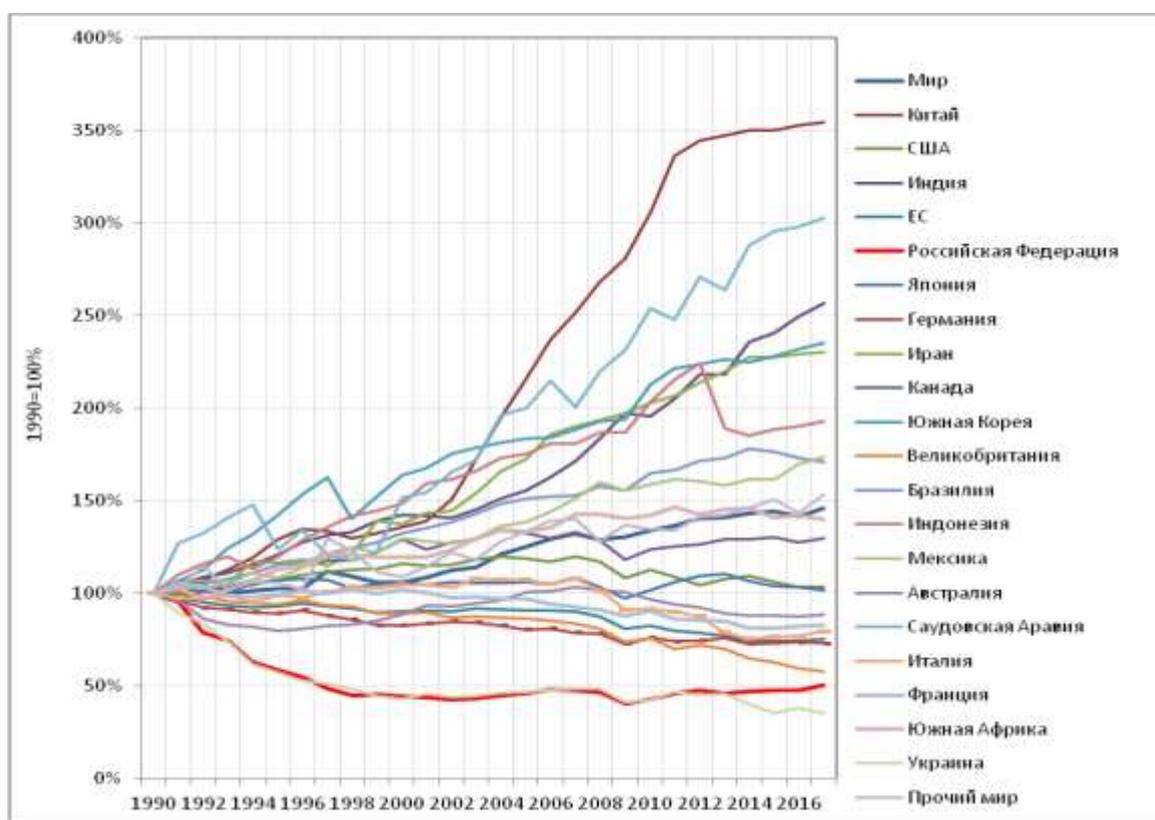
Основные индикаторы динамики выбросов ПГ и драйверы, определявшие эту динамику, показаны на рис. 3.6. С 1990 г. глобальный ВВП вырос в 2,6 раза, численность населения – в 1,4 раза, выбросы ПГ – в 1,6 раза, выбросы CO₂ – в 1,5 раза, энергоёмкость упала на треть, а углеродоемкость энергии осталась практически на уровне 1990 г. Таким образом, задача остановить рост выбросов ПГ в период 1990-2018 гг. решена не была.

Китай внес самый большой вклад в глобальный прирост выбросов парниковых газов после 1990 г. На его долю пришлось 9,15 ГтCO₂экв. (47,7%) из 19,2 ГтCO₂экв. прироста глобальных выбросов ПГ, за ним следовали «прочий мир» (7,28 ГтCO₂экв., или 37,9%) и Индия (1,8 ГтCO₂экв., или 9,4%). Масштабы прироста выбросов в Китае после 2010 г. заметно сократились. После 2013 г. в Китае резко замедлился рост выбросов ПГ за счет замедления экономического роста, структурных сдвигов в пользу неэнергоёмких

промышленных производств и сферы услуг, динамичного замещения угля и рекордных приростов выработки электроэнергии на ГЭС, АЭС и ВИЭ. В Индии рост выбросов ПГ и энергопотребления сохранился, но масштабы выбросов кратно (более чем в 4 раза) уступают Китаю, поэтому процессы в Индии смогли пусть не изменить, но повлиять на формирование новых глобальных тенденций за счет изменений в Китае и США. В США произошел существенный сдвиг в структуре потребления первичной энергии от угля в сторону природного газа.

Самое значительное относительное сокращение выбросов (почти наполовину или более) отмечено в Украине и России, а также в Великобритании (рис. 3.7), а самый значительный их рост – в Китае (+354%), Саудовской Аравии (+302%), Индии (+257%), Южной Корее (+235%), Иране (+230%), Индонезии (+193%) и Бразилии (+171%). Таким образом, Россия и Великобритания являются лидерами по снижению выбросов ПГ среди наиболее крупных эмитентов ПГ.

Рисунок 3.7 Динамика выбросов парниковых газов основными странами и группами стран по отношению к уровню 1990 г.



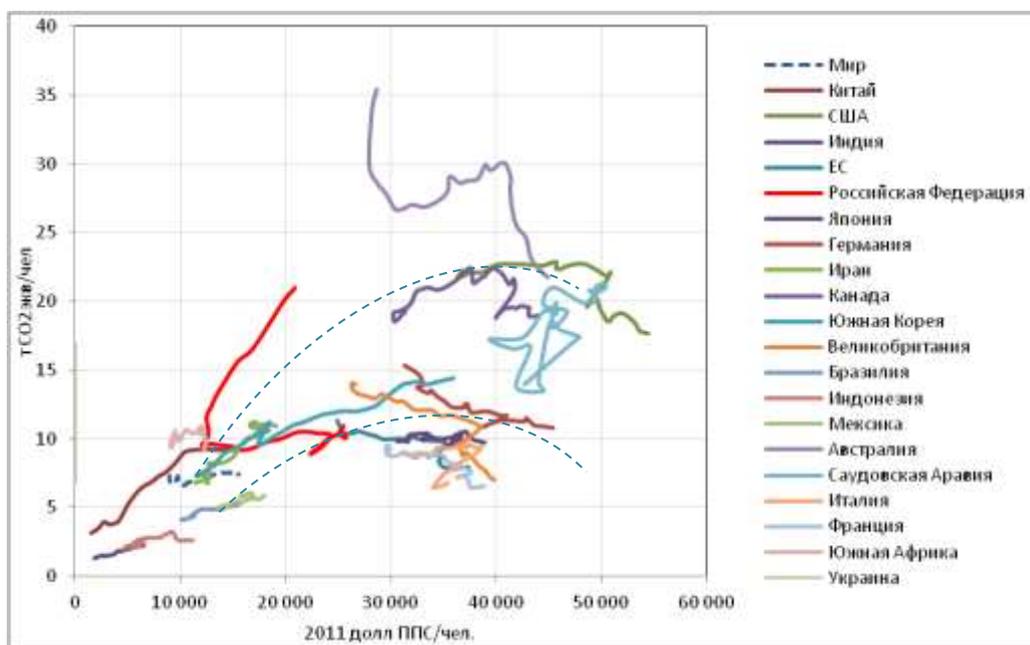
Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных РКИК ООН, EDGAR и Potsdam Institute (PIK).

Страны существенно различаются по уровню выбросов ПГ на душу населения (рис. 3.8). Эти различия объясняются уровнем развития экономики; различиями ее структуры и уровней цен на энергоресурсы, что определяет разницу как в удельных объемах потребления энергии¹⁰, так и в структуре используемых энергоносителей, которые существенно отличаются по удельным выбросам ПГ; ролью промышленности, сельского и лесного хозяйства и другими факторами. В 2017 г. выбросы ПГ на одного жителя Австралии (21,7 тСО_{2экв.}) на порядок превышали аналогичный показатель в Индии

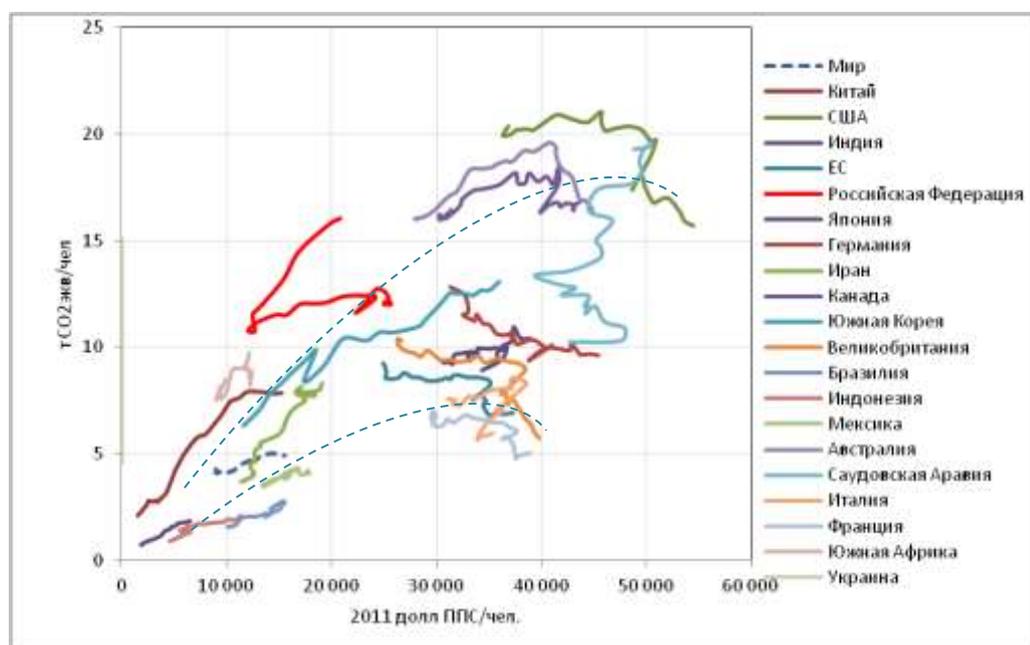
¹⁰ Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности и экономический рост. // Вопросы экономики. № 8, 2019.

(2,2 тCO₂экв.). Если учитывать только выбросы CO₂ от секторов «энергетика» и «промышленные процессы», то значение для Саудовской Аравии (19,3 тCO₂) также на порядок выше значения для Индии (1,8 тCO₂). Соответствующие показатели для России в 2017 г. равны 10,9 тCO₂экв и 12,2 тCO₂.

Рисунок 3.8 Динамика выбросов парниковых газов на душу населения как функция уровня дохода на душу населения



все парниковые газы



CO₂ в секторах «энергетика» и «промышленные процессы»

Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных РКИК ООН, EDGAR и Potsdam Institute For Climate Impact Research, WDI.

При анализе зависимости выбросов на душу населения от уровня ВВП (по ППС) на душу населения видно, что:

- удельные выбросы ПГ на одного жителя имеют тенденцию к росту до достижения уровня дохода 20-30 тыс. 2011 долл. ВВП (ППС)/чел. (Россия). Затем территориальные выбросы выходят на полку (декаплинг), а после достижения уровня 30-40 тыс. 2011 долл. ВВП (ППС)/чел. (Великобритания) начинают сокращаться. Для развитых стран декаплинг отмечается и при добавлении «утечки углерода» за счет внешней торговли;
- мир в целом еще не вышел на уровни развития, для которых характерна стабилизация подушевых выбросов ПГ. Однако рост выбросов на душу населения в секторах «энергетика» и «промышленные процессы» отчасти нейтрализуется снижением удельных выбросов в сельском хозяйстве и в секторе ЗИЗИЛХ;
- уровень дохода является важным, но не единственным фактором. Все страны можно разбить на две большие группы: страны с большим сырьевым сектором и относительно низкими ценами на энергию, развивающиеся по траектории с высокими удельными выбросами ПГ (Австралия, Канада, Саудовская Аравия, США), и страны с высокой эффективностью использования природных ресурсов, для которых уровень насыщения удельных выбросов ПГ на одного жителя примерно в 2 раза ниже (Индия, Бразилия, страны ЕС);
- несмотря на сохранение сырьевой ориентации экономики, Россия в 90-е годы в основном (но не только) благодаря росту поглощения ПГ лесами практически перешла с траектории, характерной для первой группы стран, на траекторию, характерную для второй группы. Без учета стоков ПГ в леса России этот переход выглядит менее рельефно (траектория занимает промежуточное положение), тем не менее, Россия приближается к траектории, характерной для Германии при прохождении соответствующих уровней развития;
- Россия вышла на уровень дохода, для которого характерна стабилизация выбросов ПГ в расчете на душу населения с последующим его снижением, а Великобритания вышла на уровень дохода, позволяющий снижать удельные выбросы ПГ.

Примерно четверть глобальной эмиссии ПГ воплощена в товарах и услугах, поступающих во внешнюю торговлю. При анализе вклада отдельных стран в глобальные выбросы ПГ и оценке удельных выбросов на душу населения важно учитывать тот факт, что эмиссия, воплощенная в потребляемых на территории страны товарах и услугах (эмиссия, базирующаяся на потреблении), может существенно отличаться от территориальной эмиссии в процессах производства товаров и услуг (эмиссия, базирующаяся на производстве) за счет «утечек углерода» (аутсорсинга эмиссии) – превышения воплощенных в импортируемых товарах выбросов над выбросами, воплощенными в экспортируемых товарах. Страны заметно различаются в этом отношении. Эти объемы не определяются однозначно. По одной из оценок, Россия (-17%¹¹), Китай (-14%) и Индия (-8%) являются крупнейшими экспортёрами выбросов, тогда как США (+8%), Великобритания (+40%), Франция (+31%), Италия (+30%), ЕС¹² (+17,7%), и Германия (+11%) являются крупнейшими импортёрами выбросов CO₂ (рис. 3.9). По другим оценкам, для Великобритании в 2016 г. выбросы ПГ, оцененные по потреблению, были на 56% выше территориальных выбросов, но и те, и другие в 1997-2016 гг. снижались.¹³

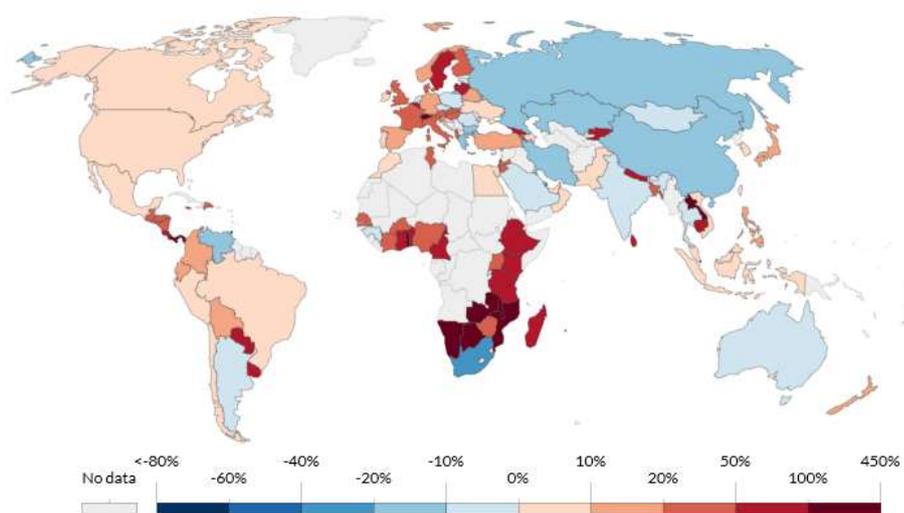
¹¹ То есть эмиссия, воплощенная в экспортируемых товарах и услугах, превышает эмиссию, воплощенную в импортируемых товарах и услугах, на величину, равную 17% территориальной эмиссии ПГ.

¹² Eurostat (online data code: env_ac_io10) <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9433240/KS-DK-18-001-EN-.pdf/73283db2-a66b-4d34-9818-b61a08883681>.

¹³ UK Committee on Climate Change. July 2019. Reducing UK emissions. 2019 Progress Report to Parliament.

По альтернативным данным,¹⁴ чистый экспорт эмиссии ПГ Россией в 2015 г. составил 408 млн тСО₂, а нетто-выбросы из всех антропогенных источников – 1492 млн тСО_{2экв}, то есть доля чистого экспорта выбросов равна 21,5%. С учетом этого фактора уровни выбросов ПГ на душу населения, оцененные по объемам потребления, для многих развитых стран окажутся на 10-56% выше оцененных по территориальной эмиссии, а для таких стран, как Россия и Китай, – на 14-21% ниже. Это существенно сокращает диапазон зависимости выбросов ПГ на душу населения от уровня экономического развития, а также показывает, что изменение структуры внешней торговли в сторону высокотехнологичных товаров и услуг позволит заметно сократить выбросы ПГ в России. При использовании такого метода оценки разрыв в нетто-удельных выбросах ПГ на душу населения между Россией и Великобританией сокращается с 1,3 при расчете по нетто-территориальной эмиссии ПГ до 0,67 раз при расчете по нетто-потребительской эмиссии ПГ.

Рисунок 3.9 «Утечки углерода». Отношение баланса воплощенных во внешней торговле выбросов СО₂ к объемам территориальных выбросов СО₂ в 2016 г.



Источник: Hannah Ritchie and Max Roser (2019) – ‘CO₂ and Greenhouse Gas Emissions’. *Published online at OurWorldInData.org*. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> [Online Resource] <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> with data from Peters, GP, Minx, JC, Weber, CL and Edenhofer, O. 2011. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, 8903-8908. Available [online](https://www.globalcarbonproject.org/). Updated to 2014; and Global carbon project <https://www.globalcarbonproject.org/>

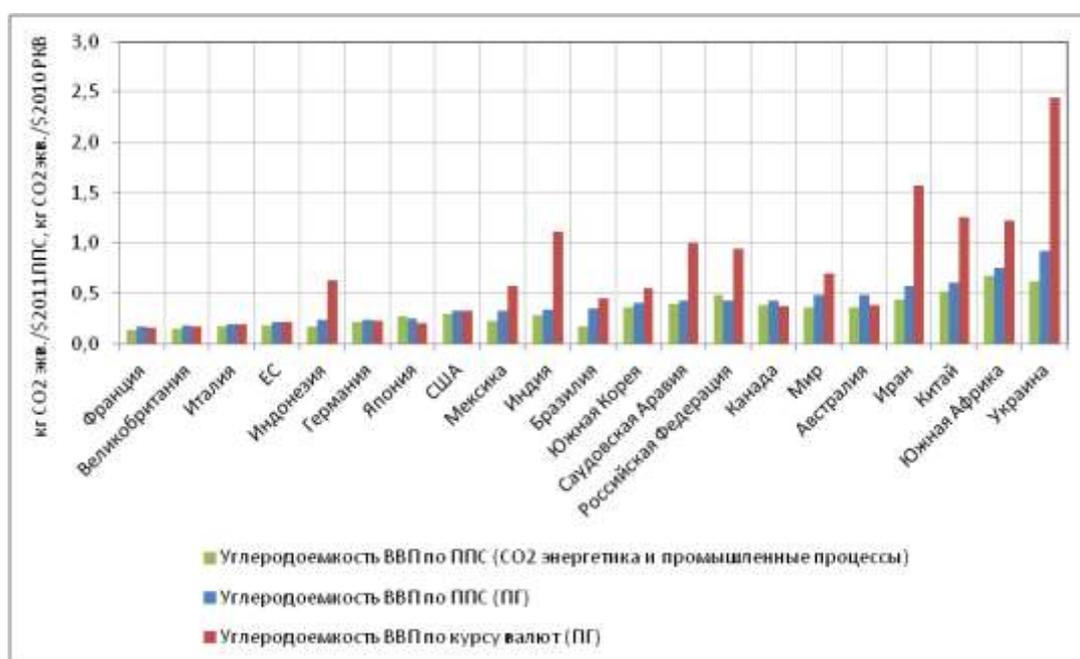
Результаты сопоставления «углеродоемкости» ВВП существенно зависят от метрик, которые используются при оценке как числителя, так и знаменателя (рис. 3.10). При расчете по всем ПГ из всех секторов и учете ВВП по ППС Россия имеет показатель ниже среднемирового. При расчете ВВП по рыночному курсу валют соотношение меняется на противоположное. Удельные выбросы в России выше среднемировых и при учете выбросов только СО₂ в секторах «энергетика» и «промышленные процессы» в расчете на единицу ВВП по ППС. Разрывы между странами при расчете ВВП по рыночному курсу валют равны 16, а при использовании ВВП по ППС сокращаются до 5-5,5.

¹⁴ OECD Carbon dioxide emissions embodied in international trade. www.oecd.org/sti/ind/carbondioxideemissionsembodiedininternationaltrade.htm. Based on Wiebe, K. S. and N. Yamano (2016), Estimating CO₂ Emissions Embodied in Final Demand and Trade Using the OECD ICIO 2015: Methodology and Results. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2016/5, OECD Publishing, Paris.

«Углеродоемкость» ВВП России при расчете по:

- всем ПГ на единицу ВВП по ППС: на 11% ниже среднемирового значения, на 29% ниже, чем в Китае, но в 1,3 раза выше, чем в США, в 2,2 раза – чем в ЕС и в 2,4 раза – чем в Великобритании;
- CO₂ в секторах «энергетика» и «промышленные процессы» на единицу ВВП по ППС: на 7% ниже, чем в Китае, но в 1,3 раза выше среднемирового значения, в 1,7 раз выше, чем в США, в 2,6 раза выше, чем в ЕС, и в 3,3 раза – чем в Великобритании;
- всем ПГ на единицу ВВП по рыночному курсу валют: на 26% ниже, чем в Китае, но в 1,3 раза выше среднемирового значения, в 2,8 раза выше, чем США, в 4,3 раза выше, чем в ЕС и в 5,7 раза – чем в Великобритании.

Рисунок 3.10 Углеродоемкость ВВП в 2017 г.



Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных РКИК ООН, EDGAR и Potsdam Institute (PIK) WDI.

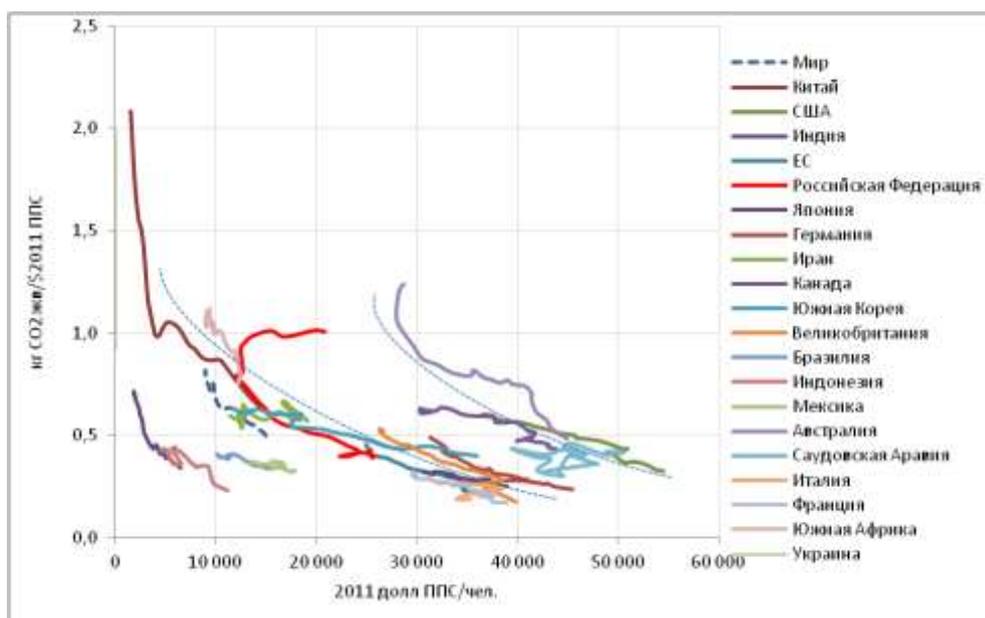
Повышение уровня развития возможно только по дуге снижения удельных выбросов ПГ на единицу ВВП (рис. 3.11). По мере повышения уровня развития закономерно снижается энергоёмкость ВВП¹⁵, падает доля сельского хозяйства и связанных с ним выбросов ПГ, совершенствуется землепользование, сокращаются масштабы сведения лесов, изменяется структура внешней торговли в сторону менее энергоёмких товаров высоких уровней переделов. Все это ведет к снижению углеродоемкости ВВП. Для отмеченных выше двух групп стран траектории снижения этого показателя похожи, но различаются уровнями. Траектории для Китая и России (за счет учета стоков ПГ) оказываются близкими к траекториям стран с эффективным использованием ресурсов и аутсорсингом энергии (ЕС) и проходят заметно ниже траекторий для США, Канады, Австралии и Саудовской Аравии.

Одним из важных преимуществ России долго являлись относительно низкие удельные выбросы ПГ на единицу генерации электрической энергии (и тепловой энергии на ТЭЦ, см. рис. 3.12) благодаря высокой доле нетопливной генерации и высокой доле природного

¹⁵ Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности и экономический рост. // Вопросы экономики. № 8, 2019.

газа в топливном балансе электростанций. Этот показатель в России долго находился примерно на одном уровне и только в последние годы начал снижаться. Быстрое развитие бестопливной генерации позволило ряду стран (Великобритания, Италия, Германия, ЕС в целом) существенно снизить этот удельный показатель до уровней ниже российского. Таким образом, Россия постепенно утрачивает это преимущество, а кроме того, электроемкость ВВП России существенно выше, чем во многих развитых странах¹⁶, что определяет более высокие удельные выбросы ПГ от выработки электроэнергии в России на единицу ВВП.

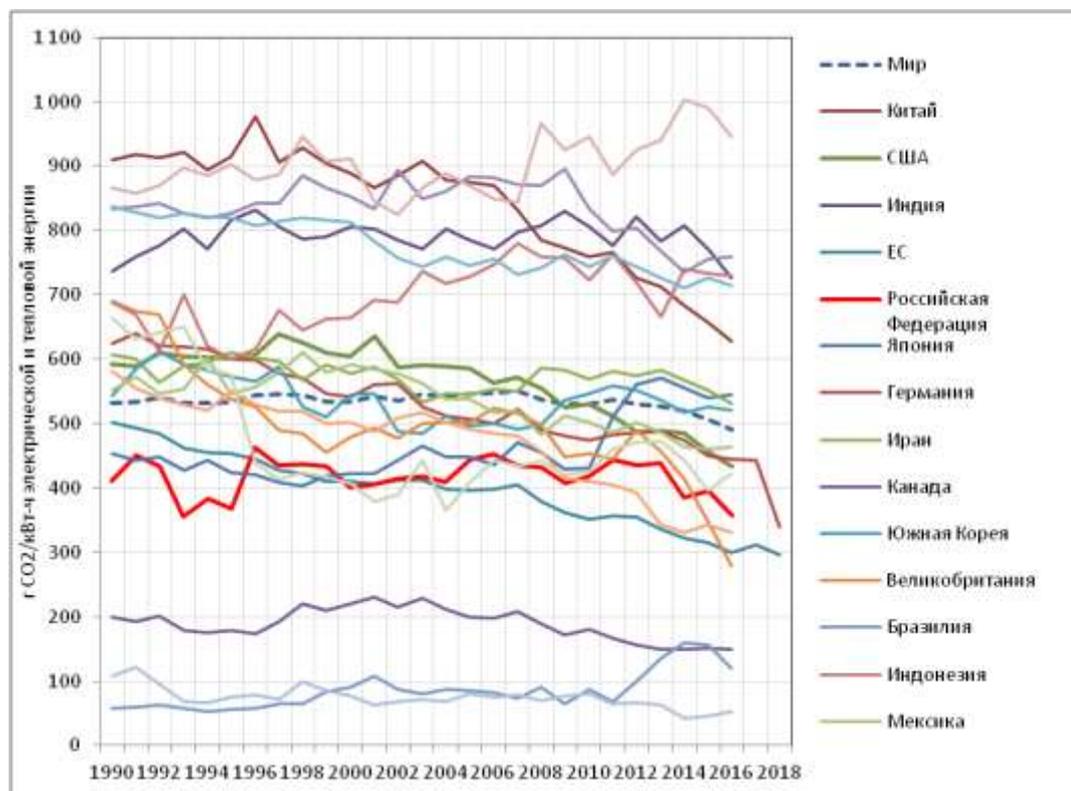
Рисунок 3.11 Зависимость углеродоемкости ВВП от уровня ВВП на душу населения



Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных РКИК ООН, EDGAR и Potsdam Institute (PIK) WDI.

¹⁶ Оценки на основе данных МЭА показывают, что электроемкость ВВП по ППС России в 1,4 раза превышала среднюю по миру, а также в 2016 г. была: в 2,3 раза выше, чем в Великобритании; в 1,9 раза выше, чем в Германии; в 1,2 раза выше, чем в США. Электроемкость ВВП России по рыночному курсу валют в 1,9 раза превышала среднюю по миру, а также была: в 4,5 раза выше, чем в Великобритании; в 3,6 раза выше, чем в Германии; в 2,2 раза выше, чем в США.

Рисунок 3.12 Удельные выбросы CO₂ на выработку электрической и тепловой (от ТЭЦ) энергии

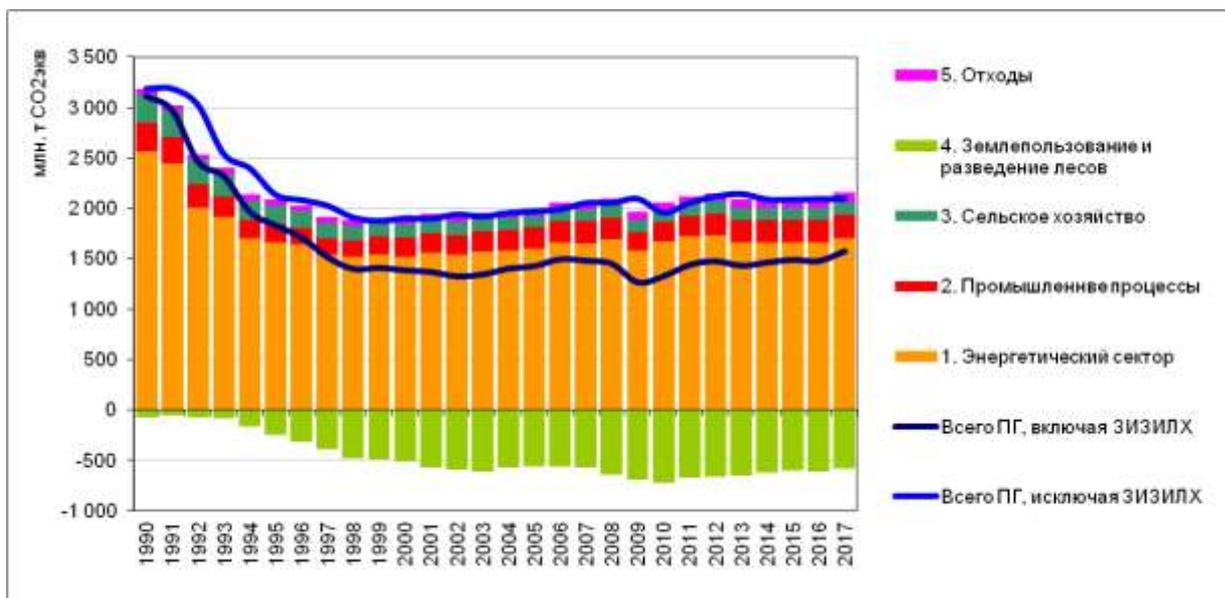


Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных МЭА. OECD/IEA. 2018. CO₂ emissions from fuel combustion. 2018 Edition.

3.2 Россия

Нетто-выбросы ПГ от всех секторов снизились на 49% с 3113 млн тCO_{2экв.} до 1578 млн тCO_{2экв.} (рис. 3.13). Основной вклад в изменение выбросов ПГ в России в 1990-2017 гг. внесли два сектора: энергетика и ЗИЗИЛХ. В 1990-2000 гг. главным драйвером падения нетто-выбросов был сектор «энергетика», в котором они упали на 41%, а затем динамика нетто-выбросов определялась изменением стоков в секторе ЗИЗИЛХ. В 1990-2017 гг. выбросы ПГ по секторам изменялись следующим образом: энергетика – снизились на 34% до 1700 млн тCO_{2экв.}; промышленные процессы и использование продукции – снизились на 18% до 233 млн тCO_{2экв.}; сельское хозяйство – снизились на 54% до 128 млн тCO_{2экв.}; отходы – выросли на 62% до 94 млн тCO_{2экв.}. Стоки в секторе ЗИЗИЛХ выросли на 687% до 578 млн тCO_{2экв.}

Рисунок 3.13 **Динамика и структура выбросов и стоков ПГ по секторам.**
Россия



Источник: Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. Москва 2019.

Если по данным инвентаризации 2015 г. снижение в 1990-2013 гг. нетто-выбросов ПГ составило 43%, то по данным последней инвентаризации (2019 г.) снижение за этот же период составляет уже 54%. Наиболее значительные пересмотры произошли при составлении последней версии инвентаризации, особенно в части оценки выбросов метана при добыче топлива. В 2019 г. в методику расчета выбросов ПГ от сектора промышленные процессы и использование продукции внесены серьезные изменения, в результате чего выбросы от этого сектора увеличатся на 5,4%. Поэтому при формулировании национальных обязательств Российской Федерации по контролю за выбросами ПГ на перспективу: обязательства, как в абсолютных единицах, так и в процентах снижения, должны задаваться с оговоркой на мониторинг их достижения по действующей на момент последней доступной инвентаризации методике ее проведения. В противном случае обязательства должны задаваться с запасом относительно прогнозных траекторий выбросов ПГ, на которые они опираются.

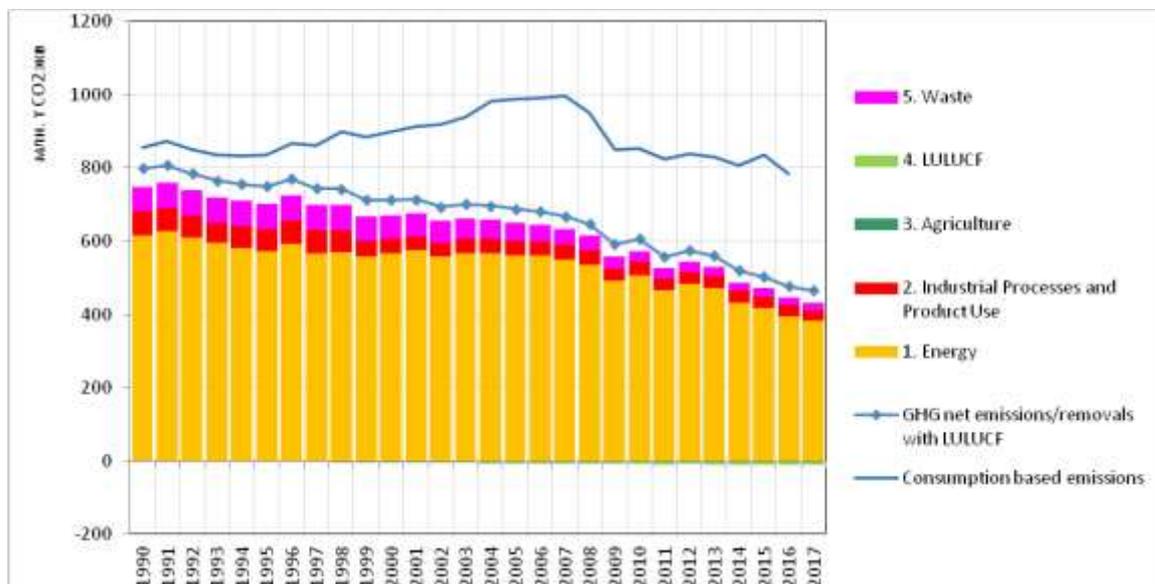
Падение выбросов ПГ в России в 1990-1998 гг. практически полностью совпадало с падением экономической активности, отраженной индикатором ВВП. Опыт России показал, что снижение выбросов ПГ за счет падения ВВП – это самая экономически затратная мера. Россия заплатила самую высокую цену за снижение выбросов ПГ в 90-х годах (400-870 долл./тCO_{2экв.}).

3.3 Великобритания

Нетто-выбросы ПГ от всех секторов снизились с 798 млн тCO_{2экв.} на 42% до 464,5 млн тCO_{2экв.} (рис. 3.14). Основной вклад в изменение выбросов ПГ в 1990-2017 гг. внесли два сектора: энергетика и отходы. В 1990-1998 гг. нетто-выбросы ПГ снизились только на 7% в основном благодаря повышению доли газа в энергобалансе страны за счет разработки месторождений Северного моря. Только после 1998 г., по мере сначала повышения энергоэффективности, а затем и развития низкоуглеродной генерации,

территориальные выбросы стали динамично снижаться. В 2008-2017 гг. выбросы ПГ электростанциями снизились вдвое – до 112 млн тCO₂экв.

Рисунок 3.14 Динамика и структура выбросов и стоков ПГ по секторам. Великобритания



Источник: UN FCCC; <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint>; <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#consumption-based-trade-adjusted-co2-emissions>

Важным фактором снижения территориальных выбросов стал аутсорсинг выбросов ПГ. Великобритания долго наращивала выбросы ПГ от потребления (углеродный след). Баланс углерода, воплощенного в товарах и услугах внешней торговли, позволял иметь растущий до 2007 г. «углеродный след» при снижении территориальных выбросов. Если по территориальной эмиссии в Великобритании происходил двойной декаплинг (рост ВВП при стабилизации потребления энергии и снижении выбросов), то в отношении «углеродного следа» обычный декаплинг стартовал только в 2007 г. Если по снижению территориальной эмиссии относительно 1990 г. Великобритания быстро догоняет Россию, то по снижению «углеродного следа» заметно отстает: в 1990-2016 гг. снижение составило только 8%.

3.4 Сравнение России и Великобритании

Россия и Великобритания являются лидерами по снижению нетто-выбросов ПГ (табл. 3.1). До 1998 г. Великобритания не могла снизить выбросы ПГ, а после 1998 г. Россия не может их снизить ни при быстром, ни при медленном экономическом росте.

Обе страны также входят в число лидеров по снижению углеродоемкости ВВП. В зависимости от используемой метрики, она снизилась за 1990-2017 гг. на 48-67%. Более тяжелая структура российской промышленности отражается в более высокой углеродоемкости ВВП России. В отношении нетто-выбросов ПГ на душу населения соотношение между Россией и Великобританией меняется в зависимости от используемой метрики: при использовании территориальной эмиссии выбросы на душу населения в России выше в 1,2 раза, а при использовании показателя выбросов по потреблению – ниже в 1,7 раза.

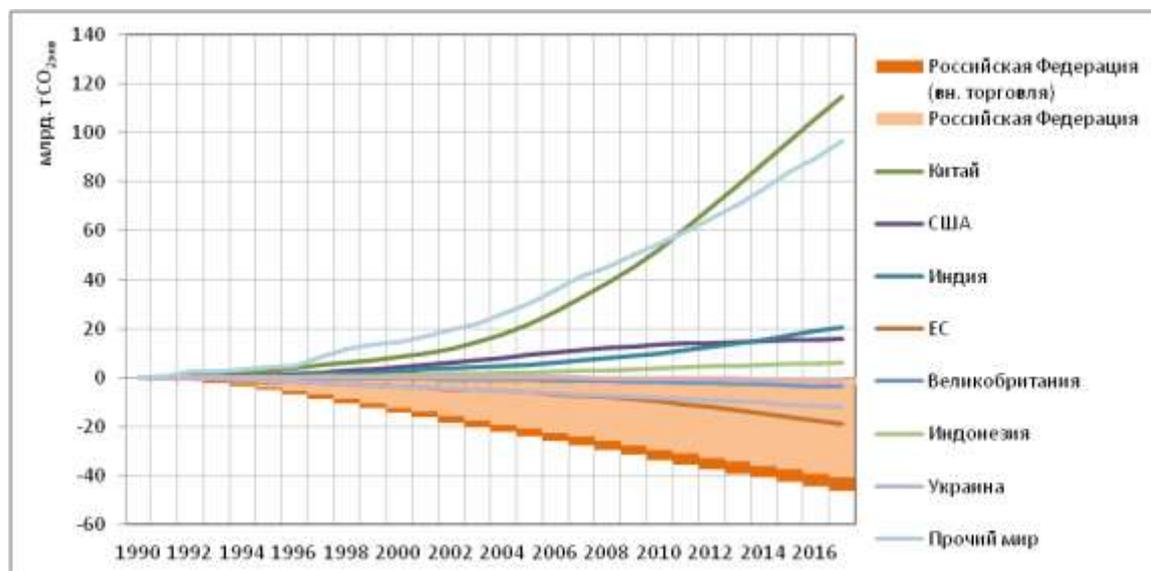
Таблица 3.1 Сравнение абсолютных и относительных показателей нетто-выбросов ПГ в России и Великобритании

Показатели	Единицы измерения	Россия	Великобритания
Население в 2017 г.	тыс. чел.	146880	66182
ВВП по ППС в ценах 2011 г. в 2017 г.	млрд долл.	3680,2	2657,5
ВВП на душу населения (по ППС в ценах 2011 г.) в 2017 г.	долл./чел./год	25056	40157
Нетто-выбросы ПГ в 2017 г.			
территориальных	млн тСО _{2экв}	1577,8	464,5
по потреблению	млн тСО _{2экв}	1274,0	783,7 (2016 г.)
Выбросы ПГ на душу населения в 2017 г.			
территориальных	тСО _{2экв} /чел.	10,7	7,0
по потреблению	тСО _{2экв} /чел.	8,7	11,8
Нетто-выбросы ПГ на единицу ВВП по ППС в 2017 г.			
территориальных	тСО _{2экв} /1000 долл.	0,429	0,175
по потреблению	тСО _{2экв} /1000 долл.	0,346	0,295
Прирост ВВП в 2017 г. от уровня 1990 г.	%	19	75
Снижение нетто-выбросов ПГ на единицу ВВП в 1990-2017 гг.			
территориальных	%	57	67
по потреблению	%	65	48
Снижение выбросов ПГ в 2017 г. от уровня 1990 г.			
по потреблению	%	49	42
Кумулятивное снижение выбросов ПГ в 1990-2017 гг. от уровня 1990 г.			
территориальных	млрд тСО _{2экв}	-40,8	-3,7
по потреблению	млрд тСО _{2экв}	-46,2	0,7

Источники: Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. Москва 2019; База данных WDI; <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint>; <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#consumption-based-trade-adjusted-co2-emissions>.

Глобальное потепление является функцией накопления ПГ в атмосфере, поэтому важно учитывать вклад отдельных стран в кумулятивный прирост выбросов ПГ по сравнению с базовым 1990 г. (рис. 3.15). Самый существенный вклад в кумулятивное снижение выбросов в 1990-2017 гг. относительно уровня 1990 г. внесла Россия. Он равен 41 млрд тСО_{2экв}. По состоянию на конец 2019 г. его можно оценить в 44 млрд тСО_{2экв}. против 4,5 млрд тСО_{2экв}. в Великобритании (в 1990-2019 гг.). Глобальные выбросы всех ПГ от секторов «энергетика» и «промышленные процессы» в 2017 г. составили 41,7 млрд тСО_{2экв}. При учете «утечек углерода», т.е. баланса выбросов СО₂, воплощенных в товарах и услугах внешней торговли России (см. ниже), и переходе к оценке кумулятивного снижения выбросов, воплощенных в товарах и услугах, не производимых, а потребляемых на территории России, в 1990-2017 гг. ее вклад повышается. Суммарное кумулятивное снижение выбросов от продуктов, потребляемых на территории России, в 1990-2017 гг. относительно уровня 1990 г. увеличивается до 46 млрд тСО_{2экв}. К концу 2019 г., по оценкам, оно достигло 50 млрд тСО_{2экв}.

Рисунок 3.15 Кумулятивный прирост выбросов ПГ по отношению к уровню 1990 г.



Оценено как сумма разностей фактического объема выбросов за каждый год и объема выбросов 1990 г. Показатель для внешней торговли оценен накопленным итогом на основе приростов отношения баланса выбросов CO₂, воплощенных в товарах внешней торговли России по отношению к 1990 г.

Источники: рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных РКИК ООН, EDGAR, Potsdam Institute For Climate Impact Research; Hannah Ritchie and Max Roser (2019) CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. *Published online at OurWorldInData.org.*

Таким образом, **Россия сократила выбросы ПГ от уровня 1990 г. на величину, превышающую годовой глобальный объем выбросов CO₂ и близкую к годовому объему выбросов всех ПГ. Это означает, что одна только Россия задержала процесс глобального потепления почти на 1 год.** Суммарные усилия 28 стран ЕС (с населением, в 3,5 раза превышающим население России) дали в два с лишним раза меньший эффект и позволили снизить кумулятивные выбросы ПГ относительно уровня 1990 г. только на 18,8 млрд тCO₂ экв. (с учетом эффектов внешней торговли этот эффект становится заметно меньше). Снижения кумулятивных выбросов ПГ относительно уровня 1990 г. в России было недостаточно, чтобы компенсировать их прирост в Китае (на 114,8 млрд тCO₂ экв.), но хватило для компенсации суммарного прироста выбросов ПГ относительно уровня 1990 г. в США (15,9 млрд тCO₂ экв.), Индии (20,8 млрд тCO₂ экв.), Канаде (3,2 млрд тCO₂ экв.) и Японии (1,6 млрд тCO₂ экв.). Не только развивающиеся страны, но и целый ряд крупных и мощных развитых стран не смогли удержать среднегодовой объем выбросов на уровне 1990 г.

В Великобритании кумулятивное снижение территориальных выбросов ПГ относительно 1990 г. в 1991-2017 гг. составило 3,5 млрд тCO₂ экв. Экстраполяция на период 1991-2019 гг. дает оценку примерно 4,2 млрд тCO₂ экв., что в 10 раз меньше аналогичного показателя для России. Кумулятивные выбросы от потребления («углеродный след») за этот период на 0,7 млрд тCO₂ экв. превышали значение 1990 г.

4 СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ ДО СЕРЕДИНЫ XXI ВЕКА

4.1 Мир. Потенциал рынков низкоуглеродных технологий

Основные цели Парижского соглашения по климату включают: удержание роста глобальной средней температуры намного ниже 2°C сверх доиндустриальных уровней и усилия по ограничению роста температуры до 1,5°C, признавая, что это значительно сократит риски и воздействия изменения климата; повысит способность адаптироваться к неблагоприятным воздействиям изменения климата и будет содействовать устойчивости к изменению климата и развитию при низком уровне выбросов парниковых газов таким образом, который не ставит под угрозу производство продовольствия, а также приведение финансовых потоков в соответствие с траекторией развития, характеризующегося низким уровнем выбросов ПГ и высокой сопротивляемостью к изменению климата.

Число стран, которые активно проводят политику контроля над выбросами ПГ и стимулируют переход к декарбонизации своих экономик, в последние годы резко возросло. Целевые установки по ограничению выбросов ПГ формулируются ими в составе определяемых на национальном уровне вкладов исключительно на добровольной основе и не включены в текст Парижского соглашения. Соглашение не вводит ни глобальные системы регулирования выбросов, ни общий углеродный налог.

Анализ сводных обязательств Сторон РКИК ООН по контролю над выбросами ПГ показывает, что их можно рассматривать как первую попытку консолидации на глобальном уровне национальных действий всех стран для вывода глобальной экономики на низкоуглеродную траекторию развития. Все страны приняли обязательства, гарантированно выполнимые при наборе уже запущенных ими мер политики контроля над выбросами ПГ. Реализация национальных обязательств в 2015-2030 гг. сокращает срок истощения «углеродного бюджета» только на 1 год. Кумулятивный эффект реализации всех NDC до 2030 г. почти на 10 ГтСО_{2-экв.} меньше, чем вклад одной только России в снижение кумулятивных выбросов ПГ в 1990-2017 гг. Реализация национальных обязательств позволяет только на четверть сократить разрыв между базовой траекторией и траекторией, позволяющей ограничить потепление 2°C.

Согласно оценкам доклада МГЭИК «1,5°C»¹⁷, чтобы ограничить потепление уровнем 1,5°C, выбросы СО₂ к 2030 г. должны снизиться на 45% от уровня 2010 г., или на 49% от уровня 2018 г., а нетто-выбросы должны упасть до нуля уже к 2050 г. Чтобы ограничить потепление уровнем 2°C, выбросы СО₂ должны сократиться к 2030 г. на 31% (17-35%) от уровня 2018 г., а нетто-выбросы должны упасть до нуля уже к 2070 г. (2065-2080 гг.). Сокращение прочих ПГ для этих вариантов потепления сходно, в зависимости от парникового газа оно должно составить от 2 до 5 раз. В любом варианте самые значительные изменения в динамике антропогенных выбросов ПГ должны произойти именно в период до 2050 г.

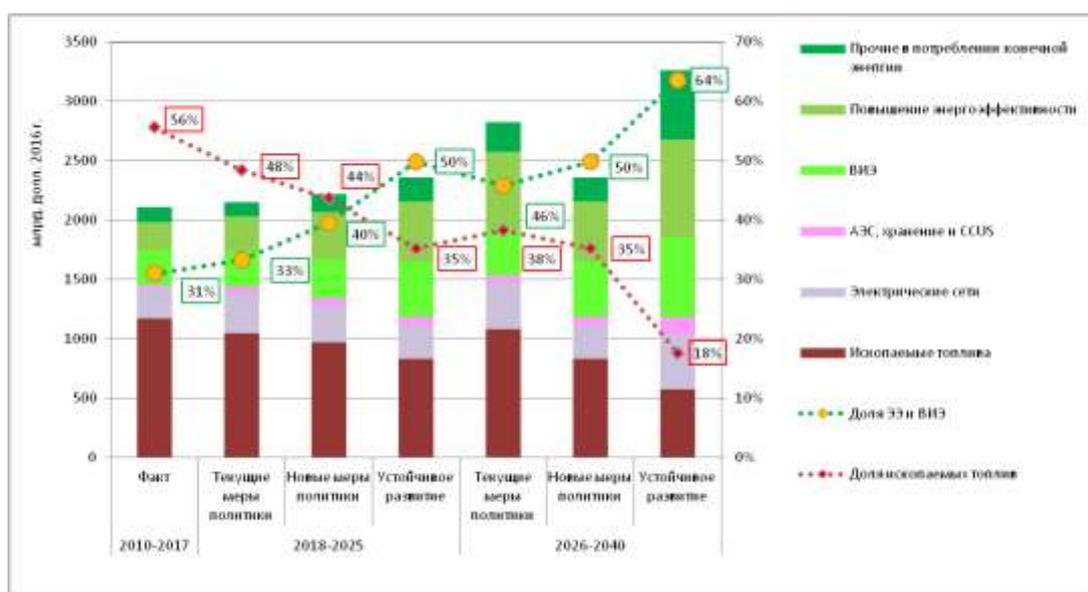
¹⁷ IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].

Ставится беспрецедентная по историческим меркам задача – достичь невиданного темпа изменений. Чтобы с высокой вероятностью ограничить потепление уровнем 1,5°C, выбросы ПГ должны снижаться на 6-9% а год, чтократно выше рекордного значения, достигнутого Великобританией в 2000-2017 гг. (-2,5% в год). Даже для варианта ограничения потепления уровнем 2°C при темпах роста ВВП 2-3% в год суммарное снижение энергоемкости и углеродоемкости энергии должно составить 6-9% в год. Рекордные темпы снижения энергоемкости глобального ВВП составили 1,9% в 2010-2018 гг., а рекордные темпы снижения углеродоемкости энергии – 0,4% в год в 1990-2000 гг. В сумме это только 2,3%, что даже не позволит полностью компенсировать эффект от роста ВВП. Это выдвигает на первый план вопросы пределов скорости возможных изменений в мировой экономике и в мировом энергетическом балансе (*limits of limits of change*).

Для ограничения потепления уровнем 1,5°C ежегодные инвестиции в низкоуглеродную энергетику и энергоэффективность должны вырасти примерно в шесть раз к 2050 г. по сравнению с 2015 г. Новым и устойчивым феноменом последних лет стал выход электроэнергетики на ведущие позиции в структуре инвестиций в мировую энергетику. Инвестиции в безуглеродную генерацию в 2018 г. составили около 350 млрд долл. Доля ВИЭ в суммарных инвестициях в электрогенерацию в мире уже несколько лет составляет две трети. Доля инвестиций в сетевое хозяйство и системы хранения энергии близка к 40%. Все большую долю отвоёвывают инвестиции в повышение энергоэффективности. С учетом неопределенности оценок суммарные приростные капитальные вложения в повышение энергоэффективности в мире в 2017 г. можно оценить в диапазоне 240-300 млрд долл. Именно инвестиции в повышение энергоэффективности позволяют получить самый дешевый энергетический ресурс.

Формирующийся «инвестиционный крест» не только отражает снижение доли ископаемых топлив в структуре инвестиций, но и показывает почти двукратное сокращение их абсолютного объема (рис. 4.1).

Рисунок 4.1 «Инвестиционный крест». Изменение среднегодовых объемов и структуры инвестиций в энергоснабжение в зависимости от сценария контроля над выбросами ПГ в 2017-2040 гг.



* Прочее в потреблении конечной энергии – расходы на установку ВИЭ у потребителей, на приобретение электромобилей и системы CCUS в промышленности.

Источник: построено ЦЭНЭФ-XXI по данным IEA. 2018. World Energy Outlook 2018.

В 2026-2040 гг. среднегодовой объем низкоуглеродных инвестиций может составить 1328-2361 млрд долл., что приблизит его к значениям, необходимым для ограничения глобального потепления уровнем 1,5-2°C, в т.ч. в:

- ВИЭ – 467-663 млрд долл.;
- электрические сети – 286-462 млрд долл.;
- АЭС, системы хранения энергии и CCUS – 67-150 млрд долл.;
- повышение энергоэффективности – 505-828 млрд долл.;
- расходы на установку ВИЭ у потребителей, на приобретение электромобилей и системы CCUS в промышленности – 203-581 млрд долл.

Для сравнения ежегодные инвестиции в системы добычи и снабжения ископаемым топливом могут составить 574-870 млрд долл. Нынешняя эволюция структуры инвестиций – это база будущих изменений в структуре энергобаланса.

При разработке стратегий низкоуглеродного развития, помимо экологических соображений, ставятся практические задачи по захвату рыночных ниш на рынке низкоуглеродных технологий. Емкость рынка низкоуглеродных автомобилей оценивается в 2 трлн долл. в год уже к 2030 г. и может вырасти до 4-8 трлн долл. к 2050 г. К этому следует добавить рынок заправочной инфраструктуры. Для сравнения: нефтегазовый экспорт России в 2018 г. составил 254 млрд долл. Кроме этого имеются масштабные рынки низкоуглеродных промышленных и сельскохозяйственных технологий, технологий циркуляционной экономики, водородных технологий. Так или иначе, основная часть новейших технологий позволяет снижать выбросы ПГ и постепенно получает низкоуглеродную окраску.

4.2 Великобритания. Цель выбрана – безуглеродная экономика к 2050 г.

Великобритания еще по закону от 2008 г. (*Climate Change Act of 2008*) приняла долгосрочные обязательства, которые затем были зафиксированы в ее национальных обязательствах в рамках Парижского соглашения – снижение выбросов на 45% к 2030 г. и на 80% к 2050 г.¹⁸ Эта целевая установка была зафиксирована и в стратегии НУР Великобритании (табл. 4.1):

¹⁸ HM Government. 2017. The Clean Growth Strategy. Leading the way to a low carbon future.

Таблица 4.1 Характеристика низкоуглеродной стратегии Великобритании

Название стратегии	The Clean Growth Strategy. Leading the way to a low carbon future. 164 стр.
Дата представления в РКИК	17/04/2018
Целевая установка относительно 1990 г.	Сокращение выбросов ПГ на 80% от уровня 1990 г.
Наличие целевых установок по секторам	Повышение энергоэффективности в промышленности на 20% к 2030 г. Снижение выбросов ПГ к 2032 г. от уровня 2015 г. в промышленности на 30%, в электроэнергетике на 80%; в зданиях на 19%, на транспорте на 29%, от землепользования и в сельском хозяйстве на 26%.
Содержание	Логика – вклад Великобритании в ограничение глобального потепления уровнем 2°C.
Резюме	Изложение основных положений стратегии (7 стр. формата А4).
Ключевые меры политики – предложения стратегии	Список из 50 конкретных мер, разбитых на 8 групп по тематике и по секторам экономики (см. ниже).
Лидерство Великобритании и прогресс	Целевая установка. Ретроспективный анализ (в.ч. по секторам) и иллюстрация ведущей роли в снижении выбросов ПГ. Карта расположения новых низкоуглеродных производств. Роль в международных инициативах и переговорах.
Возможности и вызовы	Анализ потенциала новых глобальных рынков низкоуглеродных технологий, финансов и возможностей присутствия на новых рынках для Великобритании. Оценка потенциала роста низкоуглеродной экономики страны на 11% в год. Вызовы – сектора, где сложно снижать выбросы, кадры, ограничения по экономической доступности энергии
Наша стратегия чистого роста	Описаны источники и масштабы финансирования на ближайшие годы и оценки снижения выбросов по секторам. Анализ трех возможных траекторий глубокой декарбонизации: электрификация; активное использование водорода; захват и захоронение углерода. Конкретный выбор будет зависеть от прогресса технологий.
Сектора	
Бизнес, промышленная эффективность и поддержка чистого роста	Анализ потребления энергии и выбросов в секторе. Задача снижения энергоемкости на 30% к 2030 г. Потенциал снижения выбросов. Соглашения по снижению выбросов с энергоемкими отраслями промышленности
Улучшая наши дома	Динамика выбросов. Экономическая доступность энергии. Задачи по снижению выбросов к 2032 г. Технологии и решения, необходимые для снижения выбросов к 2050 г.
Ускорение перехода к низкоуглеродному транспорту	Динамика выбросов. Переход к автомобильному транспорту с минимальными выбросами к 2050 г. Запрет продаж автомобилей на бензине и дизельном топливе с 2040 г. Индикативная цель снижения выбросов на 2050 г. – 97%. Технологии. Положительные эффекты для здоровья
Доставляя чистую, умную и гибкую энергию	Достигнутый прогресс. Задача снижения выбросов на 80% к 2032 г. и индикативная цель снижения выбросов до нуля к 2050 г. Технологии, включая «умные сети» и системы хранения энергии. Контроль за ростом расходов на энергию

Название стратегии	The Clean Growth Strategy. Leading the way to a low carbon future. 164 стр.
Увеличение положительных эффектов и ценности наших природных ресурсов	Динамика выбросов от отходов, землепользования, сельского хозяйства. Задачи по снижению выбросов от этих источников на 30% к 2032 г. при росте площади лесов на 10-11%. Индикативная цель их сохранения на уровне 2032 г. до 2050 г. Природный капитал
Лидерство общественного сектора	Достигнутый прогресс. Задачи по снижению выбросов на 50% к 2032 г. Финансирование мер по повышению энергоэффективности. ЭСКО
Следующие шаги	Сведение целевых установок по секторам на 2032 г. Обсуждение мониторинга и возможных процедур пересмотра целевых установок
Приложения	Дорожная карта реализации стратегии и график действий органов исполнительной власти
Статус стратегии	Стратегия задает подробный план действий на период до 2032 г. и только индикативные ориентиры до 2050 г.
Оценка затрат на реализацию стратегии	В Стратегии не приведены оценки затрат. Они отражены в других документах и оцениваются для сценария перехода к безуглеродной экономике к 2050 г. на уровне 1-2% ВВП. Они остались на этом уровне по сравнению с целевой установкой 2008 г. по снижению выбросов на 80% за счет удешевления низкоуглеродных технологий. ¹⁹
Число сценариев	Сценарии подробно не описываются, но по секторам даются вполне конкретные оценки
Инструменты расчетов по сценариям	В Стратегии не описаны
Основные механизмы реализации	Выделение пятилетних углеродных бюджетов. Ставится цель защиты потребителей от высоких цен на энергию. Обязательные и добровольные стандарты, схемы стимулирования продвижения низкоуглеродных технологий; планы совместных действий с промышленностью (уже заключено 8 таких соглашений), стимулирование развития технологий, запрет на присоединение новых зданий к газовым сетям после 2025 г.; термомодернизация 1 млн жилых зданий; запрет на приобретение бензиновых и дизельных автомобилей после 2040 г.; стимулирование замены парка такси и автобусов на низкоэмиссионные; поддержка инноваций в сфере хранения энергии; закрытие угольных электростанций к 2025 г.; поддержка строительства АЭС и ВИЭ, использование налога на углерод и цен в системе торговли квотами; увеличение площади лесов; восстановление болот; снижение отходов; добровольные обязательства для общественного сектора по снижению выбросов ПГ на 30% к 2020 г.; продвижение проекта «Green Great Britain», совершенствование системы управления
Система управления	Ответственность органов власти за реализацию отдельных мер определена в одном из приложений
Система отчетности	Система ежегодной отчетности. Главный индикатор – углеродоемкость ВВП
Стиль изложения	Четкие целевые установки и формулировки, ясный доходчивый язык, наглядные иллюстрации

Источник: Составлено ЦЭНЭФ-XXI на основе The Clean Growth Strategy. Leading the way to a low carbon future. <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>.

¹⁹ UK Committee on Climate Change. May 2019. Net Zero: The UK's contribution to stopping global warming.

В 2018-2019 гг. был проведен анализ возможности более глубокого сокращения выбросов ПГ,²⁰ и правительство пришло к выводу, что к 2050 г. можно поставить задачу выхода на чистые нулевые выбросы. То есть оставшиеся в 2050 г. выбросы должны быть полностью компенсированы стоками.

Британский парламент в июне 2019 г. утвердил такую стратегию, и Великобритания стала первой страной с законодательно зафиксированной целевой установкой по снижению нетто-выбросов ПГ на 62% к 2030 г. и до нуля к 2050 г. В обоснование и развитие такой стратегии был разработан ряд стратегических документов для отдельных секторов экономики Великобритании, где сформулированы как целевые установки по развитию низкоуглеродных технологий, так и меры политики, которые должны обеспечить их достижение.²¹ В стране налажена система мониторинга реализации стратегии, ядром которой является ежегодный отчет Комитета по изменению климата (*Committee on Climate Change*) парламенту Великобритании.²²

В Великобритании принят целый ряд отраслевых стратегий низкоуглеродного развития, в том числе восемь отраслевых планов по декарбонизации промышленности к 2050 г.: цементная промышленность – снижение выбросов на 33-62%; производство керамики – снижение выбросов на 60%; химическая промышленность – снижение выбросов на 79-88%; пищевая промышленность – снижение выбросов на 66-75%; производство стекла – снижение выбросов на 36%; черная металлургия – снижение выбросов на 60%; нефтепереработка – снижение выбросов на 60%; целлюлозно-бумажная промышленность – снижение выбросов на 98%. Для низкоуглеродных решений в зданиях Великобритании разработан план из 36 пунктов в рамках стратегии «*UK housing. Fit for the Future?*».

Стратегия «*The Road to Zero. Next steps towards cleaner road transport and delivering our Industrial Strategy*» содержит план из 46 пунктов. Он включает запрет на продажи автомобилей на бензине и дизельном топливе после 2040 г. Рассматривается возможность переноса этого срока на 2035 г. К 2050 г. весь парк легковых автомобилей должен стать безуглеродным (с выбросами менее 50 гСО₂/км). Предполагается повысить долю добавок биотоплива в жидкое топливо до 7% к 2032 г., предоставлять компенсацию в размере £3500 за приобретение электромобиля, распространить эту схему на микроавтобусы, предоставлять гранты в размере £7500 для приобретения электромобиля-такси, предоставлять другие налоговые льготы. Предусмотрена реализация схемы поддержки перевода автобусов на низкоуглеродные модели и ускоренная амортизация для инвестиций в заправочную инфраструктуру. Ставится задача по переводу 25% парка правительственных автомобилей к 2022 г. на ультранизкие выбросы ПГ. Почта и UPS в Великобритании уже переходят на электромобили. Правительство заключает добровольные соглашения с бизнесом по снижению удельных выбросов грузовиками на 15% к 2025 г. от уровня 2015 г., выделяет 246 млн фунтов на разработку следующего поколения батарей и 400 млн фунтов на формирование Фонда зарядной инфраструктуры, в т.ч. беспроводной. Предусмотрено оказание поддержки местным правительствам по переходу к низкоуглеродному транспорту. Вводится нормативное требование по строительству всех новых зданий с системами зарядки для автомобилей.

²⁰ UK Committee on Climate Change. 2019. Net Zero. The UK's contribution to stopping global warming; UK Committee on Climate Change. 2019. Net Zero Technical report.

²¹ Low Carbon Industrial Strategy: A vision Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform, Department of Energy and Climate Change. 2008; HM Government. 2018. Industrial Strategy. Construction Sector Deal; HM Government. 2017. Industrial Strategy. Building a Britain fit for the future; Department for Transport. 2018. The Road to Zero. Next steps towards cleaner road transport and delivering our Industrial Strategy; Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform. October 2017. INDUSTRIAL DECARBONISATION AND ENERGY EFFICIENCY ACTION PLANS. Summary Document; Committee on Climate Change. February 2019. UK housing: Fit for the future?

²² UK Committee on Climate Change. 2019. Reducing UK emissions. 2019 Progress Report to Parliament.

4.3 Россия в поисках цели

Существенно различаются обязательства России и Великобритании по контролю за выбросами ПГ на перспективу. Россия обязалась удерживать выбросы ПГ в 2030 г. на уровне, не превышающем 70-75% от базового значения за 1990 г. Эта же цель продлена авторами проекта «Энергетической стратегии России до 2035 г.» на период до 2035 г.

У России есть технические возможности стать практически безуглеродной экономикой. Технический потенциал снижения нетто-выбросов ПГ во всех секторах составляет 1220 млн т CO_{2экв}. Его полная реализация позволила бы снизить нетто-выбросы ПГ на 77% от уровня 2017 г. По отношению к уровню выбросов ПГ 1990 г. полная реализация технического потенциала позволяет снизить выбросы на 88,5%. Основную часть потенциала – 87% – формируют технические и структурные решения в секторе энергетика – повышение эффективности и развитие централизованной и децентрализованной низкоуглеродной генерации электрической и тепловой энергии. Способность лесов дополнительно поглощать углерод в перспективе ограничена. Потенциал сектора ЗИЗИЛХ может достигать 545-940 МтCO_{2-экв}. в год.²³ При использовании верхней границы этого диапазона и при учете выбросов ПГ «от потребления» Россия имеет техническую возможность стать страной с нулевыми нетто-выбросами ПГ. Следует учитывать, что технический потенциал снижения выбросов ПГ показывает только гипотетические возможности, без учета многих ограничений.

При разработке обосновывающих материалов для стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года ЦЭНЭФ-XXI провел расчеты по четырем сценариям: базовому, INDC, «энергоэффективному» и «1,5 градуса». Повышение амбиций России в плане ограничения выбросов ПГ может быть поэтапным и базироваться на результатах мониторинга успехов и проблем с реализацией Стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов ПГ до 2050 г., а также на основе выявления новых технологических возможностей ускорения роста экономики при снижении выбросов ПГ. Обязательства должны приниматься с оговоркой о мониторинге их достижения по действующей на момент их принятия методике инвентаризации.

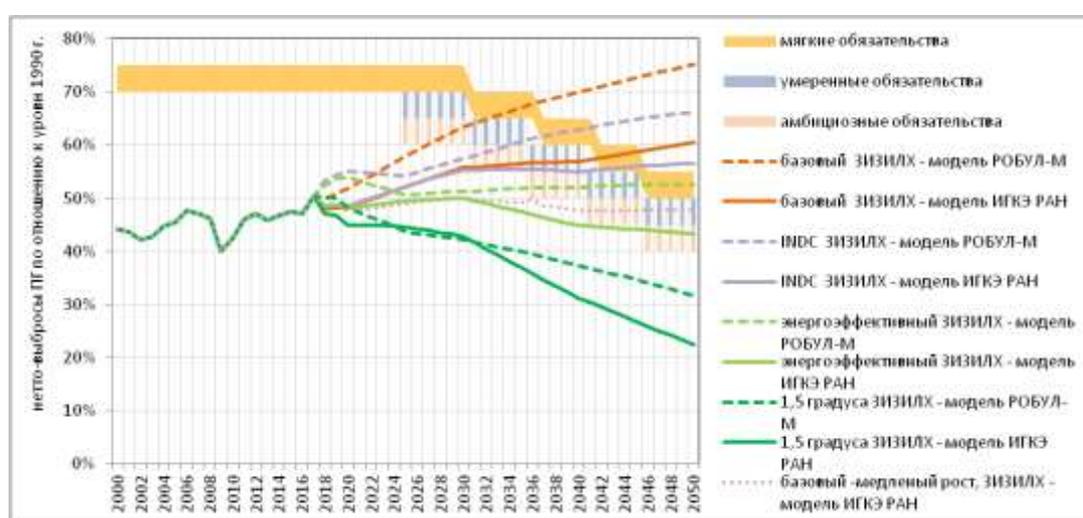
Россия может поэтапно по мере накопления опыта с шагом в 5 лет повышать амбициозность своих обязательств по трем возможным схемам:

- **мягкие обязательства** (без снижения за пределы нетто-выбросов 2017 г.):
 - 65-70% от уровня 1990 г. в 2031-2035 гг.;
 - 60-65% от уровня 1990 г. в 2036-2040 гг.;
 - 55-65% от уровня 1990 г. в 2041-2045 гг.;
 - 50-55% от уровня 1990 г. в 2046-2050 гг.;
- **умеренные обязательства:**
 - 65-70% от уровня 1990 г. в 2026-2030 гг.;
 - 60-65% от уровня 1990 г. в 2031-2035 гг.;
 - 55-60% от уровня 1990 г. в 2036-2040 гг.;
 - 50-55% от уровня 1990 г. в 2041-2045 гг.;

²³ Romanovskaya A.A., Korotkov V.N., Polumieva P.D., Trunov A.N., Vertyankina V.Yu., Karaban R.T. Greenhouse gas fluxes and mitigation potential for managed lands in the Russian Federation // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. — 2019. — <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09885-2>.

- 45-50% от уровня 1990 г. в 2046-2050 гг.;
- **амбициозные обязательства:**
 - 60-65% от уровня 1990 г. в 2026-2030 гг.;
 - 55-60% от уровня 1990 г. в 2031-2035 гг.;
 - 50-55% от уровня 1990 г. в 2036-2040 гг.;
 - 45-50% от уровня 1990 г. в 2041-2045 гг.;
 - 40-45% от уровня 1990 г. в 2046-2050 гг.

Рисунок 4.2 Динамика нетто-выбросов ПГ для разных сценариев по сравнению с уровнем 1990 г. и эволюция возможных обязательств России по контролю за выбросами ПГ



Источник: Данные за 2000-2017 гг. – Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. Москва 2019. Прогнозы до 2050 г. – ЦЭНЭФ-ХХІ.

Новой формой национальных обязательств может стать обязательство по кумулятивному снижению выбросов ПГ в 1990-2050 г. от уровня 1990 г. в размере 90-100 млрд тСО_{2экв}. Ни одна страна мира не сможет принять эквивалентного обязательства. Россия в коалиции с партнерами по БРИКС может выступить в роли инициатора корректировки принципов оценки климатической ответственности. В сценарии «1,5 градуса» воплощенные в сырьевых экспортных товарах выбросы ПГ в 2050 г. равны 337 млн тСО_{2экв}. Их вычет из суммы территориальных выбросов ПГ позволил бы снизить выбросы к 2050 г. на 88% от уровня 1990 г.

Выбор более амбициозных целей придаст импульс технологической модернизации экономики. Все предложенные схемы не выходят за рамки оценок «энергоэффективного» сценария при условии сохранения высоких уровней стоков ПГ в секторе ЗИЗИЛХ. В случае более медленного снижения энергоемкости запуск только части мер по развитию низкоуглеродной генерации, снижению выбросов в промышленности, сельском хозяйстве, секторе отходов, торможению снижения стоков в секторе ЗИЗИЛХ, предусмотренных в сценарии «1,5 градуса», позволит нейтрализовать риск невыполнения обязательств по любой из выбранных схем повышения амбициозности обязательств.

При росте ВВП России в 2,45 раза к 2050 г. ограничение выбросов ПГ возможно только на основе динамичного снижения углеродоемкости. Главным драйвером снижения углеродоемкости является снижение энергоемкости. Если в базовом сценарии она снижается на 35-48% по отношению к уровню 2016 г., то в «энергоэффективном» – уже на 54-62%, а в сценарии «1,5 градуса» – практически в 4-5 раз.

Таким образом, ускорение экономического роста возможно только на основе технологической модернизации. Сама эта модернизация, по сути, низкоуглеродная, поскольку на рынках высокотехнологичного оборудования начинают доминировать низкоуглеродные образцы технологий, оборудования и зданий. Поэтому такое ускорение не сопровождается ростом выбросов ПГ. Попытка двигаться в будущее, обратившись к нему спиной, на основе использования устаревших технологических решений, чревата застоєм в экономике и, как показал опыт России последнего десятилетия, также не сопровождается ростом выбросов ПГ. Изображенные на рис. 4.2 траектории для базовых сценариев практически нереализуемы. Один пример: в 2008-2018 гг. энергоемкость ВВП России не снижалась. Базовый сценарий предполагает довольно динамичное снижение энергоемкости, но программ и механизмов, позволяющих этого добиться, еще нет. Россия потребляет примерно половину производимых первичных энергоресурсов. Если ВВП к 2050 г. будет в 2,45 раза выше уровня 2015 г., то все производимые первичные энергоресурсы Россия потребит сама. Тогда к 2050 г. не будет возможности экспортировать топливо. Это упрощение. Но результаты расчетов по условиям базового сценария показывают, что внутреннее потребление газа устойчиво и заметно растет и превышает в 2050 г. 679 млрд м³. При оптимистичном допущении о росте добычи природного газа до 940 млрд м³ к 2050 г. экспорт природного газа выходит на пик 306 млрд м³ в 2030 г., а затем начинает медленно снижаться до 262 млрд м³ к 2050 г. Это на 100 млрд м³ ниже указанных в прогнозе МЭР уровней экспорта на 2030 г. и 2036 г. в объемах 403 и 414 млрд м³. При выходе добычи газа на пик на уровне 840 млрд м³ экспорт газа оказывается еще на 100 млрд м³ ниже. В базовом сценарии не столько внешний спрос, сколько динамичный рост внутреннего потребления газа при заданных сценарных условиях ограничивает потенциал его экспорта. Если же энергоемкость ВВП в 2020-2050 гг. снижаться не будет, то России в 2050 г. потербуются импортировать более 110 млрд м³ природного газа.

Можно продолжать малопродуктивные споры о том, по каким причинам изменяется климат. Но мир уже начал переход на низкоуглеродную модель роста при ускорении повышения энергоэффективности и резком росте роли безуглеродных источников энергии. Возврата не будет. Отставание в этом движении – угроза безопасности и технологической отсталости России. По сырьевой модели экономического роста нет практически уже 10 лет, а при ее сохранении – и не будет. Нужны новые драйверы роста. Среди них – развитие низкоуглеродных технологий. Наличие ресурсов нефти и газа дает временную фору – возможность «купить время» для смены модели роста. Ее нужно мудро использовать.

5 НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

5.1 АЭС

В 2017 г. в мире на АЭС было выработано 2,72²⁴ млн ГВт-ч электроэнергии. Выработка все еще не достигла пика 2006 г. Доля АЭС устойчиво снижалась: с 17,5% в 1996 г. до 10,5% в 2016 г. и до 10,2% в 2018 г. В 2018 г. было введено 11,2 ГВт АЭС²⁵ (на Китай пришлось 9 ГВт). Это самый большой годовой прирост с 1989 г. На стадии строительства находится около 60 ГВт. При нынешних тенденциях мощность АЭС в 2030 г. может приблизиться к 500 ГВт (424 ГВт в 2018 г.). Политика в области ядерной энергии остается неопределенной во многих странах, поскольку правительства пытаются согласовать политические обязательства, общественное мнение, климатические цели и безопасность энергоснабжения. По сравнению с Великобританией и другими странами применение АЭС в России находится на высоком уровне (см. табл. 5.1).

Таблица 5.1 Сравнение метрик по развитию АЭС

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Мир	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Присутствие на рынке, 2019 г.	доля в генерации электроэнергии, %	19,7 ²⁶ %		18,4 ²⁷ %		10,2%	
2030 г.		9,0%	24,7 ⁵ %	17,2 ²⁸ %	18,3 ⁵ %	8,9%	10,8%
2050 г.		7,1%	20,2 ⁵ %	18,2 ⁵ %	24,3 ⁵ %	5,2%	9,4%
Технологические затраты	USD 2018/кВт	8640	9041	3580 ²⁹	4896 ⁴	1807 ³⁰	6215 ⁴
	USD 2018/МВт-ч	92,5				89	92
Экологические, социальные и экономические последствия	доля занятости, %	0,17%		255,4 ³¹ тыс. чел			
	расходы на вывод из эксплуатации, млрд £/год	1	2				
Политический климат	размер господдержки, млн \$/год	100,4		3125			
Политическая поддержка	% считающих, что долю АЭС нужно увеличить ³²	17%		38%		26%	

*ежегодно в течение 100 лет

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

²⁴ <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=Electricity%20generation%20by%20source>

²⁵ <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2019/nuclear-power>

²⁶ Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES), 2019.

²⁷ Росстат РФ. Статистическая форма 6-ТП.

²⁸ Оценка ЦЭНЭФ-XXI для Министерства экономического развития РФ.

²⁹ IRENA. REMAP 2030 - RENEWABLE ENERGY PROSPECTS FOR THE RUSSIAN FEDERATION. Working paper. 2017.

³⁰ THE COSTS OF DECARBONISATION: SYSTEM COSTS WITH HIGH SHARES OF NUCLEAR AND RENEWABLES, NEA No. 7299, © OECD 2019.

³¹ Росатом. Итоги деятельности за 2018 год.

³² Общественное мнение об изменении климата и энергетической безопасности в Европе и России. Результаты Восьмой волны Европейского социального исследования. Подготовлено в рамках проекта «Общественные установки по отношению к системе социального обеспечения, изменению климата и энергобезопасности в Европейском Союзе и России (PAWCER)» 2018 www.europeansocialsurvey.org/docs/findings/ESS8_pawcer_climate_RU.pdf.

Технологические затраты в России (включая разработку проектно-сметной документации и проведение строительно-монтажных работ) находятся на среднем мировом уровне. На федеральном уровне есть политика, направленная на поддержку и развитие АЭС. Более подробно сравнение состояния и перспектив развития АЭС в России и Великобритании представлено в табл. 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 АЭС. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>Первая в мире АЭС была запущена в 1954 г. в Обнинске. Она была оснащена уран-графитовым реактором типа АМ («Атом мирный») мощностью 5 МВт. Эта АЭС безаварийно проработала около 50 лет. В 2009 г. была создана единая генерирующая компания, владеющая и управляющая АЭС – Государственная Корпорация «Росатом». На 10 АЭС в эксплуатации находятся 35 энергоблока. «Росатом» занимает первое место в мире по объему портфеля зарубежных проектов (на разной стадии реализации находятся 36 энергоблоков в 12 странах), второе место по запасам урана и четвертое – по объему его добычи, обеспечивая 17% рынка ядерного топлива.</p> <p>В России в 2019 г. выработка на АЭС выросла до 209 млрд кВт-ч, а доля АЭС в суммарной генерации электроэнергии составила 17,3%, 19,6% - в выработке электростанциями общего пользования. По отношению к 2000 г. генерация на АЭС выросла на 62%³³, а в 1990 г. она составила 118 млрд кВт-ч, или 10,9%.</p>
Рыночные перспективы	<p>Распоряжением Правительства РФ № 1634-р утвержден план строительства восьми новых АЭС. Согласно распоряжению, до 2030 г. в России будут построены восемь крупных АЭС: Кольская АЭС-2, Центральная АЭС, Смоленская АЭС-2, Нижегородская АЭС, Татарская АЭС, Белоярская АЭС, Южноуральская АЭС, Северская АЭС.</p> <p>Государственной программой РФ «Развитие атомного энергопромышленного комплекса» предусматривается рост выработки АЭС к 2027 г. до 229 млрд кВт-ч. Согласно «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 года» выработка на АЭС в 2035 г. должна вырасти до 227-246 млрд кВт-ч, а в прогнозе МЭР – до 246 млрд кВт-ч в 2036 г. Согласно базовому сценарию прогноза ЦЭНЭФ-XXI, разработанному для обоснования «Основных направлений стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», к 2050 г. выработка электроэнергии на АЭС может вырасти до 296 млрд кВт-ч. В сценарии «1,5 градуса» масштабы генерации на АЭС повышаются до 370 млрд кВт-ч. Производственные возможности «Росатома» это позволяют, поскольку за пределами России он сдает по несколько блоков АЭС в год.</p>

³³ С 2008 г. введены энергоблоки № 2, 3 и 4 Ростовской АЭС, энергоблок № 4 Калининской АЭС, энергоблок № 4 Белоярской АЭС, энергоблоки № 1 и 2 Нововоронежской АЭС-2 и энергоблок № 1 Ленинградской АЭС-2. Продолжается строительство других энергоблоков атомных электростанций с реакторами большой мощности, в том числе энергоблок № 2 Ленинградской АЭС-2 и энергоблоки № 1 и 2 Курской АЭС-2, Ростовской и Нововоронежской АЭС. В целях замещения выбывающих мощностей Билибинской АЭС и обеспечения энергией потребителей Чукотского автономного округа введена в эксплуатацию первая плавучая АЭС мощностью 70 МВт. Россия также принимает активное участие в строительстве АЭС за рубежом. Выведены из эксплуатации блоки на АЭС Белоярской, Билибинской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской и Смоленской.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	<p>В 2017 г. Минэнерго РФ оценило в 950 млрд руб. объем инвестиций, необходимых для модернизации атомной энергетики на 10 лет. Объем ассигнований федерального бюджета (несекретная часть) на реализацию Программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса» составляет (в млрд руб.) в 2020 г. – 80; в 2021 г. – 85, в 2022 г. – 99; в 2023 г. – 88; в 2024 г. – 86; в 2025 г. – 86; в 2026 г. – 65; в 2027 г. – 64. Итого – 736 млрд руб., или в среднем 92 млрд руб. в год. Значительная часть строительства АЭС финансируется за счет субсидирования на рынке мощности. По договорам поставки мощности новых АЭС и ГЭС суммарная стоимость проданной мощности в 2018 г. составила 122 млрд руб.³⁴ (более 90% которой – вклад АЭС) и 103,2 млрд руб. в 2017 г.³⁵ В 2020 г. вклад АЭС в формирование тарифа на мощность равен 28%, а ВИЭ – только 7%.³⁶ Ставка платы за мощность АЭС на оптовом рынке в 2017-2020 гг. выросла на 74%. Таким образом, на поддержку строительства, топливообеспечения и безопасного функционирования АЭС ежегодно из бюджета и за счет тарифов выделяется более 200 млрд руб., или примерно 3 млрд долл. В 2019 г. две трети прироста цены на рынке КОМ пришлось на возврат инвестиций на строительство новых АЭС и только около 20% - на поддержку развития ВИЭ.</p> <p>В LAZARD’S LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS—VERSION 13.0.³⁷ удельные капитальные вложения в строительство новых АЭС равны 6900-12200 долл./кВт, а LCOE для новых АЭС – 0,115-0,195 долл./кВт-ч. В России надежные данные о стоимости строительства АЭС без учета субсидий найти сложно. Их можно оценить равными 5500-6000 долл./кВт. Анализ данных по LCOE для России показывает, что новые АЭС – один из самых дорогих источников генерации даже без учета затрат на вывод АЭС из эксплуатации (рис. 5.1).</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Россия обладает полным спектром технологий атомной энергетики и является одним из лидеров их совершенствования. За последние 20 лет разработано 6 новых типов АЭС: БН-800, ВВЭР-1200, ВВЭР-600, ВВЭР-1300-ТОИ, БРЕСТ-ОД-300, БН-1200. Также создана плавучая АЭС «Ломоносов», включающая два реактора типа КЛТ-40С по 35 МВт электрической мощности. Ведутся разработки, предполагающие параллельную работу реакторов на тепловых и быстрых нейтронах, объединенных общим замкнутым ядерным топливным циклом, что способствует решению проблемы воспроизводства ядерного топлива и минимизации радиоактивных отходов.</p> <p>Главными направлениями технологического развития являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> • обеспечение адекватной сырьевой базы – проведение геологоразведочных работ и разработка урановых месторождений как в России, так и за рубежом; • разработка технологий ядерного топливного цикла на основе газовых центрифуг нового поколения; • развитие мощностей атомного машиностроения и строительно-монтажных организаций с учетом потребностей вода энергоблоков за рубежом; • создание предприятий замкнутого ядерного топливного цикла (проект «Прорыв») и по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, по производству топлива из регенерированных ядерных материалов;

³⁴ АО АТС. 2019. ГОДОВОЙ ОТЧЕТ. 2018.

³⁵ АО АТС. 2018. ГОДОВОЙ ОТЧЕТ. 2017.

³⁶ Прогнозы свободных (нерегулируемых) цен на электрическую энергию (мощность) по субъектам Российской Федерации на 2020 год и исходные данные для построения прогнозов. https://www.npsr.ru/sites/default/files/20191101_anpsr_ishodnye_dannye_i_prognoz_na_2020.pdf.

³⁷ <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<ul style="list-style-type: none"> • совершенствование технологий вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС; • обеспечение участия АЭС нового поколения (ВВЭР-ТОИ) в регулировании неравномерности суточных графиков нагрузки с диапазоном регулирования от 100 до 50% номинального уровня мощности; • создание АЭС малой мощности для энергоснабжения удаленных и изолированных территорий. <p>Атомные технологии начинают широко применяться в ядерной медицине, комплексах радиационной обработки продукции. Строятся центры ядерной науки и технологий на базе исследовательских реакторов в Дубне, Протвино и др.</p>
Инфраструктурное окружение	<p>По всему ядерному циклу особое внимание уделяется безопасности и обращению с ядерным топливом, продуктами его переработки и радиоактивными отходами. В России создана соответствующая инфраструктура. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности сопряжено с очень высокими затратами. До 2030 г. ожидается вывод из эксплуатации более 20 блоков АЭС, что обостряет проблему безопасной утилизации радиоактивных отходов. В «Росатоме» создается необходимая инфраструктура для переработки и утилизации из семи межрегиональных специализированных комплексов, отвечающих принципам наилучших доступных технологий с учетом международного опыта. Общий объем финансирования мероприятий Федерального проекта на 2019–2024 гг. составляет 36 млрд руб.</p> <p>Другая проблема – низкая доля рентабельных запасов урана в минерально-сырьевой базе Российской Федерации составляет всего около 7%. Для ее решения реализуются как совместные проекты по добыче урана с другими странами, так и по увеличению производства на действующих предприятиях с низкой себестоимостью в Курганской области и в Республике Бурятия, а также строительство рудника в Забайкальском крае.</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Прирост выработки электроэнергии на АЭС в 1990-2019 гг. составил 91 млрд кВт-ч. При расчете по условиям 2019 г. это позволило снизить выбросы ПГ на 75 млн т CO_{2экв}, что составляет 4,3% от выбросов ПГ сектором «энергетика» в 2019 г.</p> <p>Серьезные аварии на АЭС сопряжены с огромными потерями для людей, экологии и экономики. Стоимость негативных последствий аварии в Чернобыле за 30 лет после катастрофы, в результате которой пострадали 10 млн чел., оценивается в 700 млрд долл.³⁸ Японское правительство оценивает стоимость последствий аварии в Фукусиме в размере 188 млрд долл.³⁹</p> <p>Объем накопленного в мире ОЯТ в 2018 г. составил 285 тыс. ТТМ. Большинство стран выбрали отложенное решение по обращению с ОЯТ, предполагающее долгосрочное хранение в связи с отсутствием готовых пунктов окончательного захоронения и мощностей по его переработке. Ежегодно в мире нарабатывается около 10 тыс. ТТМ ОЯТ, из которых менее 2 тыс. ТТМ направляется на переработку. Увеличение объемов накопленного ОЯТ стимулирует развитие рынка технологического хранения. «Росатом» продвигает собственные решения по хранению ОЯТ и РАО. На 31.12.2018 г. объем накопленного ОЯТ на территории Российской Федерации составил 24 035,72 т (в том числе «ядерное</p>

³⁸ Samet, J.M., F.L. Thornton, Seo J. The Financial Costs of the Chernobyl Nuclear Power Plant Disaster: A Review of the Literature. April 21, 2016.

https://uscglobalhealth.files.wordpress.com/2016/01/2016_chernobyl_costs_report.pdf;
<https://globalhealth.usc.edu/2016/05/24/the-financial-costs-of-the-chernobyl-nuclear-power-plant-disaster-a-review-of-the-literature/>.

³⁹ Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Итоги деятельности за 2018 год <https://www.reuters.com/article/us-tepco-fukushima-costs-idUSKBN13Y047>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>наследие» — 16 836,01 т). В 2018 г. накоплено еще 943,84 т, а на длительное хранение размещено 750,45 т ОЯТ российских АЭС79, переработано – 35 т ОЯТ различных типов. Предусмотрено увеличение мощностей переработки ОЯТ на площадке ФГУП «ГХК». Согласно Программе «Развитие атомного энергопромышленного комплекса» до конца 2020 г. должны быть введены первые модули единой информационной системы учета и контроля за обращением с отходами I и II классов опасности, а также завершены предпроектные изыскания и разработана проектная документация для 4 межрегиональных производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности на основе перепрофилирования объектов по уничтожению химоружия, завершены изыскания для еще трех объектов по обращению с отходами. Полное внедрение системы учета и контроля за обращением с отходами ожидается в 2024 г.</p> <p>Деятельность «Ростатома» - одно из направлений развития ненефтегазового экспорта (поставки на экспорт урана, технологий и услуг по возведению АЭС, строительство исследовательских реакторов, переработка топлива и др.). Экспорт продукции и услуг в 2018 г. составил 6,5 млрд долл., а портфель зарубежных заказов на 10 лет – 133,2 млрд долл.⁴⁰ Рост выручки обеспечивается портфелем проектов сооружения АЭС за рубежом.</p> <p>Ядерный комплекс страны рассматривается как сектор, где формируются передовые технологии и используются высокопрофессиональные кадры. Всего в Госкорпорации «Росатом» работает 255 тыс. чел., из них в дивизионах топливном и электроэнергетическом – 74 тыс. чел.⁴¹</p>
Политический климат	<p>Государство активно поддерживает развитие ядерной энергетики на протяжении всей истории ее развития. Эта поддержка зафиксирована в «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 года» и в Государственных программах «Развитие энергетики» и «Развитие атомного энергопромышленного комплекса». Только федеральный бюджет на поддержку развития атомной энергетики в ближайшие годы будет тратить ежегодно в среднем 92 млрд руб. Государство ставит перед отраслью следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • повышение экономической конкурентоспособности новых АЭС с учетом их полного жизненного цикла; • разработка и внедрение технологий параллельной эксплуатации реакторов на тепловых и быстрых нейтронах в целях обеспечения замкнутого ядерного топливного цикла. <p>Изменения регуляторного и политического климата в зарубежных государствах приводит к ограничению деятельности «Росатома», в связи с чем ведется активная работа с Министерством иностранных дел РФ и различными ведомствами правительства РФ.</p>

⁴⁰ <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/fa7/fa759a96c90510116b0b0632519522cb.pdf>.

⁴¹ Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Итоги деятельности за 2018 год <https://www.reuters.com/article/us-tepco-fukushima-costs-idUSKBN13Y047>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политическая ситуация	<p>Согласно данным «Росатома»,⁴² уровень поддержки населением развития атомной энергетики в России в 2016-2018 гг. варьировал в диапазоне 71-75%. Социологи Левада-центра ежегодно проводят опрос о возможности повторения в России катастрофы на АЭС, подобной чернобыльской. Доля респондентов, которые верят в такую возможность, снизилась с 69% в 2000 г. до 30% в 2019 г. Основное снижение – на 26% - произошло после 2011 г.⁴³ Таким образом, на уровне властей существует активная поддержка развитию АЭС, а на уровне населения не наблюдается активного отторжения.</p> <p>Доля респондентов в России, считающих, что на основе АЭС должно генерироваться «большие» или «очень большие» объемы электроэнергии равна 38% против 17% в Великобритании⁴⁴ и 26% в мире⁴⁵.</p> <p>Следует отметить, что, в отличие от экономических проблем, связанных со сравнительно скромной поддержкой развития ВИЭ, на масштабы экономической поддержки АЭС и сопряженной с этим нагрузки на бюджет и тарифы указывается очень редко.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

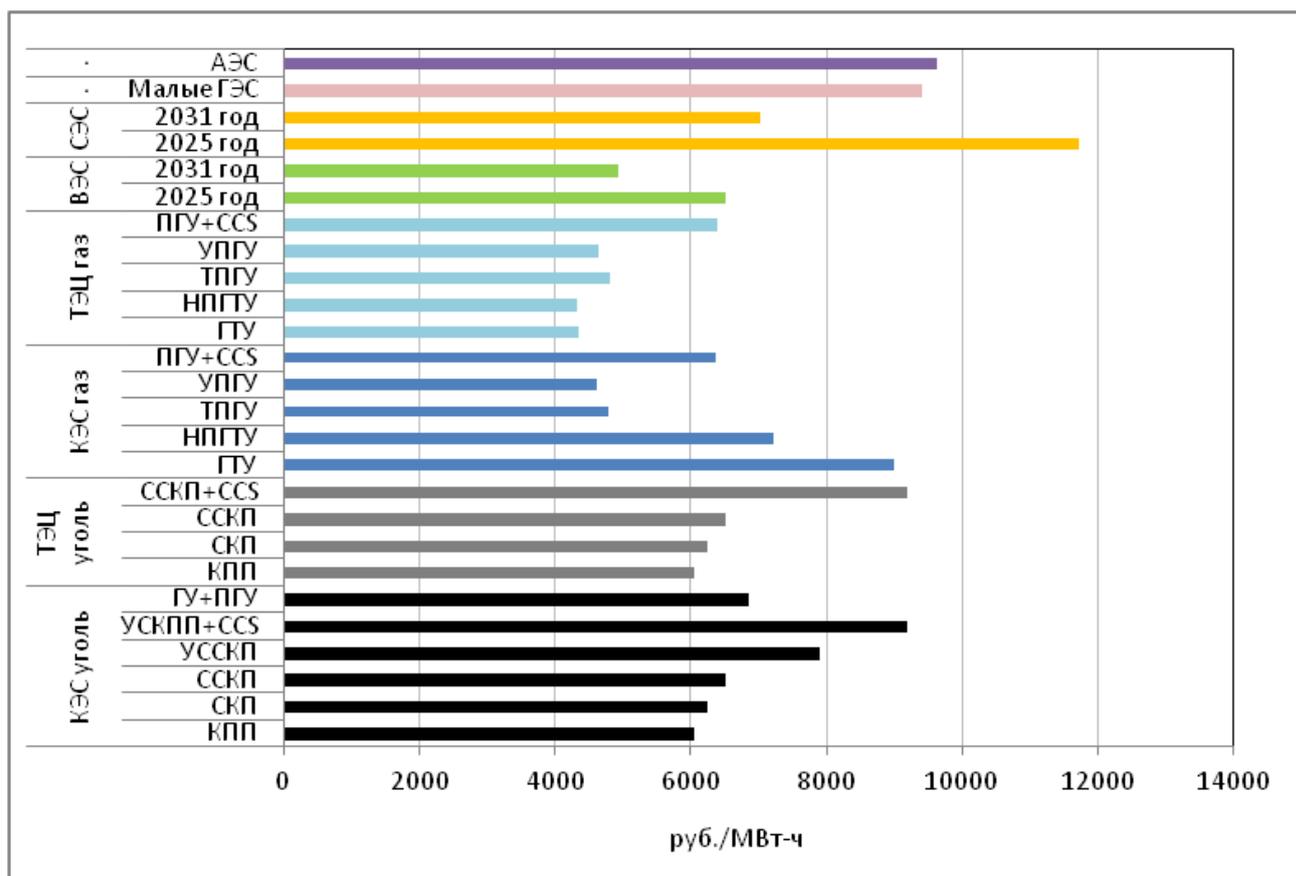
⁴² Там же.

⁴³ <https://www.rbc.ru/newspaper/2019/07/17/5d2db1a89a7947ffb6a3569a>.

⁴⁴ Общественное мнение об изменении климата и энергетической безопасности в Европе и России. Результаты Восьмой волны Европейского социального исследования. Подготовлено в рамках проекта «Общественные установки по отношению к системе социального обеспечения, изменению климата и энергобезопасности в Европейском Союзе и России (PAWCER)» 2018 www.europeansocialsurvey.org/docs/findings/ESS8_pawcer_climate_RU.pdf.

⁴⁵ Green Energy Barometer (2017). Prepared by Edelman Intelligence. Commissioned by Ørsted.

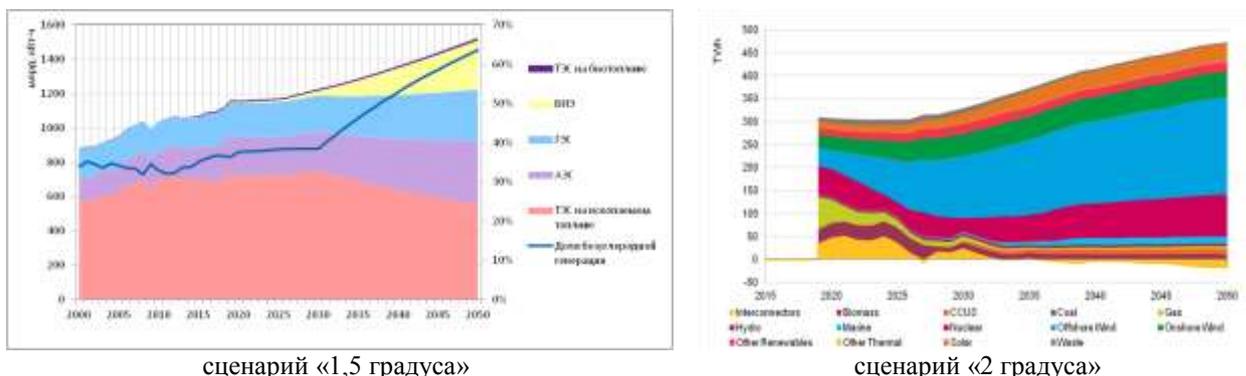
Рисунок 5.1 Приведенная стоимость генерации электроэнергии по разным технологиям в России



- КПП критические параметры пара
- СКП сверхкритические параметры пара
- ССКП суперсверхкритические параметры пара
- УССКП ультрасуперсверхкритические параметры пара
- УСКПП+CCS ультрасуперсверхкритические параметры пара с улавливанием и захоронением углекислого газа из продуктов сгорания
- СКП+Gas газификация угля с бинарным циклом Брайтона-Ренкина
- ССКП+CCS суперсверхкритические параметры пара с улавливанием и захоронением углекислого газа из продуктов сгорания
- ТПГУ традиционная парогазовая установка (ПГУ), функционирующая по циклу Брайтона-Ренкина
- УПГУ усовершенствованная ПГУ
- ПГУ + CCS ПГУ нового поколения с улавливанием и хранением углекислого газа
- ГТУ традиционная газотрубинная установка
- НПГУ ГТУ нового поколения
- ГТУ традиционная газотрубинная установка

Источники: По источникам на угле и газе – расчеты В.Н. Папушкина и ЦЭНЭФ-XXI. По ВЭС и СЭС – Баркин О. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ. Предложения для новой программы поддержки на оптовом рынке. Международный форум по возобновляемой энергетике «ARWE 2019». Ульяновск. Май 2019. Для АЭС – оценки «ВТБ Капитал».

Рисунок 5.2 Структура выработки электроэнергии в низкоуглеродных сценариях. Россия и Великобритания



Источники: Расчеты ЦЭНЭФ-XXI и Future Energy Scenarios 2019 Data Workbook <http://fes.nationalgrid.com/>.

Таблица 5.3 АЭС. Великобритания

Метрика	Метрики и комментарии
Присутствие на рынке	Первая АЭС была построена в 1956 г. Сейчас в Великобритании работают 15 реакторов суммарной электрической мощностью 9,5 ГВт, ⁴⁶ из них семь сдвоенных усовершенствованных газоохлаждаемых реакторов (AGR) ⁴⁷ и один водо-водяной ядерный реактор (PWR) ⁴⁸ , которые должны быть закрыты между 2023 и 2035 годами. ⁴⁹ В 2017 г. на долю атомной энергетики приходилось 21% выработки и 7,9% общей доли низкоуглеродной энергии в Великобритании, что составляет 19,7% (17,4% в 2016 г.). Ожидается, что мощности АЭС снизятся в 2020 г., поскольку старые АЭС закрываются прежде, чем будут запущены новые станции. ⁵⁰
Рыночные перспективы	Разработано три сценария использования новых АЭС, включая замену 16 ГВт электрической мощности до 2030 г. и строительство дополнительных 40 или 75 ГВт до 2050 г., но для нового строительства не нашлось площадки. ⁵¹ В «Future Energy Scenarios 2018» предполагалось строительство более 7 ГВт новых мощностей во всех сценариях, причем большая часть новых мощностей должна была быть построена в 2010-х годах. ⁵² Однако с момента публикации ряд ядерных проектов был отменен или отложен.

⁴⁶ BEIS (2018). Digest of United Kingdom Energy Statistics 2018. London. Доступно по ссылке: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/736148/DUKES_2018.pdf.

⁴⁷ Dungeness B 1&2, введены в эксплуатацию в 1983 г. и 1985 г., срок вывода – предположительно 2028 г.; (ii) Hartlepool 1&2, введены в эксплуатацию в 1983 г. и 1984 г., срок вывода – предположительно 2024 г.; (iii) Heysham I 1&2, введены в эксплуатацию в 1983 г. и 1984 г., срок вывода – предположительно 2024 г.; (iv) Heysham II 1&2, введены в эксплуатацию в 1988 г., срок вывода – предположительно 2030 г.; (v) Hinkley Point B 1&2, введены в эксплуатацию в 1976 г., срок вывода – предположительно 2023; (vi) Hunterston B 1&2, введены в эксплуатацию в 1976 г. и 1977 г., срок вывода – предположительно 2023; (vii) Torness 1&2, введены в эксплуатацию в 1988 г. и 1989 г., срок вывода – предположительно 2030 г.

⁴⁸ Введен в эксплуатацию в 1995 г., срок вывода – предположительно 2035 г.

⁴⁹ World Nuclear Association (2019). Nuclear Power in the United Kingdom, Country Profiles. Доступно по ссылке: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom.aspx> (дата обращения - 5 декабря 2019 г.)

⁵⁰ National Grid Electricity System Operator (2019). Future Energy Scenarios. London. Доступно по ссылке: <https://www.nationalgrid.com/NR/rdonlyres/C7B6B544-3E76-4773-AE79-9124DDBE5CBB/56766/UKFutureEnergyScenarios2012.pdf>.

⁵¹ Atkins (2015). Power Plant Siting Study Project Summary Report. London.

⁵² National Grid (2018). Future Energy Scenarios.

Метрика	Метрики и комментарии
	<p>В 2019 г. прогнозы по всем сценариям были пересмотрены вниз. По самым низким прогнозам, мощности АЭС уменьшатся до уровня ниже 2 ГВт в конце 2020-х годов, но к середине 2030-х снова возрастут до уровня чуть больше половины нынешнего.⁵⁰ По самым высоким прогнозам, мощность АЭС достигнет 16 ГВт к 2050 г., а доля в выработке электроэнергии – 20-26%.⁵⁰ Ожидается, что к концу 2025 г. будет построена АЭС Хинкли Пойнт С (первая крупная АЭС с 1995 г.) мощностью 3,260 ГВт со сроком эксплуатации в течение 60 лет⁵³ для покрытия до 7% спроса на электроэнергию в Великобритании. Однако прогнозируются задержки с вводом 1-го и 2-го блоков на 15 и 9 месяцев соответственно, что повышает риски и затраты.⁵⁴</p>
Технологические затраты	<p>Затраты на строительство Хинкли Пойнт С составят более £20 млрд, что делает ее самой дорогостоящей АЭС в мире. В сентябре 2019 г. было объявлено, что риск возрастания стоимости из-за задержек строительства увеличился, и если он материализуется, то дополнительные затраты составят примерно £0,7 млрд, как было объявлено в 2017 г. Затраты на завершение строительства оцениваются в £21,5-22,5 млрд. Цена исполнения опциона для Хинкли Пойнт С была установлена на уровне £92,5/МВт-ч, что более чем вдвое превышает оптовую цену (около £40 за 1 МВт-ч).⁵⁵</p> <p>Проекты строительства небольших АЭС варьируют от микрогенерации до реакторов мощностью 600 МВт, а приблизительная стоимость составляет £100 млн - £2,5 млрд.⁵⁶ Небольшие реакторы могут обеспечить шаговое снижение затрат – до уровня ниже £60/МВт-ч.⁵⁷ Потребуется значительное количество мелких реакторов (>8 ГВт эл. мощности) для обеспечения экономии на масштабах для выхода на традиционные показатели крупных реакторов. Экономическая эффективность увеличивается при размещении нескольких малых реакторов на одной площадке.</p>

⁵³ EDF (2019a). About Hinkley Point C, Hinkley Point C. Доступно по ссылке: <https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-new-build-projects/hinkley-point-c/about> (дата обращения - 4 декабря 2018 г.).

⁵⁴ EDF (2019b). Update on Hinkley Point C project Paris Stock Exchange, EDF Press Release. Доступно по ссылке: <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/09/25/1920389/0/en/EDF-Update-on-Hinkley-Point-C-project.html> (дата обращения - 1 декабря 2019 г.).

⁵⁵ Ofgem (2018). State of the Energy Market.

⁵⁶ EFWG (2018). Market framework for financing small nuclear. Доступно по ссылке: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/732220/DBEIS_1_1 - Market Framework for Financing Small Nuclear_EFWG_Final_Report_.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/732220/DBEIS_1_1_-_Market_Framework_for_Financing_Small_Nuclear_EFWG_Final_Report_.pdf).

⁵⁷ Atkins (2016). SMR Techno-Economic Assessment Project 1: Comprehensive Analysis and Assessment Techno-Economic Assessment Final Report Volume 1. Доступно по ссылке: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/665197/TEA_Project_1_Vol_1_-_Comprehensive_Analysis_and_Assessment_SMRs.pdf https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/665197/.

Метрика	Метрики и комментарии
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Большинство работающих реакторов были построены более чем 35 лет назад; при этом все они, кроме одного, должны быть закрыты к 2030 г. (Future Energy Scenarios 2019). У разных видов реакторов разное расчетное время эксплуатации (от 20 до 35 лет), но в Великобритании они эксплуатируются дольше, особенно это относится к реакторам EDF Energy, чья стратегия предполагает продление сроков эксплуатации для всех реакторов.^{58 59}</p> <p>Передовые атомные технологии, иначе называемые малыми атомными (SMR) или передовыми модульными реакторами (AMR), были включены в сценарий «Два градуса»⁶⁰, разработанный в рамках «Future Energy Scenarios 2019», где на их долю приходится 7 ГВт атомной мощности к 2050 г., но на сегодняшний день нет ни одного заключенного контракта. Они сильно различаются по проектам, уровням эксплуатации, размерам, видам топлива и теплоносителям и могут быть разделены на две группы: (1) малые модульные реакторы с водяным охлаждением 3-го поколения (SMR), аналогичные существующим атомным реакторам, но меньшего размера и с усовершенствованными системами пассивной безопасности; и (2) передовые модульные реакторы следующего поколения (AMR), где применяется инновационная система охлаждения или новые виды топлива для повышения функциональности, включая производство тепловой энергии для промышленных процессов.⁶¹</p>
Инфраструктурное окружение	<p>Потенциальное ограничение связано с поиском площадок, но оно менее значимо для малых реакторов, чем для больших. Крупные атомные станции обычно размещают на побережье; для строительства SMR и AMR может применяться заводская сборка вместо специальных строительных технологий. Это способствует снижению сроков возведения (2,5-4 года) по сравнению с крупными АЭС, для которых срок составляет 6-8 лет, а также затрат на строительство.⁶¹</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Атомная энергетика приносит £12,4 млрд в экономику Великобритании и обеспечивает работой 87,000 людей на гражданских и оборонных предприятиях.⁶² Потенциальные дополнительные выгоды передовых атомных технологий включают повышение профессиональных компетенций региональных специалистов, повышение квалификации и профессиональных навыков рабочих.</p> <p>£12 млн будет инвестировано в повышение квалификации в области регулирования SMR и AMR.⁶¹ Усилия будут направлены на сохранение к 2021 г. примерно 100 тыс. хорошо оплачиваемых рабочих мест в Англии, Шотландии и Уэльсе. Данные, опубликованные в сентябре 2019 г. Ассоциацией атомной</p>

⁵⁸ EDF (2019c). Nuclear Lifetime Management, Reactor lifetimes. Доступно по ссылке: <https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-lifetime-management>.

⁵⁹ С 2008 г. EDF продлила срок службы реакторов в среднем более чем на 8 лет, причем самую большую проблему представляют незаменимые компоненты, такие как графитовые стержни и котлы. Компания рассчитывает на продление срока службы Sizewell B на 20 лет – до 60 лет. Проектный срок службы реакторов Magnox изначально составляла 20 лет, но большинство из них отработало по крайней мере вдвое дольше, а последний находящийся в эксплуатации реактор Magnox – Wylfa 1 – был закрыт в декабре 2015 г.

⁶⁰ FES включает 4 сценария. Они сами по себе не являются прогнозами ожидаемых траекторий. Реальная траектория может быть комбинацией любых из этих сценариев, и их следует рассматривать в совокупности. Сроки зависят от двух драйверов: темпов декарбонизации и уровня децентрализации. Сценарии «Два градуса» и «Community Renewables» обеспечивают достижение Великобританией цели по снижению выбросов углерода к 2050 г., но при разных уровнях децентрализации. Сценарии «Steady Progression» и «Consumer Evolution» не обеспечивают достижение этой цели.

⁶¹ BEIS (2019). Advanced Nuclear Technologies - a UK Framework. Доступно по ссылке: <https://www.cleanenergyministerial.org/publications-clean-energy-ministerial/advanced-nuclear-technologies-uk-framework>.

⁶² Department for Business Energy & Industrial Strategy (2018). Nuclear Sector Deal, Industrial Strategy Nuclear Sector Deal. London. doi: 10.1080/03071842609421957.

Метрика	Метрики и комментарии
	<p>индустрии, показывают, что почти 60 тыс. чел. занято на гражданских атомных предприятиях, причем больше всего – на северо-западе Англии.⁶³</p> <p>Ожидается, что за весь срок службы Hinkley Point C – 60 лет – удастся избежать выбросов 9 млн т CO₂ в год. Существуют значительные опасения по поводу хранения радиоактивных отходов, аварий и террористических актов на АЭС.⁶⁴</p> <p>Передовые проекты реакторов могут использоваться не только для традиционного покрытия базового графика нагрузки, но и более широко, в том числе для гибкого производства электроэнергии, чистой генерации (в месте использования), производства тепла для жилого сектора и промышленности, производства водорода, генерации в отдаленных районах, не присоединенных к сети, и решения проблемы с ядерными отходами. Наиболее реалистичная оценка (The Nuclear Provision) затрат по расчистке 17 площадок ранних АЭС за все время соответствующей программы (на перспективу 120 лет) составляет приблизительно £124 млрд.⁶⁵ Она включает расходы на вывод из эксплуатации, демонтаж оборудования и зданий, утилизацию всех отходов и рекультивацию земель. При неизбежной неопределенности прогнозов Управление по выводу из эксплуатации отработавших срок АЭС пришло к заключению, что диапазон объема затрат составит £99-232 млрд.</p> <p>Для тех случаев, когда новые АЭС будут строиться рядом с площадками, где старые АЭС выводятся из эксплуатации, Закон о ядерных установках (ответственности за ущерб) от 4 мая 2016 г. содержит разъяснения по поводу разделения возможной ответственности между новыми и старыми АЭС. Операторы должны иметь страховку или другую финансовую гарантию для покрытия возможной ответственности, расширенной⁶⁶ с £140 млн до €1,2 млрд.</p>

⁶³ Nuclear Industry Association (2019). *Nuclear power sector employs nearly 60,000 across UK, Industry Association Latest Figures*. Доступно по ссылке: <https://www.niauk.org/media-centre/press-releases/nuclear-power-sector-employs-nearly-60000-across-uk-industry-association-latest-figures/> (Accessed: 5 December 2019).

⁶⁴ Poortinga, W. et al. (2014). *Public attitudes to nuclear power and climate change in Britain two years after the Fukushima accident, Synthesis Report UKERC*. London. Доступно по ссылке: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Public+Attitudes+to+Nuclear+Power+and+Climate+Change+in+Britain+Two+Years+after+the+Fukushima+Accident#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Public+attitudes+to+nuc.>

⁶⁵ Nuclear Decommissioning Authority (2019). *Nuclear Provision: the cost of cleaning up Britain's historic nuclear sites*. London. Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-provision-explaining-the-cost-of-cleaning-up-britains-nuclear-legacy/nuclear-provision-explaining-the-cost-of-cleaning-up-britains-nuclear-legacy.>

⁶⁶ Правительство Великобритании признало, что в краткосрочной перспективе операторам может быть сложно получить страховку для полного покрытия возросшей в рамках нового режима ответственности. В частности, возмещение будет трудно получить для продленного до 30 лет периода обращения за страховым возмещением персонального вреда. Закон 2016 г. позволяет правительству Великобритании обеспечивать страховое покрытие на коммерческих условиях, если страховый рынок не может покрыть этот спрос.

Метрика	Метрики и комментарии
<p>Политический климат</p>	<p>Соглашение The Nuclear Sector Deal⁶⁷, разработанное Советом по атомной энергетике⁶⁸ (опубликовано в июне 2018 г.), предполагает, что атомная энергетика обеспечит: сокращение затрат на строительство новых АЭС к 2030 г. на 30%; сокращение затрат на вывод из эксплуатации старых АЭС на 20%, повысит долю женщин среди занятых в атомной энергетике к 2030 г. до 40% (по сравнению с нынешними 22%) и по результатам тендеров обеспечит заключение контрактов на £2 млрд на строительство АЭС внутри страны и за рубежом к 2030 г. Реализацией этого соглашения будет руководить Группа реализации Ассоциации атомной промышленности, чьи подразделения будут отвечать за отдельные аспекты соглашения.</p> <p>£460 млн будет выделено правительством атомной промышленности в 2016-2021 годах на проведение НИОКР:⁶⁹</p> <ul style="list-style-type: none"> • Около £180 млн будет вложено в инновации для освоения производства в передовых модульных технологиях для сокращения времени и затрат на строительство новых АЭС. • До £56 млн будет выделено на проектирование передовых модульных АЭС. • £86 млн предназначено для Национальной платформы ядерного синтеза в Калхеме (Оксфордшир). • £7 млн получают регулирующие органы для развития и укрепления потенциала по оценке и лицензированию небольших инновационных АЭС. • Правительство инвестирует до £44 млн в двухэтапный проект по разработке передовых модульных реакторов (AMR). • В Белой книге промышленной стратегии правительство взяло на себя обязательство довести общий объем государственных инвестиций в НИОКР в атомной энергетике с ~£9,5 млрд в 2016/17 годах до £12,5 млрд в 2021/22, а также добиться, чтобы промышленность довела расходы на НИОКР до 2,4% ВВП к 2027 г. • Правительство и промышленность поделят затраты в размере £30 млн на программу создания национальной сети поставок и повышения производительности до 2030 г.

⁶⁷ Отраслевое соглашение предлагает реализацию мер силами правительства и промышленности для обеспечения выгод атомной отрасли от разносторонних квалификаций рабочей силы и более общих «навыков для атомной отрасли» (Nuclear Sector Deal, 2018). В конкретных локациях меры будут реализовываться Партнерствами местных предприятий в Англии и местными правительствами – в других частях страны и будут направлены на привлечение женщин в предприятия атомной отрасли. Отрасль намерена в максимальной степени использовать деньги, полученные через Сбор за ученичество, для создания дополнительных мест в цепи поставок, особенно на северо-западе и юго-западе Англии. Правительство обеспечит участие специализированных профориентационных организаций для понимания специальных требований безопасности в атомной отрасли и обеспечения мест прохождения практики студентов, дополнительного и высшего образования.

⁶⁸ Данные по членству в Совете атомной промышленности получены в партнерстве с правительством от следующих секторов: энергетика, обрабатывающая промышленность, техника, наука и НИОКР.

⁶⁹ BEIS (2019) *Funding for nuclear innovation, Applying for government funding for UK civil nuclear fission innovation*. Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/funding-for-nuclear-innovation> (дата обращения - 5 декабря 2019 г.).

Метрика	Метрики и комментарии
	<p>В настоящее время разрабатывается структура Механизма передовых атомных технологий (SMR и AMR), и некоторые его элементы уже внедряются.⁷⁰ Механизм включает следующие элементы:⁷¹ финансирование, программа передовых модульных реакторов и НИОКР, регулирование, долицензионная и дооценочная стадия, создание цепи поставок, выбор площадки.</p> <p>Финансирование: Капитальные затраты и стоимость денег определяют экономику как крупных, так и малых проектов атомной энергетики. У последних капитальные затраты ниже, есть возможность модульной сборки на заводе, сроки возведения объектов короче, а строительный риск меньше, что дает возможность расширения пула частных инвесторов. Более выгодный профиль риска в сочетании с масштабом инвестиций в небольшие АЭС (как правило, <£2,5 млрд) могут открыть этот рынок для энергоснабжающих компаний, энергоемких предприятий и частных инвесторов.</p> <p>Передовые модульные реакторы и НИОКР: SMR, которые ближе к рынку, нуждаются в мерах политики, которые позволят им выйти на рынок (выбор площадки, лицензирование, финансирование), в то время как для менее зрелых передовых систем необходимо поддерживать исследования и демонстрационные проекты. Великобритания хорошо подготовлена к тому, чтобы построить первую в своем роде SMR к 2030 г.</p> <p>Регулирование⁷²:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Политические механизмы включают регулирование, лицензирование и выдачу разрешений. • Оценка типового проекта – это основной процесс регулирования, осуществляемый до этапа лицензирования площадки для строительства крупных АЭС, который необходим для определения возможностей и требований атомных технологий в рамках бизнес-моделей SMR и AMR. • Дооценочная стадия для зрелых поставщиков SMR, Управления атомного регулирования, Экологического агентства и Управления природных ресурсов Уэльса вводится правительством для повышения уровня понимания поставщиками будущих нормативных требований для их учета в ходе проектирования еще до введения самих требований. • Повышение квалификации сотрудников регулирующих органов является важным аспектом оценки правительством AMR и надежности нормативно-правового поля как фактора, способствующего развитию цепи поставок AMR внутри страны.

⁷⁰ BEIS опубликовала резюме продвижения Великобритании по пути создания передовой атомной отрасли, которое было представлено на межправительственной встрече 2019 г., посвященной чистой энергии. Задачей этого форума является обсуждение возможностей чистой энергетики, и Великобритания поделилась своим опытом (и мерами политики) содействия развитию передовых атомных технологий.

⁷¹ Ряд элементов этого механизма являются прямым ответом на полученные нами сведения, например, наличие регулирования, прочие – просто исследования, например, общественного восприятия. Правительство надеется, что при совместном использовании все меры могут создать необходимые условия для того, чтобы технически и коммерчески работоспособные передовые атомные технологии вышли на рынок. Эти элементы были представлены правительством Великобритании на межправительственной встрече по чистой энергии в 2019 г.

⁷² Управление атомного регулирования (ONR) и Экологическое агентство (EA) изучают руководство и процедуры, чтобы оставаться в теме и оказывать помощь при строительстве малых АЭС, а также участвуют в программе по укреплению потенциала для передовых атомных технологий.

Метрика	Метрики и комментарии
	<ul style="list-style-type: none"> • Регулирование на основе активов (РОА)⁷³ – это подход, который работает для привлечения крупных частных инвестиций. В его рамках проводятся консультации для выяснения мнений заинтересованных сторон о том, как модель атомного РОА может быть реализована в рамках существующей энергетической системы таким образом, чтобы новые атомные генерирующие мощности строились по низкой цене для потребителей. <p>Создание цепи поставок: Цепь поставок в Великобритании (локализация) может обеспечить до 70% стоимости любого нового небольшого реактора.</p> <p>Выбор площадки: чем меньше воды надо для охлаждения, тем шире возможности для выбора площадки. Для строительства небольших реакторов нужно в первую очередь задействовать существующие, лицензированные площадки, чтобы воспользоваться уже созданной инфраструктурой и присоединением к сети, а также получить квалифицированную рабочую силу.</p>
Политическая ситуация	<p>Некоторые представители правительства (например, в северо-западных избирательных округах) утверждают от имени своих избирателей, которые заняты в этой промышленности, что потребуются увеличение мощностей АЭС для обеспечения стабильной, надежной, низкоуглеродной энергетической системы с низкими затратами.</p> <p>Однако отношение широкой общественности к плюсам и минусам атомной энергетики также было неизменным на протяжении ряда лет. В марте 2013 г., через два года после аварии на Фукусиме, было проведено исследование для оценки отношения британцев к атомной энергетике и изменению климата. Результаты сравнивались с выводами других исследований, проведенными на разных этапах до и после аварии на Фукусиме (2005, 2010, 2011 и 2012 годы). Вопреки ожиданиям, общественное мнение по поводу атомной энергетики в Великобритании не изменилось, в основном надежды возлагаются на регулирование отрасли. Атомная энергетика – наименее популярная в народе форма электрогенерации, но оппозиция и озабоченность по отношению к ней снизились после Фукусимы. Это означает, что в обществе примерно одинаковы доли сторонников и противников атомной энергетики в Великобритании.</p> <p>В 2013 г. Стратегия атомной промышленности обозначила интерес к возможностям строительства модульных АЭС – небольших и нового поколения. В 2014 г. было проведено ТЭО для оценки жизнеспособности SMR, потенциальных возможностей этой отрасли в Великобритании и потенциальной роли правительства. Исследования продвинутых атомных технологий показали, что ни в Великобритании, ни где бы то ни было в мире, не было активного участия общественности в обсуждении перспектив SMR и AMR. В сентябре 2018 г. правительство начало интересоваться мнением общественности по поводу SMR в Великобритании в рамках опросов общественного мнения.</p>

Источник: University College London. Institute for Sustainable Resources

⁷³ Эта модель финансирования уже используется в Великобритании для инфраструктурных проектов для монополий. В июне 2018 г. министр по делам бизнеса, энергетики и промышленной стратегии объявил, что правительство будет пересматривать модель регулирования на основе активов (РОА) для проектов строительства новых АЭС, и в июле 2019 г. была опубликована оценка, в соответствии с которой путем регулирования доходов инвесторов эта модель может снизить затраты на привлечение частных инвестиций в строительство новых АЭС и таким образом снизить расходы потребителей и максимизировать эффективность расходования средств для потребителей и налогоплательщиков.

5.2 ВЭС

В мире в 2018 г. на ВЭС было выработано 1269 млрд кВт-ч (1202 млрд кВт-ч – ВЭС-суша и 67 млрд кВт-ч – ВЭС-шельф)⁷⁴. Это больше суммарной генерации в России в 2019 г. и превышает половину генерации на всех АЭС мира. Ожидается, что в 2020 г. выработка вырастет до 1477 млрд кВт-ч⁷⁵. Установленная мощность ВЭС в 2019 г. составила 618 ГВт, а ее годовые приросты в последние годы – 50-65 ГВт.⁷⁶ Прирост мощности ВЭС в Китае составил 19 ГВт в 2018 г., в ЕС – 7,5 ГВт, в США – 7,6 ГВт. В 2018 г. Китай установил больше оффшорных мощностей, чем любая другая страна – 1,6 ГВт, за ним следуют Великобритания (1,3 ГВт) и Германия (1 ГВт).

В отношении перспектив наращивания мощностей ВЭС по мере развития технологий, актуализации прогнозов и расширения их горизонта картина становится все более впечатляющей. Основные тенденции развития мировой ветроэнергетики на перспективу до 2050 г.:⁷⁷

- При том что суммарные мощности всех электростанций мира в 2018 г. составили 7220 ГВт, уже имеются прогнозные оценки роста мощностей ВЭС к 2050-2060 гг. до 4000-9000 ГВт. IRENA дает оценку 6000 ГВт, включая 5000 ГВт ВЭС-суша и 1000 ГВт ВЭС-шельф. Ежегодные вводы в 2040-2050 гг. составят более 200 ГВт для ВЭС-суша и 40-45 ГВт для ВЭС-шельф.
- Ежегодный прирост мощностей – 175-250 ГВт, а ежегодные инвестиции к 2050 г. превысят 310 млрд долл. Для интеграции растущих объемов выработки ВЭС в энергосистемы может потребоваться еще около 100 млрд долл. в год.
- В 2050 г. ВЭС могут стать основным источником генерации электроэнергии. Выработка электроэнергии на ВЭС к 2050 г. может достичь 12-21 трлн кВт-ч (17-35%), что для верхней границы равно всей выработке электроэнергии в мире в 2008-2009 гг.⁷⁸ Вклад ВЭС в суммарную генерацию электроэнергии в 2050 г. может достичь 55% в Великобритании, 51% в Китае и 49% в Германии, 40% в ЕС и 23% в Индии.
- Электроэнергия ВЭС-суша может стать одним из самых дешевых видов генерации. Сокращение стоимости генерации электроэнергии на ВЭС продолжится: в 2018-2050 гг. она снизится в 5,6 раз до 2-3 центов/кВт-ч на ВЭС-суша, а для ВЭС-шельф – с 13,6 до 3-8 центов/кВт-ч, и с середины 20-х годов на многих площадках электроэнергия от ВЭС будет дешевле генерации на топливе. Страйк-цены на оффшорных ВЭС на торгах в Великобритании, проведенных в сентябре 2019 г. с ожидаемым вводом в 2025 г., составляли 0,49-0,52 цента/кВт-ч.
- Важным фактором снижения стоимости генерации на ВЭС является рост КИУМ до 32-58% для ВЭС-суша и 43-60% для ВЭС-шельф. Средняя мощность турбины на ВЭС-суша в 2018-2050 гг. вырастет с 2,6 до 5,8 МВт, а средний диаметр ротора турбины – с 110 до 170 м, а для ВЭС-шельф – с 5,5 до 15-20 МВт и с 148 до циклопических 230 м при росте доли установок на плавающих основаниях. Промышленность адаптирует технологии плавучих фундаментов, которые уже

⁷⁴ <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2019/onshore-wind#abstract>.

⁷⁵ IEA. 2019. Renewables 2018. Analysis and Forecasts to 2023.

⁷⁶ IRENA. 2019. FUTURE OF WIND. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. A Global Energy Transformation paper. October 2019.

⁷⁷ Там же, и прогнозные оценки ЦЭНЭФ-XXI.

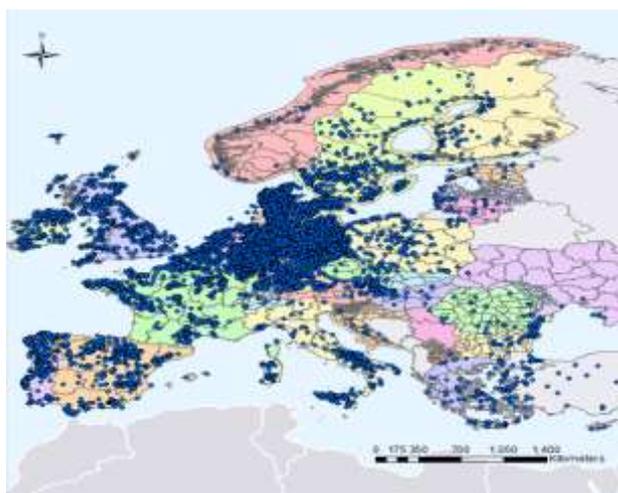
⁷⁸ В рамках «Перспективы морского ветра 2019» МЭА инициировало новый геопространственный анализ для оценки технического потенциала морских ветровых установок по странам. Анализ показал, что лучшие прибрежные ветровые площадки вблизи берега могут обеспечить производство электроэнергии в год в объеме почти 36 000 ТВт-ч в мире, что почти равно глобальному спросу на электроэнергию в 2040 г.

используются в нефтегазовой отрасли. В 2017 г. в Шотландии (Equinor) начала работать первая в мире коммерческая плавучая ВЭС с КИУМ 65%.

- Снижение затрат приводит к сворачиванию программ субсидирования новых источников генерации. До 2030 г. субсидии на развитие ВЭС в крупнейших странах сохраняются на уровне 60 млрд долл. в основном в счет принятых ранее обязательств, а прирост в 2019-2030 гг. будет ограничен 12 млрд долл. К 2040-2045 гг. по мере истечения ранее принятых обязательств субсидии будут практически сведены к нулю.
- В 2050 г. отрасль ВЭС станет местом работы для 6 млн чел. (1.16 млн в 2018 г.). Многие страны вводят обязательные требования по локализации производства оборудования (в частности, Китай – 70% и Россия – 65%). В результате китайские компании стали лидерами в производстве турбин.

По сравнению с Великобританией и миром в целом доля ВЭС-генерации в России находится на очень низком уровне (табл. 5.3). На рис. 5.3 представлена карта расположения ВЭС в Европе и России. На долю России приходится только 0,02% выработки электроэнергии на ВЭС мира. Более подробно результаты исследований по технологии «ВЭС» для Российской Федерации представлены в табл. 5.4.

Рисунок 5.3 **Расположение ВЭС в Европе и России**



карта ВЭС Европы



карта ВЭС России

Источники: SETIS и Российская Ассоциация Ветроиндустрии, РАВИ.

Таблица 5.4 Сравнение метрик по ВЭС

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Мир (другие страны)	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Доля на рынке, 2018 г.	доля в генерации электроэнергии,	15,7 ^{79%}		0,03 ^{80%}		4,8%	
2030 г.	%	22,2%	55,6%	0,9 ^{81%}	1,6%	8,5%	21%
2050 г.		30,3%	58,7 ^{82%}	4,6%	7,8%	26%	35%
Удельные капиталовложения, 2018 г.	USD 2018/кВт	2030 (суша) ⁸³	4353 (шельф)	1030 ⁸⁴		800 (суша) - 1700 шельф ⁸⁵	1350 (суша) - 3200 (шельф)
2030 г.							
2050 г.							
LCOE 2018 г.	USD 2018/МВт-ч	65	120 ¹⁶	106		60 (суша) ⁸⁷	130 (шельф)
2030 г.				77			
2050					90-150 ⁸⁶	30-50	50-90
						20-30	30-70 ⁸⁸
Стоимость государственной поддержки, 2020 г.	млн USD /год	6156		62		49600	
В среднем в год 2025-2035		7350 ¹⁶		363 ⁸⁹		57300*	
Политическая поддержка	% считающих, что долю ВЭС нужно увеличить	72		49		64-67	

*для ЕС, США, Китая, Индии, Аргентины, Бразилии, ЮАР и Саудовской Аравии.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁷⁹ Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES), 2019.

⁸⁰ 2019 г. Росстат.

⁸¹ Оценка ЦЭНЭФ-XXI для Министерства экономического развития РФ.

⁸² UK National Grid Electricity System Operator. Future Energy Scenarios. 2019.

⁸³ IRENA.

⁸⁴ Министерство энергетики РФ.

⁸⁵ THE COSTS OF DECARBONISATION: SYSTEM COSTS WITH HIGH SHARES OF NUCLEAR AND RENEWABLES, NEA No. 7299, OECD 2019; IRENA. 2019. FUTURE OF WIND. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. A Global Energy Transformation paper. October 2019.

⁸⁶ Девиченский И. Особенности финансирования проектов в возобновляемой энергетике в России. Международный форум по возобновляемой энергетике «ARWE 2019». Ульяновск. Май 2019; Баркин О. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ Предложения для новой программы поддержки на оптовом рынке. Международный форум по возобновляемой энергетике «ARWE 2019». Ульяновск. Май 2019.

⁸⁷ За 2018 г. даны средние значения по миру.

⁸⁸ Первая цифра – ВЭС-суша, вторая – ВЭС шельф. IRENA. 2019. FUTURE OF WIND. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. A Global Energy Transformation paper. October 2019.

⁸⁹ Министерство энергетики РФ. ДПМ ВИЭ.

Таблица 5.5 ВЭС. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	<p>В 1950-1955 гг. в СССР производилось до 9 тыс. ветроустановок единичной мощностью до 30 кВт, но в 60-е годы прошлого века настала эра крупных электростанций, и серийное производство ВЭУ было прекращено.</p> <p>Россия обладает самым большим в мире техническим потенциалом ветроэнергетики, довольно равномерно распределенным по территории страны. Экономический потенциал составляет 260 млрд кВт-ч/год, или 30% нынешней выработки электроэнергии. Однако в 2019 г. на ВЭС было выработано только 315 млн кВт-ч (0,03% суммарной генерации). Установленная мощность ВЭС в 2019 г. составила 190,5 МВт.⁹⁰ В 2019 г. доля ВЭС в генерации электроэнергии Ульяновской области достигла 8% за счет ввода в 2018 г. компанией ПАО «Фортум» Ульяновских ВЭС. Ульяновская ВЭС-1 стала первой ВЭС, которая работает на оптовом рынке.</p>
Рыночные перспективы	<p>В Ульяновской области ожидается рост мощностей ВЭС до 1 ГВт к 2024 г., что позволит реализовать целевую установку области по достижению 30% вклада ВЭС в суммарную генерацию. В 2024 г. мощность ВЭС России должна достичь 3,4-3,8 ГВт.</p> <p>Ассоциация ПН «Совет рынка» рассмотрела три сценария прироста мощностей ВИЭ в 2025-2035 гг.⁹¹ Во всех этих сценариях на долю розничных рынков, изолированных систем и микрогенерации приходится ввод 1,54 ГВт мощностей ВИЭ и 4,68 ГВт мощностей, ориентированных на экспорт электроэнергии. В базовом сценарии прирост мощностей на ОРЭМ равен нулю, а значит, суммарный ввод мощностей ограничен 6,22 ГВт. В сценарии «Компромисс» ввод на ОРЭМ равен 5,32 ГВт, а суммарно с учетом розничных рынков и экспорта – 11,54 ГВт. В сценарии «Инвесторы» ввод на ОРЭМ равен 10 ГВт, а суммарно с розничными рынками и экспортом – 16,22 ГВт. Этим вводам соответствует прирост генерации на 13-15 млрд кВт-ч, 29-31 млрд кВт-ч и 41-43 млрд кВт-ч. Для сценария «Инвесторы» необходимо выработать комплекс мероприятий по эффективной интеграции растущих объемов ВИЭ в ЕЭС России. Сценарий «Компромисс» для ВИЭ выбран в качестве базового. Таким образом, объемы ожидаемой генерации на ВИЭ в базовом сценарии равны 10 млрд кВт-ч в 2025 г. и 40 млрд кВт-ч в 2035 г. Экстраполяция приростов генерации на ВИЭ до середины века дает оценку 85 млрд кВт-ч в 2050 г., или менее 6% от объема генерации в 2050 г. В этом прогнозе не выделяется вклад ВЭС. Динамичный прогноз на 2030 г. дает IRENA.⁹² Согласно сценарию REmap, суммарная установленная мощность ВЭС в 2030 г. достигнет 23 ГВт.</p> <p>По расчетам ЦЭНЭФ-XXI для Министерства экономического развития РФ, выработка электроэнергии на ВЭС к 2030 г. составит 11-28 млрд кВт-ч, к 2050 г. – 32–118 млрд кВт-ч, а установленная мощность электростанций – 3-8 ГВт к 2030 г. и 9-33 ГВт к 2050 г.</p>

⁹⁰ Обзор российского ветроэнергетического рынка за 2019 год. Российская Ассоциация Ветроиндустрии, 2020 г.

⁹¹ Баркин О. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ Предложения для новой программы поддержки на оптовом рынке. Международный форум по возобновляемой энергетике «ARWE 2019». Ульяновск. Май 2019.

⁹² REmap 2030: Renewable energy prospects for the Russian Federation. Working Paper. April 2017. Суммарный объем необходимых инвестиций для достижения сценария REmap оценен в 300 млрд долл. США за период 2010-2030 гг., или в среднем в год 15 млрд долл.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	<p>Предельные уровни капитальных затрат, согласно распоряжению Правительства РФ от 28.07.2015 №1472-р, для ВЭС до 2024 г. не должны превышать 109,5 тыс. руб./кВт. По результатам конкурсного отбора мощности 2018-2019 гг. для блоков, которые будут вводиться в 2023-2024 гг., удельные капитальные вложения составили 62-70 тыс. руб./кВт (ниже среднемирового уровня).</p> <p>Стоимость электроэнергии ВЭС будет снижаться к 2030 г. до 5 руб./кВт-ч, а возможно, и более существенно – по мере роста средней мощности генератора и среднего масштаба проекта. При росте средней мощности проекта с 5 МВт до 20-50 МВт удельные капитальные вложения падают в 2,5 раза.⁹³ К 2024 г. в ряде субъектов России будут построены десятки ВЭС с установленной мощностью в диапазоне 16-200 МВт.</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Одним из барьеров развития ВЭС в России было наличие многочисленных избыточных требований при их строительстве (выделение участков, строительство подъездных дорог, ограничения по высоте объекта и др.). В 2019 г. Правительство РФ исключило часть избыточных требований к проектированию, строительству и эксплуатации ВЭС. В частности, исключена необходимость установления охранных зон в отношении ВЭС.</p> <p>Существуют сложности технологического присоединения к сетям. Так, для подключения Адыгейской ВЭС была проложена воздушная линия 16,5 км 220 кВ стоимостью 651 млн руб.⁹⁴ Ряд действующих ВЭС нуждается в ремонте или замене. Например, в ветропарке «Куликово» в Калужской области (первом в России) в 2019 г. работали только 16 из 21 установок. ВЭС в Воркуте не действует уже несколько лет.</p>
Инфраструктурное окружение	<p>Проблемы нынешнего этапа развития ВЭС в России – это проблемы перехода от пилотных проектов к масштабному строительству. Для этого требуются инжиниринговые компании, подготовленные кадры (до 2024 г. потребуется не менее 12 тыс. специалистов-эксплуатационников. В ряде российских университетов появились учебные специальности, связанные со строительством, проектированием и эксплуатацией объектов энергетики с использованием ВИЭ.</p> <p>В ответ на требование по локализации на уровне 65% на базе предприятий энергомашиностроения, композитной промышленности, кораблестроения и металлообработки создается новая отрасль – производство компонентов для ВЭС. Заказчики – Vestas, Siemens-Gamesa, Lagerwey (НоваВинд-Росатом) – сами инвестируют в развитие локального производства компонентов для ВЭС. Созданы производства в Ульяновске, Москве, Липецке, Ленинградской области, Волгодонске, Таганроге, Дзержинске (Нижегородской области) и др. В 2018 г. Министерство промышленности и торговли РФ, Правительство Ульяновской области и ООО «Вестас Мэнюфэкчуринг Рус» подписали СПИК, по итогам которого уже в декабре 2018 г. было начато производство лопастей компании на территории ульяновского авиационного кластера и построен завод по производству башен для ВЭУ.</p>

⁹³ Wisser R. and M. Bolinger, 2018. Wind Technologies Market Report: Summary. Lawrence Berkeley National Laboratory. August 2019.

⁹⁴ www.bigpowernews.ru/news/document91474.phtml.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>В процессе выработки электроэнергии ВЭС не производит ни выбросов ПГ, ни выбросов вредных веществ в атмосферу. При оценке выбросов с учетом затрат цикла жизни (по всей цепочке от производства оборудования до вывода из эксплуатации) выбросы от ВЭС не превышают в среднем 11-12 гСО_{2экв.}/кВт-ч, при аналогичных значениях для угля и газа в диапазоне 490-720 гСО_{2экв.}/кВт-ч. Проблемы вторжения в ландшафт и шума решаются за счет принятия решений по размещению ВЭС на заданном удалении от жилья, равно как и проблемы гибели птиц и летучих мышей (на долю ВЭС приходится до 0,1% их суммарной гибели, что многократно меньше, чем от кошек или от столкновения со стеклянными поверхностями высотных зданий).</p> <p>По прогнозам «Росатома» к 2024 г. стоимость электроэнергии, вырабатываемой на ВЭС, составит 200 млрд руб., а суммарный рынок строительства ВЭУ и их обслуживания оценивается в 400 млрд руб. Для территорий с северным завозом за счет реализации мер по строительству гибридных ветродизельных установок в крупных поселках стоимость выработки электроэнергии можно снизить с 22-28 до 10 руб./кВт-ч, а в малых поселениях – с 40-80 до 20-25 руб./кВт-ч. Вкупе с мерами по повышению энергоэффективности годовая экономия расходов на энергоснабжение всех поселков в России с северным завозом может составить: по расходам на энергию – 130 млрд руб.; по расходам на закупку топлива – 90 млрд руб., по расходам средств бюджетной системы – 100 млрд руб.⁹⁵</p>
Политический климат	<p>Развитие ВЭС рассматривается как инновационное направление технологического развития, как возможное направление ненефтяного экспорта и – пока в меньшей степени – как направление решения энергетических и экологических проблем. Поэтому выдвигаются довольно высокие (более высокие, чем для газовых турбин⁹⁶) и растущие требования по локализации. Основной механизм государственной поддержки использования ВЭС на оптовом рынке электрической энергии и мощности – ДПМ. В 2019 г. принято решение в 2025-2035 гг. ограничить не мощность, а суммарные расходы по конкурсам на отбор проектов суммой 400 млрд руб. в год. За вычетом 30 млрд руб. на мини-ГЭС, по оценкам, на долю ВЭС может приходиться 62,5%, или 231 млрд руб. Принятые нормативные правовые акты позволяют субъектам Российской Федерации оказывать поддержку ВИЭ. Импульс развитию ВИЭ могут также дать механизмы возмещения инвестиционных затрат за счёт потребителей, которые готовы целенаправленно приобретать «зелёную» электроэнергию. Граждане, владеющие малыми ВЭС (до 15 кВт), смогут продавать излишки энергии в сеть. Такой законопроект Госдума должна рассмотреть в первом чтении в феврале 2020 г.⁹⁷</p>

⁹⁵ ЦЭНЭФ. Март 2017 г. Низкоуглеродные решения для изолированных регионов России с высокими затратами на энергию.

⁹⁶ Для турбин мощностью более 500 МВт доля импортных компонентов с 2025 г. – не более 70% цены, с 2027 г. – не более 30% и с 2029 г. – не более 10%. <https://peretok.ru/news/engineering/19789/>.

⁹⁷ [Владельцы ветряков смогут продавать энергию.](#)

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	Можно также ожидать развития ВИЭ, нацеленного на экспорт электроэнергии, и расширения применения ВИЭ на изолированных территориях. «Совет рынка» предлагает заменить старую дизельную генерацию на Дальнем Востоке на ВИЭ и проводить отбор инвесторов по минимальной стоимости выработанной электроэнергии по долгосрочным договорам с фиксированными тарифами с компенсацией основных платежей за счет надбавки для оптового рынка на выравнивание тарифа в Дальневосточном федеральном округе (32 млрд руб. в 2020 г.). ⁹⁸
Политическая ситуация	Доля респондентов в России, считающих, что на основе ВЭС должны генерироваться «большие» или «очень большие» объемы электроэнергии, равна 49% против 72% в Великобритании ⁹⁹ и 64-67% в мире ¹⁰⁰ . В сфере ВИЭ в России существует много мифов, развенчанию которых помогают ответы на 88 часто задаваемых вопросов, размещенных на сайте Российской Ассоциации ветроиндустрии и на других сайтах. ¹⁰¹

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁹⁸ Коммерсант 29 января 2019 г. <https://www.kommersant.ru/doc/4234651>.

⁹⁹ Общественное мнение об изменении климата и энергетической безопасности в Европе и России. Результаты Восьмой волны Европейского социального исследования. Подготовлено в рамках проекта «Общественные установки по отношению к системе социального обеспечения, изменению климата и энергобезопасности в Европейском Союзе и России (PAWCER)» 2018 www.europeansocialsurvey.org/docs/findings/ESS8_pawcer_climate_RU.pdf.

¹⁰⁰ Green Energy Barometer (2017). Prepared by Edelman Intelligence. Commissioned by Ørsted.

¹⁰¹ <https://rawi.ru/windpower/>.

Таблица 5.6 ВЭС. Великобритания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	<p>Доля ВИЭ в генерации в 2018 г. побила рекорд в 33% (110 млрд кВт-ч) благодаря росту мощностей СЭС и ВЭС.¹⁰² В 2018 г. мощности ВИЭ выросли на 4 ГВт (10%). На ВЭС пришлось 55% прироста (2,2 ГВт), и мощности ВЭС достигли 9,36 ГВт в 2018 г., а их доля в суммарной мощности¹⁰³ – 11,3%. На конец III квартала 2019 г. мощности ВИЭ достигли 46,9 ГВт – прирост за год на 7,2% (3,2 ГВт); доля ВЭС-шельф выросла на 21% (1,7 ГВт), а ВЭС-суша – на 7% (0,9 ГВт).¹⁰⁴ Генерация на ВЭС-суша в 2018 г. выросла на 5,3% и достигла 30 млрд кВт-ч, а на ВЭС-шельф – на 28% до 27 млрд кВт-ч. В 2018 г. на ВЭС пришлось 56,5 млрд кВт-ч (51,5% генерации на ВИЭ) с распределением: ВЭС-суша – 27,5%, ВЭС-шельф – 24%. В IV квартале 2019 г. выработка на ВЭС выросла на 14,1 млрд кВт-ч (7,2 – ВЭС-шельф и 6,8 – ВЭС-суша).</p> <p>Впервые генерация ВЭС-шельф превысила выработку на ВЭС-суша. Великобритания занимает первое место в мире по генерации на ВЭС-шельф.¹⁰⁵ Первая плавучая ВЭС начала выработку электроэнергии в 2017 г. в объеме, достаточном, чтобы обеспечить энергией 22 тыс. домохозяйств. ВЭС-шельф продемонстрировала быстрый рост, оказавшись способной менее чем за 10 лет (в 2010-2018 гг.) увеличить долю в генерации с 0,8 до 8% и рост мощности с 1341 до 8217 МВт.¹⁰⁶ На конец 2018 г. работало 1931 ветроагрегатов ВЭС-шельф.¹⁰⁷ Установленные мощности ВЭС-суша выросли с 4080 до 13544 МВт в 2010-2018 гг., а выработка – с 7,226 до 30,217 млрд кВт-ч.</p>
Рыночные перспективы	<p>Уже к 2030 г. мощность ВЭС-шельф достигнет 30 ГВт и будет обеспечивать 30% выработки электроэнергии в Великобритании.¹⁰⁸ Уже в 2020 г. эта доля вырастет до 10%. К 2050 г. во всех сценариях повышается уровень децентрализации в электроэнергетике, что приведет к развитию рынка микрогенерации для малых ВЭС.¹⁰⁹ Мощности таких децентрализованных ВЭС в 2050 г. составят 7,7-28,8 ГВт. Мощность ВЭС-шельф вырастет до 25,9-45,1 ГВт, а ВЭС-суша – до 9-13 ГВт. Суммарные мощности ВЭС в 2050 г. составят 55,7-86,9 ГВт, выработка – 169-268 млрд кВт-ч, а ее доля в суммарной генерации – 37-59%.¹¹⁰</p>

¹⁰² Department for Business, Energy and Industrial Strategy – BEIS (2019) ‘Digest of UK Energy Statistics (DUKES) 2019, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2019>.

¹⁰³ В 2018 г. суммарная мощность составила 82,932 МВт.

¹⁰⁴ BEIS (2020) ‘Energy Trends: UK Renewables’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/energy-trends-section-6-renewables>.

¹⁰⁵ Health and Safety Executive (2018) Energy Foresight Annual Report 2017/2018, доступно по ссылке: <https://www.hse.gov.uk/horizons/assets/documents/foresight-report-2017.pdf>.

¹⁰⁶ Statista (2020) ‘Onshore and offshore wind power capacity in the UK from 2010 to 2018’, доступно по ссылке: <https://www.statista.com/statistics/240205/uk-onshore-and-offshore-wind-power-capacity/>.

¹⁰⁷ The Crown Estate (2018) Offshore wind operational report of January to December 2018, доступно по ссылке: <https://www.thecrownestate.co.uk/media/2950/offshore-wind-operational-report-2018.pdf>.

¹⁰⁸ BEIS (2019) Offshore Wind Sector Deal, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal>.

¹⁰⁹ National Grid Electricity System Operator – ESO (2019). Future Energy Scenarios - FES, доступно по ссылке: <http://fes.nationalgrid.com/fes-document/>.

¹¹⁰ Future Energy Scenarios 2019 Data Workbook. <http://fes.nationalgrid.com/>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	<p>На фоне устойчивого тренда стоимость генерации на ВЭС снизилась на 47% от уровня начала 2015 г., что ожидаемо для технологии по мере ее развития. Аукционы по схеме контракт на разницу (Contracts-for-Difference) продемонстрировали падение ценовых предложений на 50% в 2015-2017 гг. Назначенная цена (strike-price) для ВЭС-шельф с поставкой электроэнергии в 2023-2024 гг. составила £56/МВт-ч и £53/МВт-ч с поставкой в 2024-2025 гг.¹¹¹ На 20-е годы прогнозируются цены ВЭС в диапазоне £40-60/МВт-ч.¹¹² Уже сегодня ВЭС – это самый дешевый из новых источников электроэнергии в Великобритании с LCOE¹¹³ ниже, чем для всех прочих источников (£63/МВт-ч)¹¹⁴. Показано¹¹⁵, что для новых ВЭС-суша LCOE равен £56/МВт-ч против £92,5/МВт-ч для АЭС и £66-82/МВт-ч для генерации на газе.</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Срок службы ветровых турбин – 20-25 лет. В 2018 г. средняя скорость ветра была ниже, чем в 2017 г., на 1,6%. В последние 20 лет средняя скорость ветра в Великобритании оставалась довольно стабильной в диапазоне 8-9,5 узлов. В 2019 г. она была равна 8,2 узла.¹¹⁶</p> <p>Средний КИУМ¹¹⁷ составил 31,4%, что на 0,3% ниже уровня 2017 г. В 2018 г. КИУМ для ВЭС-суша снизился на 1,6% до 26,4%, а КИУМ для ВЭС-шельф вырос на 1,2% до 40,1%. В 2010-2016 гг. рейтинг ВЭС-турбины вырос на 60%¹¹⁸, расстояние до берега превышает 100 км, а глубина 50 м.</p>

¹¹¹ Noonan, Mirian (2019). UK Offshore Wind: Realising the Sector Deal Opportunity, доступно по ссылке: <https://ore.catapult.org.uk/app/uploads/2019/06/UK-Offshore-Wind-Realising-the-Sector-Deal-Opportunity-Mirian-Noonan-ORE-Catapult-v3.pdf>.

¹¹² Committee on Climate Change (2018). Hydrogen in a low-carbon economy, доступно по ссылке: <https://www.theccc.org.uk/publication/hydrogen-in-a-low-carbon-economy/>.

¹¹³ Приведенные затраты на выработку электроэнергии – это дисконтированная стоимость владения и использования генерирующего актива, конвертированная на единицу выработки (£/МВт-ч). Приведенные затраты на ветровые технологии – это отношение суммарных издержек станции (включая капитальные и операционные) к общему ожидаемому объему выработки за время службы станции (чистый приведенный доход).

¹¹⁴ BEIS (2016). ‘Electricity Generation Costs’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/beis-electricity-generation-costs-november-2016#history>.

¹¹⁵ Baringa Partners (2017). ‘An analysis of the potential outcome of the a further ‘Pot 1’ CfD auction in GB’, доступно по ссылке: https://www.baringa.com/getmedia/99d7aa0f-5333-47ef-b7a8-1ca3b3c10644/Baringa_Scottish-Renewables_UK-Pot-1-CfD-scenario_April-2017_Report_FINA/.

¹¹⁶ Sonnichsen, N. (2020). ‘Average wind speed in the United Kingdom’, *Statista*, 3 февраля, доступно по ссылке: <https://www.statista.com/statistics/322785/average-wind-speed-in-the-united-kingdom-uk/>

¹¹⁷ Коэффициент использования – это отношение объема выработки электроэнергии к общей мощности станции. В отношении ВИЭ на коэффициент использования влияют погодные условия: скорость ветра оказывает воздействие на наземную и морскую генерацию. Таким образом, мощность станции не обязательно определяет ее долю в выработке электроэнергии.

¹¹⁸ Рейтинги ветровых турбин показывают, сколько электроэнергии может быть выработано ветровой турбиной в зависимости от ее размера.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Инфраструктурное окружение	<p>За последние 10 лет средний размер и мощность турбин существенно выросли, самые высокие установки достигают 220 м и есть прогнозы, что этот параметр удвоится уже в 20-х годах. Традиционно турбины имеют 3 лопасти, но разрабатываются новые проекты с 2 лопастями¹¹⁹ и безлопастные варианты¹²⁰.</p> <p>В основном лопасти производятся из стекловолоконистой смолы, но сейчас ведутся исследования возможности применения углеродного волокна и использования аддитивного производства (использование 3-Д принтеров) лопастей. Разрабатываются основания для плавучих ВЭС, которые могут быть размещены на больших расстояниях от берега, где выше скорости ветра. Дроны¹²¹ все в большей мере будут использоваться для обеспечения удаленного ремонта ВЭС.</p> <p>Одной из главных проблем является интеграция больших объемов электроэнергии ВЭС-шельф в сеть с минимальными затратами на работу всей энергосистемы и более гибкой выработки электроэнергии. Существуют пределы мощности передачи электроэнергии по морским кабелям и сложности размещения конверторов на шельфе при воздействии ветра, волн и течений.¹²²</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Развитие ВЭС повышает долю низкоуглеродной генерации электроэнергии. Однако есть отдельные недостатки¹²³ традиционного дизайна турбин, включая шум¹²⁴, влияние на птиц¹²⁵ и визуальную эстетику¹²⁶. Есть также опасения в отношении вывода из эксплуатации новых ветропарков на шельфе по причине его дороговизны и вопросов с рециклированием редкоземельных элементов из компонентов турбин и лопастей. Вопросы здоровья и безопасности возникают при строительстве, эксплуатации и демонтажа удаленных от берега установок при неблагоприятной волновой и ветровой обстановке. В индустрии ВЭС-шельф прямо занято 7200 человек, а развертывание 30 ГВт до 2030 г. потребует 2700 занятых. Быстрое развитие новых материалов и процессов производства наряду с повышением надежности компонентов систем позволит сделать производство более экономичным.</p>

¹¹⁹ Ожидается, что новые двухлопастные турбины будут вырабатывать столько же энергии, сколько и трехлопастные, а затраты на установку сократятся на 20% из-за их меньшего веса.

¹²⁰ Безлопастные турбины будут избавлены от ряда эстетических и экологических недостатков традиционных трехлопастных турбин, так как будут работать практически бесшумно и не будут бросаться в глаза. Они вырабатывают на 30% меньше в расчете на установку, но на той же площади можно разместить вдвое больше турбин.

¹²¹ Существует проект (£4 млн) дистанционного обслуживания подводных кабелей морских ветропарков.

¹²² Koch, H., 2013. 'Grid connection of offshore wind farms', *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, doi:10.1109/PESMG.2013.6672331.

¹²³ Wang, Shifeng, Wang, Sicong and Smith, P. (2015). 'Ecological impacts of wind farms on birds: Questions, hypotheses, and research needs', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Pergamon, 44, pp. 599–607.

¹²⁴ (Freiberg et al., 2019), доступно по ссылке: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118306145>.

¹²⁵ Marques, A.T., Santos, C.D., Hanssen, F., Muñoz, A., Onrubia, A., Wikelski, M., Moreira, F., Palmeirim, J.M. & Silva, J.P. 2020, 'Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds', *Journal of Animal Ecology*, vol. 89, no. 1, pp. 93-103.

¹²⁶ Sklenicka, P. and Zouhar, J., 2018. Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes. *Applied Energy*, 209, pp. 445-454.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	<p>Директива по ВИЭ ЕС (The EU’s Renewable Energy Directive) требует от стран-членов достичь вклада ВИЭ в 20%, включая задачу для Великобритании обеспечить на базе ВИЭ 15% потребления конечной энергии.¹²⁷ Для достижения этой цели от стран-членов требуется принятие Национальных планов (National Renewable Energy Action Plan), которые формулируют национальные цели по вкладу ВИЭ в электроснабжение, тепло- и хладоснабжение, транспорт и включают меры политики для их достижения.¹²⁸ Основными инструментами развития ВЭС в Великобритании являются:</p> <p>Льготные тарифы (Feed-in-tariffs, FIT). Используются для поддержки установок ВИЭ малой мощности, включая ВЭС-суша, (до 5 МВт).¹²⁹ Эта схема была довольно успешной¹³⁰, однако ВЭС стали концентрироваться в руках крупных компаний и в большей мере подпадать под схему Обязательств по ВИЭ (Renewable Obligation scheme, см ниже). С 31 марта 2019 г. схема FIT была закрыта для новых источников, но те, кто уже получил по ней поддержку, будут ее получать в течение 25 лет в трех формах:</p> <ul style="list-style-type: none"> • тариф на генерацию – платеж за выработку в зависимости от типа технологии, мощности и даты ввода в эксплуатацию; • экспортный тариф – дополнительный платеж за энергию, отданную в сеть; • экономия на счетах – экономия на плате за собственную генерацию электроэнергии, замещающую приобретение ее из сети. <p>Умная экспортная гарантия (Smart Export Guarantee, SEG). С 1 января 2020 г. введена эта схема, по которой имеющие лицензию поставщики (имеющие более 150000 абонентов) обязаны предложить малым генераторам цены за кВт-ч отданной в сеть электроэнергии.¹³¹ Эта схема доступна для ВЭС мощностью до 5 МВт и микро-ТЭЦ мощностью до 50 кВт.</p> <p>Обязательства по ВИЭ (Renewables Obligations, RO).¹³² Одна из основных схем поддержки развития ВИЭ, запущенная в 2002 г. в Англии, Уэльсе и Шотландии, а с 2005 г. – в Северной Ирландии. С 31 марта 2017 г. она упразднена.¹³³ В соответствии с этой схемой все поставщики электроэнергии Великобритании получали обязательство обеспечивать растущую долю поставок электроэнергии за счет ВИЭ. Сертификаты (<i>Renewable obligation certificates, ROCs</i>)¹³⁴ выдавались</p>

¹²⁷ European Parliament and the Council (2009). ‘Renewable Energy Directive’, доступно по ссылке: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj>.

¹²⁸ European Commission (2020). ‘National renewable energy action plans 2020’, доступно по ссылке: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-renewable-energy-action-plans-2020>.

¹²⁹ Ofgem (2019). ‘Changes to the FIT scheme’, Ofgem, доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/about-fit-scheme/changes-fit-scheme>.

¹³⁰ За первые 9 месяцев (апрель-декабрь 2010 г.) работы схемы льготных тарифов было установлено 106 МВт мощности ВИЭ. В течение 2011 г. было установлено еще 954 МВт мощности ВИЭ с льготными тарифами. В 2012 г. было добавлено 855 МВт мощности, а в 2013 – 613 МВт. В 2014 г. добавилось еще 980 МВт, в 2015 г. – 1709 МВт. В 2016 г. было введено 677 МВт, но 69% из них пришлось на долю фотовольтаики. В 2017 г. было введено 181 МВт, на долю фотовольтаики пришлось 87%, ветра – около 12%. Наземная ветровая мощность увеличилась с 725 МВт в конце 2017 г. до 739 МВт в конце 2018 г., на ее долю стабильно приходится 12% FIT.

¹³¹ BEIS (2019) The future for small-scale low-carbon generation: Part A, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/consultations/the-future-for-small-scale-low-carbon-generation>.

¹³² Ofgem (2002) About RO, доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/ro/about-ro>.

¹³³ Существующие производители будут продолжать получать поддержку в течение 20 лет – до 2037 г.

¹³⁴ При введении схемы 1 сертификат выдавался за каждый мегаватт электроэнергии, выработанной на ВИЭ, но в 2009 г. стали дифференцировать технологии по затратам и потенциалу широкомасштабного внедрения.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>операторам аккредитованных источников ВИЭ на объем выработки электроэнергии. Операторы имели право торговать ROCs. Сертификаты¹³⁵ использовались ими для подтверждения выполнения обязательств. При нехватке сертификатов операторы платили штраф в специальный фонд (buy-out fund), средства которого использовались для покрытия административных издержек схемы.</p> <p>Контракт на разницу (Contract for Difference, CfD). Эта схема введена в октябре 2014 г. в качестве замены схемы Обязательств по ВИЭ и используется для поддержки крупных проектов (более 5МВт).¹³⁶ Она базируется на разнице между оптовой ценой и согласованной ценой исполнения ‘strike price’.¹³⁷ Контракты CfDs заключаются на 15 лет между генераторами и государственной компанией Low Carbon Contracts Company (LCCC). ВЭС-суша¹³⁸ и ВЭС-шельф подпадают под эту схему, но они должны принять участие в аукционах, чтобы выиграть контракт, на которых определяется объем мощности с минимальными затратами в рамках заданной квоты. До 31 марта 2017 г. генераторы могли выбирать между схемами Обязательств по ВИЭ и CfD, а затем только ВЭС мощностью свыше 5 МВт получили возможность поддержки по схеме CfD.</p> <p>Сделка ВЭС-шельф (Offshore Wind Sector Deal)¹³⁹. Ее параметры опубликованы 7 марта 2019 г. Она нацелена на обеспечение вводов 30 ГВт ВЭС-шельф к 2030 г. за счет ввода ежегодно 1-2 ГВт новых мощностей с инвестициями более 40 млрд фунтов, достижением доли в генерации 30% за счет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • £250 млн инвестиций в программу Offshore Wind Growth Partnerships для поддержки хороших высокооплачиваемых рабочих мест. • Проведения раундов аукционов по схеме Contracts for Difference с оказанием поддержки в размере £557 млн в 20-х годах для обеспечения долгосрочного планирования и инвестиций в цепочку поставок в Великобритании. • Повышения локализации до 60% к 2030 г. • Повышения доли женщин до трети или более. • Увеличения экспорта в 5 раз до £2,6 млрд. <p>Эта Сделка является частью Промышленной стратегии (The Industrial Strategy), в рамках которой ставятся задачи увеличить расходы на НИОКР до рекордных £7 млрд к 2022 г. и увеличить долю суммарных НИОКР в ВВП до 2,4% к 2027 г. и до 3% в более долгосрочной перспективе.</p>

¹³⁵ Всего обязательств на 2018/19 гг.: 127,623,995 сертификатов. До 1 сентября 2019 г. поставщики должны выполнить свои обязательства на 2018/19 гг., или им придется их выкупить по цене £47,22 за сертификат.

¹³⁶ BEIS (2019). Policy Paper – Contracts for Difference, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference/contract-for-difference>.

¹³⁷ Когда согласованная цена исполнения выше рыночной цены, контрагент по контракту на разницу должен выплатить разницу производителю энергии на ВИЭ. Если рыночная цена выше согласованной цены исполнения, то производитель должен выплатить разницу контрагенту”.

¹³⁸ Наземная ветровая генерация не может заключать контракты на разницу, так как с 2015 г. правительство свертывает эту технологию.

¹³⁹ [tps://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal/offshore-wind-sector-deal#executive-summary](https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal/offshore-wind-sector-deal#executive-summary).

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Исторически и другие меры политики применялись для поддержки развития технологий ВЭС. Оффшорный ветровой ускоритель (Offshore Wind Accelerator, OWA, 2008). Это программа сотрудничества в сфере НИОКР между организацией Carbon Trust¹⁴⁰ и девятью компаниями, устанавливающими ВЭС на шельфе, которая была нацелена на снижение затрат до уровней, позволяющих конкурировать с традиционной генерацией и разрабатывать стандарты для отрасли, исследовать лучшие практики, обеспечивать требования по здоровью и безопасности.¹⁴¹</p>
Политическая ситуация	<p>В 2015 г. правительство консерваторов отменило субсидии на развитие ВЭС из-за их непопулярности у населения в тех частях страны, где у них было большинство избирателей.¹⁴² Это привело к торможению развития ВЭС и остановило реализацию почти 800 проектов ВИЭ.¹⁴³ Последний опрос Conservative Environment Network (после выборов 2017 г.) показывает, что 74% тех, кто голосовал в 2017 г. за консерваторов, поддерживают новые проекты ВЭС-суша.¹⁴⁴ В ноябре 2018 г. опрос BEIS Public Attitudes Survey показал:¹⁴⁵</p> <ul style="list-style-type: none"> • 79% поддержали новые проекты ВЭС-шельф. Эта доля остается стабильной по последним опросам. Поддержка выше у живущих на востоке (83%) и юго-востоке (82%) Англии и в Северной Ирландии (82%). • Поддержка ВЭС-суша несколько сократилась: с 83% в марте 2018 г. до 79% в сентябре. Наибольшая поддержка в группе ABC1¹⁴⁶ (80%), в возрасте 35-44 года (80%) и у живущих на востоке Англии и в Северной Ирландии (82% и 80% соответственно).

Источник: University College London. Institute for Sustainable Resources

5.3 СЭС

В 2018 г. на СЭС в мире выработано, по разным оценкам, 585-604 млрд кВт·ч¹⁴⁷, что вдвое меньше, чем на ВЭС. Однако именно на СЭС был зафиксирован самый значительный прирост генерации в 2018 г.: 136 млрд кВт·ч. В 2018 г. мощности СЭС мира приросли на 97 ГВт и достигли 480-488 ГВт. Ожидается их рост до 1200 ГВт¹⁴⁸ к 2024 г., из них СЭС общего пользования могут составить 55%. В 2019 г. в Египетской пустыне введен самый крупный солнечный парк в мире – 2 ГВт. С другой стороны, ожидается динамичный рост мини-СЭС (до счетчика) в жилых, коммерческих зданиях и в промышленности. Распределенная мощность СЭС удвоится уже к 2024 г. и превысит 500-600 ГВт.

¹⁴⁰ Carbon Trust имеет большой опыт внедрения инноваций и создания промышленных консорциумов с партнерами, имеющими необходимые знания и ресурсы.

¹⁴¹ Carbon Trust (2008) Offshore Wind Accelerator, доступно по ссылке: <https://www.carbontrust.com/our-projects/offshore-wind-accelerator-owa>.

¹⁴² Wintour, P. (2014). 'Cameron pushes for removal of onshore windfarms subsidies', *Guardian*, 16 декабря, доступно по ссылке: <https://www.theguardian.com/environment/2014/dec/16/cameron-windfarm-subsidies-onshore-energy>.

¹⁴³ Vaughan, A. (2019). 'Windfarm industry urges UK to lift onshore subsidies ban', *Guardian*, 18 января, доступно по ссылке: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/18/windfarm-industry-urges-uk-to-lift-onshore-subsidies-ban>.

¹⁴⁴ Savage, M. (2019). 'End onshore windfarm ban, Tories urge', *Guardian*, 30 июня, доступно по ссылке: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jun/30/tories-urge-lifting-off-onshore-windfarm-ban>.

¹⁴⁵ BEIS (2018) Public Attitudes Tracker, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/beis-public-attitudes-tracker-wave-27>.

¹⁴⁶ National Readership Society social grade that refers to middle class.

¹⁴⁷ IEA. 2019. World Energy Outlook. 2018; <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2019/solar-pv#abstract>; BP Statistical Review of World Energy June 2019.

¹⁴⁸ <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/power#abstract>.

ИКЕА начала продажи СЭС-модулей для частных домов в Британии стоимостью от 3 тыс. фунтов вместе с контрактом на их обслуживание. Их использование даже в не самой солнечной Великобритании позволит владельцам ежегодно экономить на счетах за электроэнергию до 560 фунтов. Развиваются не только традиционные PV технологии, но и концентраторы, и технология плавучих солнечных панелей (установленная мощность в мире уже достигала 1 ГВт).

Нынешнее видение перспектив развития мировой солнечной энергетики до 2050 г. выглядит так:¹⁴⁹

- Согласно прогнозным оценкам, мощности СЭС к 2050-2060 гг. вырастут до 7000-14000 ГВт. IRENA дает оценку на 2050 г. 8519 ГВт.
- Ежегодный прирост мощностей в 2040-2050 гг. составит 300-372 ГВт¹⁵⁰, а ежегодные инвестиции к 2050 г. превысят 192 млрд долл. (114 млрд долл. в 2018 г.).
- В 2050 г. на долю СЭС будет приходиться 25-40% всей генерации электроэнергии. Выработка электроэнергии на СЭС к 2050 г. может достичь 13-26 трлн кВт-ч, а их вклад в суммарное производство электроэнергии в мире – 25%, 21% в ЕС, 23% в Китае, 28% в Индии, 33% в США, 40% в Австралии.
- Практически нет сомнений, что электроэнергия СЭС станет самым дешевым видом генерации. В 2018-2050 гг. стоимость генерации на новых станциях снизится с 8,5 до 1-5 центов/кВт-ч, и уже с середины 20-х годов во многих странах электроэнергия от СЭС будет дешевле топливной генерации. Главным драйвером снижения стоимости является снижение удельных капитальных вложений с 1210 долл./кВт в 2018 г. до 165-481 долл./кВт в 2050 г. Отчасти это эффект повышения средней мощности одной системы. Например, в США для бытовых потребителей в 2000-2018 гг. она выросла с 2,4 до 6,4 кВт при росте средней эффективности модулей¹⁵¹ и КИУМ для крупных станций до 24% для систем с фиксированным монтажом и до 30% для тракинг-систем¹⁵².
- Снижение затрат приводит к сворачиванию программ субсидирования новых источников генерации. Их уровень в 2020-2030 гг. ожидается равным 50-54 млрд долл. По мере истечения ранее принятых обязательств субсидии для СЭС общего пользования будут сокращаться и некоторое время компенсироваться приростом субсидий на мини-генерацию на СЭС. К 2050 г. субсидии постепенно будут сведены к нулю.
- В 2050 г. отрасль СЭС станем местом работы для почти 19 млн чел.

Россия значительно отстает от Великобритании и от мира в целом по применению СЭС (см. табл. 5.7).

¹⁴⁹ Там же, и прогнозные оценки ЦЭНЭФ-XXI.

¹⁵⁰ IRENA. 2019. FUTURE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. A Global Energy Transformation paper. November 2019.

¹⁵¹ Barbose G and N. Darghouth. Tracking the Sun. Pricing and Design Trends for Distributed Photovoltaic Systems in the United States. Lawrence Berkeley National Laboratory. October 2019.

¹⁵² Bolinger M., J. Seel, D. Robson. Empirical Trends in Project Technology, Cost, Performance, and PPA Pricing in the United States – 2019 Edition. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Таблица 5.7 Сравнение метрик по СЭС

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Мир (другие страны)	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Доля на рынке, 2018 г.	доля в генерации	5,4 ^{153%}		0,09 ^{154%}		1,9%	
2030 г.	электроэнергии, %	7,0 ^{155%}	8,9%	0,5%	1,2 ^{156%}	6,6	11,5
2050 г.		8,7%	15,6%	4,1%	10,3%	20,0%	40,0%
Удельные капиталовложения, 2018 г.	USD 2018/кВт	1210	2360	785	1110	728 ¹⁵⁷	2500
2030 г.						340	834
2050 г.						165	482 ¹⁵⁸
ЛCOE 2018 г.	USD	65	110	250	400		85
2030 г.	2018/МВт-ч			70	200 ¹⁵⁹	20	80
2050 г.				30	100	14	50
Стоимость господдержки, 2020 г.	млн USD /год	1236	1324		62		51440
2025-2035 гг.					220 ¹⁶⁰		52750*
Политическая поддержка	% считающих, что долю СЭС нужно увеличить	76		53		80	

*для ЕС, США, Китая, Индии, Аргентины, Бразилии, ЮАР и Саудовской Аравии.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

¹⁵³ Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES), 2019.

¹⁵⁴ Росстат РФ. Статистическая форма 6-ТП.

¹⁵⁵ UK National Grid Electricity System Operator. Future Energy Scenarios. 2019.

¹⁵⁶ В 2019 г. Росстат.

¹⁵⁷ THE COSTS OF DECARBONISATION: SYSTEM COSTS WITH HIGH SHARES OF NUCLEAR AND RENEWABLES, NEA No. 7299, © OECD 2019.

¹⁵⁸ IRENA. 2019. FUTURE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. A Global Energy Transformation paper. November 2019.

¹⁵⁹ Девиченский И. Особенности финансирования проектов в возобновляемой энергетике в России. Май 2019 г. Международный форум по возобновляемой энергетике «ARWE 2019». Ульяновск. Май 2019; Баркин О. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ. Предложения для новой программы поддержки на оптовом рынке. Международный форум по возобновляемой энергетике «ARWE 2019». Ульяновск. Май 2019.

¹⁶⁰ Министерство энергетики РФ. ДПМ ВИЭ. Для всех ВИЭ.

Таблица 5.8 СЭС. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	<p>Россия обладает огромным потенциалом солнечной энергии и обширными территориями, благоприятными для строительства СЭС. На юго-западе и в южных частях страны потенциал равен 1200-1500 кВт-ч/м²/год, что на 50% выше, чем в Германии.</p> <p>В 2019 г. выработка на СЭС общего пользования составила 985 млн кВт-ч (0,09% всей выработки). На конец 2018 г. установленная мощность СЭС составила 490 МВт, а суммарный объем солнечных установок домохозяйств – 15 МВт¹⁶¹. Кроме того, использовались панели для систем городского освещения, светофорах, на железнодорожных станциях, охранных и навигационных системах и др. Есть опыт использования СЭС и на промышленных объектах – на территории Омского НПЗ при участии «Хевел» введена в эксплуатацию СЭС мощностью 1 МВт (2,5 тысяч солнечных модулей, установленных на незадействованных в производственных процессах площадях, на кровле и фасадах зданий). За первую половину 2019 г. только Хевел продал 7000 панелей. С учетом этих данных и данных, собранных ЦЭНЭФ-ХХІ на основе опросов, можно оценить мощность мини-СЭС на конец 2019 г. в 20-25 МВт, на которых могло быть выработано 18-25 млрд кВт-ч. Таким образом, суммарная выработка на СЭС в 2019 г. впервые превысила 1 млрд кВт-ч.</p>
Рыночные перспективы	<p>По расчетам ЦЭНЭФ-ХХІ для Министерства экономического развития РФ, выработка электроэнергии на СЭС к 2030 г. по разным сценариям может составить 18,3-20,6 млрд кВт-ч, а к 2050 г. – 50-233 млрд кВт-ч. Установленная мощность СЭС может достичь 9-12 ГВт к 2030 г. и 18-85 ГВт к 2050 г. В сценарии «1,5 градуса» выработка электрической энергии на фотоэлектрических панелях, установленных до счетчика, превышает 50 млрд кВт-ч.</p>
Технологические затраты	<p>Предельные величины капитальных затрат на возведение 1 кВт установленной мощности для СЭС в тендерах 2017-2020 гг. ограничены правительством уровнем 103-110 тыс. руб./кВт. По результатам отборов проектов СЭС в 2018-2019 гг. с обязательствами по вводу в эксплуатацию в 2021-2022 гг. удельные капитальные вложения составили 49,8-69,9 тыс. руб./кВт, или примерно 785-1110 долл./кВт. Технологические затраты в России находятся на среднем мировом уровне. По оценкам экспертов¹⁶², достижение сетевого паритета СЭС в России можно ожидать в перспективе 10-15 лет. Для мини-СЭС удельные стоимость панелей равна 30-55 тыс. руб./кВт.</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Важным элементом СЭС является система накопления энергии. В 2019 г. «Хевел» сообщила, что построит гибридную СЭС с промышленными накопителями энергии мощностью 10 МВт в Бурзянском районе Республики Башкортостан.</p> <p>Внедренная на заводе «Хевел» в Новочебоксарске гетероструктурная технология относится к новому поколению кремниевых солнечных элементов с высоким (более 22%) КПД ячейки и широким температурным диапазоном использования. Россия, наряду с Японией и Кореей, вошла в перечень стран, использующих технологию гетероперехода в промышленных масштабах. Российские физики разработали бессвинцовые полупроводниковые материалы для использования в солнечных батареях на основе комплексных галогенидов сурьмы и висмута и принципиально новый материал для солнечных батарей на основе перовскитоподобного комплексного бромида сурьмы, которые показали рекордные КПД преобразования света.</p>

¹⁶¹ www.atsenergo.ru/vie/proresults¹⁶¹ https://www.znak.com/2019-09-03/pravitelstvo_zovet_vladelcev_solnechnyh_paneley_na_poka_zakrytyy_dlya_nih_rynok¹⁶² <https://peretok.ru/news/strategy/18064/>

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	Новые PV-технологии достигают максимального предела эффективности 25-27%. Солнечные элементы третьего поколения, способные обеспечить рост КПД до преобразования 31-41% (полимерные клетки, органические, сенсibiliзированные красителем солнечные элементы, солнечные элементы с квантовыми точками и перовскитные фотоэлектрические элементы) находятся на стадии исследований
Инфраструктурное окружение	Для СЭС требования по локализации равны 70%. В России практически с нуля создана индустрия солнечной энергетики: от НИОКР и производства панелей до строительства станций. Работают заводы, производящие важные компоненты для СЭС: ООО «Хевел» – полный цикл производства тонкопленочных фотоэлектрических модулей; ООО «Хелиос-ресурс» и ООО «Солар Кремниевые технологии» – производство кремния, кремниевых слитков, кремниевых пластин, используемых для производства кристаллических фотоэлектрических модулей; ООО «Солар Системс» – производство кристаллических фотоэлектрических модулей полного цикла; АО «Шнейдер электрик», ЗАО «Связь инжиниринг», ЗАО «МНПО «Энергоспецтехника» – сборка преобразователей тока (инверторов); Группа «УНКОМТЕХ» – производство всех видов кабельно-проводниковой продукции для СЭС; ОАО «ВМК-Инвест» – производство опорных конструкций для солнечных панелей. Накоплен необходимый уровень компетенции в проектировании, инжиниринге.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>В процессе выработки электроэнергии СЭС не производят ни выбросов парниковых газов, ни выбросов вредных веществ в атмосферу. При оценке выбросов с учетом цикла жизни (по всей цепочке от производства оборудования до генерации) выбросы от СЭС равны 8-180 гСО_{2экв.}/кВт-ч (верхняя граница для малых установок), что кратно ниже выбросов ПГ цикла жизни для электроэнергии на ископаемом топливе (510-1689 гСО_{2экв.}/кВт-ч).</p> <p>При выработке электроэнергии в 2050 г. в диапазоне 50-233 млрд кВт-ч и средней цене отпуска 3 руб./кВт-ч стоимость отпуска электроэнергии СЭС составит 150-700 млрд руб. в год. При вводе ежегодно в 2045-2050 по 2,5-3 ГВт мощностей СЭС инвестиции в СЭС составят 40-50 млрд. руб.</p>
Политический климат	<p>Меры поддержки ВИЭ описаны в табл. 5.4. Есть также примеры региональных программ. В 2019 г. правительство Республики Бурятия запустило программу электроснабжения фермерских хозяйств за счет СЭС. Механизм поддержки предусматривает выделение фермерам субсидий на покупку оборудования в размере до 95% расходов на энергоустановку.</p> <p>Одной из целей развития ВИЭ в России является создание новых экспортных продуктов. Начиная с 2017 г. осуществляются экспортные поставки фотоэлектрических модулей. Планируемый портфель экспортных контрактов ГК «Хевел» (2019-2024 гг.) составляет не менее 500 МВт. Если России удастся занять на глобальном рынке строительства СЭС нишу в 2-4%, то экспортный потенциал к 2050 г. можно оценить в 2-8 млрд долл. в год.</p>
Политическая ситуация	Доля респондентов в России, считающих, что на основе СЭС должны генерироваться «большие» или «очень большие» объемы электроэнергии равна 53%, против 76% в Великобритании ¹⁶³ и 80% в мире ¹⁶⁴ .

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

¹⁶³ Общественное мнение об изменении климата и энергетической безопасности в Европе и России. Результаты Восьмой волны Европейского социального исследования. Подготовлено в рамках проекта «Общественные установки по отношению к системе социального обеспечения, изменению климата и энергобезопасности в Европейском Союзе и России (PAWCER)» 2018 www.europeansocialsurvey.org/docs/findings/ESS8_pawcer_climate_RU.pdf.

¹⁶⁴ Green Energy Barometer (2017). Prepared by Edelman Intelligence. Commissioned by Ørsted.

Таблица 5.9 СЭС. Великобритания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	<p>Доля ВИЭ в генерации электроэнергии превысила 33% в 2018 г. (110 ГВт) во многом благодаря росту мощностей ВЭС и СЭС.¹⁶⁵ Доля СЭС в мощностях ВИЭ в 2018 г. составила 29,6%, что больше ВЭС-шельф (18,5%), биоТЭС (18,5%) и ГЭС (4,2%), но уступает ВЭС-суша (30,6%).¹⁶⁵</p> <p>В конце 2019 г. насчитывалось 1 025 044 установок СЭС суммарной мощностью 13,356 ГВт¹⁶⁶, что на 1,8% больше, чем в конце 2018 г.¹⁶⁷ СЭС начали с «низкого старта» в 2010 г. (95,6 МВт) и достигли 13,356 ГВт в 2019 г., из которых 951944 установки мощностью до 4 кВт (2699 МВт); 37863 установок от 4 до 10 кВт (267,9 МВт); 30637 установок от 10 до 50 кВт (875,7 МВт); 4139 установок от 50 кВт до 5 МВт (3525 МВт); 419 установок от 5 до 25 МВт (4399 МВт) и 42 установки более 25 МВт (1574 МВт). 44,7% (5973 МВт) от суммы мощностей СЭС обеспечивают 421 крупные установки¹⁶⁸ (более 5МВт), а 20,2% (2699 МВт) – установки мощностью менее 4 кВт, число которых равно 93% всех СЭС. На сентябрь 2018 г. на расположенные на земле¹⁶⁹ или отдельно стоящие установки¹⁷⁰ пришлось 58% (7688 МВт).¹⁶⁷</p> <p>Выработка на СЭС выросла на 12% в 2018 г. (на 1,54 млрд кВт-ч) и достигла 12,9 млрд кВт-ч против 1,4 млрд кВт-ч в 2013 г.¹⁷¹ Доля СЭС в выработке электроэнергии на ВИЭ составила в 2018 г. 11,7%, ВЭС – 51,8%, а биоТЭС – 31,6%. В 2018 г. были отрезки времени, когда СЭС являлись основным источником генерации.</p>

¹⁶⁵ Department for Business, Energy and Industrial Strategy – BEIS (2019). ‘Digest of UK Energy Statistics (DUKES) 2019’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2019>.

¹⁶⁶ Эти данные представляют в кратком виде последние цифры и тренды в использовании фотовольтаики в Великобритании по мере того как их направляют в Департамент бизнеса, энергетики и промышленной стратегии, поэтому запаздывание в представлении данных означает, что за последние месяцы, например, декабрь 2010 г., являются предварительными и будут уточняться по мере получения последних данных.¹⁶⁷

¹⁶⁷ BEIS (2019). ‘Solar PV Deployment: December 2019’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/solar-pv-deployment-december-2019>.

¹⁶⁸ В 2016 г. к списку основных производителей электроэнергии добавились компании солнечной энергетики, такие как: Anesco Ltd., British Solar Renewables Ltd., Cubico Sustainable Investments Ltd., Ecotricity Ltd., Eneco Wind UK Ltd., FS Shotwick Ltd., Greencoat Solar I LLP., Kentish Flats Ltd., Lightsource Renewable Energy Ltd., Octopus Investments Ltd., Pennant Walters Ltd., REG Windpower Ltd., Renewable Energy Solutions Services Ltd., Renewable Energy Systems Ltd., Scotia Wind (Craigengelt) Ltd., Scottish & Southern Energy plc., Toucan Energy Services Ltd., Wise Energy Ltd.¹⁶⁵

¹⁶⁹ Существуют два типа наземных солнечных установок: стандартные (фиксированный угол наклона с возможностью ручного управления в течение года) и на мачте (панели смонтированы на мачте над землей и снабжены системой слежения для следования за солнцем).¹⁸¹ Наземные установки чаще используются на СЭС, но могут применяться и в домохозяйствах.¹⁸¹ В июне 2019 г. было 758 наземных солнечных установок и 22340 установок на мачте в рамках Renewable Obligation Scheme.

¹⁷⁰ Отдельно стоящие установки – это не являющиеся частью здания и не присоединенные к нему. В июне 2019 г. было 579 отдельно стоящих солнечных установок и 852835 прочих в рамках схемы льготных тарифов.

¹⁷¹ Department of Energy and Climate Change (2013). ‘UK Solar PV Strategy Part 1: Roadmap to a Brighter Future’, доступно по ссылке: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/249277/UK_Solar_PV_Strategy_Part_1_Roadmap_to_a_Brighter_Future_08.10.pdf.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночные перспективы	<p>Committee on Climate Change оценил, что Великобритании потребуются 40 ГВт СЭС к 2030 г., чтобы двигаться по траектории выхода на углеродную нейтральность к 2050 г.¹⁷² Во всех сценариях до 2050 г. растет децентрализация¹⁷² (29% в 2018 г.) до 58% в сценарии ‘Community Renewables’; до 38% в сценарии ‘Two Degrees’; до 35% в сценарии ‘Steady Progression’ и до 55% в сценарии ‘Consumer Evolution’.¹⁷³ В сценарии ‘Community Renewable’ микрогенерация растет до 22% (53 ГВт), а распределенная генерация – до 36% (86 ГВт) от суммарной установленной мощности в 2050 г. При этом рост мощностей СЭС растет наиболее быстро во всех сценариях. В сценарии «Two Degrees» 80% электроэнергии производится на ВИЭ за счет динамичного роста ВЭС и СЭС с вкладом микрогенерации в размере 9,1% (22 ГВт) и распределенной генерации до 29% (69,6 ГВт) к 2050 г.¹⁷³ В сценарии ‘Consumer Evolution’ СЭС и ВЭС-шельф в основном растут после 2030 г., микрогенерация обеспечивает 19% мощности, а распределенная генерация – 36%.¹⁷³ В сценарии ‘Steady Progression’ микрогенерация обеспечивает 10% мощности, а распределенная генерация – 35%, но развитие СЭС ограничено из-за низкой вовлеченности потребителей.</p> <p>До конца 2020-х, когда снижение затрат совпадет с удешевлением систем хранения энергии, развитие СЭС будет ограничено из-за свертывания систем поддержки по схеме льготных тарифов. После 2040 г. СЭС растут во всех сценариях за счет роста децентрализации и снижения затрат, однако цены на оптовом рынке так сильно падают в периоды высокой выработки на СЭС, что дальнейшее их строительство теряет коммерческий смысл из-за насыщения рынка.</p>
Технологические затраты	<p>В апреле 2018 г. – марте 2019 г. средняя цена солнечной панели мощностью до 4 кВт равнялась¹⁷⁴ £1,816/кВт, для установки 4-10 кВт – £1498, а для 10-50 кВт – £1139.¹⁶⁷ Средняя цена установки мощностью до 4 кВт снизилась на 1,3% в 2019 г. и на 12,3% от уровня 2014 г. В ряде случаев СЭС может быть более экономически целесообразна, чем ВЭС-шельф или новая газовая ТЭС, и является прямым конкурентом для ВЭС-суша даже на фоне ограничений по масштабам применения из-за отсутствия аукционов на чистую энергию (см. ниже). В 2014 г. LCOE на 2019 г. оценивалось равным £80/МВт-ч, но последующие уточнения снизили их до £50-60/МВт-ч в 2019,¹⁷⁵ что также ниже оценки 2016 г. – £67/МВт-ч.¹⁷⁶</p>

¹⁷² Установки, присоединенные к распределительным сетям или сетям более низкого напряжения (включая микрогенерацию).

¹⁷³ National Grid Electricity System Operator – ESO (2019). ‘Future Energy Scenarios – FES’, доступно по ссылке: <http://fes.nationalgrid.com/fes-document/>.

¹⁷⁴ В анализ вошли 32370 установок мощностью 0-4 кВт между апрелем 2018 и мартом 2019 годов – рост на 64% по сравнению с предыдущим годом. Этот рост объясняется закрытием программы льготных тарифов (Feed-in-Tariffs) в конце марта 2019 г.

¹⁷⁵ Solar Trade Association (2018) ‘Press Release: Cost of UK large-scale solar could drop below £40/MWh by 2030’, доступно по ссылке: <https://www.solar-trade.org.uk/cost-of-uk-large-scale-solar-could-drop-below-40mwh-by-2030/>.

¹⁷⁶ BEIS (2016). ‘Electricity Generation Costs’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/beis-electricity-generation-costs-november-2016>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Срок жизни солнечной панели – 30 лет¹⁷⁷ Она не дает выбросов ПГ и имеет КИУМ,¹⁷⁸ зависящий от погодных условий. В 2018 г. среднее число солнечных часов в сутках равнялось 4,7, а в 2017 г. – 4,1.¹⁷⁹ Это привело к небольшому росту (на 0,7%) КИУМ в 2018 г. В 2018 г. при доле СЭС в мощностях ВИЭ 29,6% из-за более низкого КИУМ доля в генерации была только 12%.</p> <p>Конструкции солнечных панелей различаются (полупроводники, такие как кристаллические, поликристаллические и тонкие пленки), которые имеют различные уровни эффективности.¹⁸⁰ Результаты последних исследований показали следующие рекордные уровни эффективности для разных ячеек: 25,1% для большой кремниевой ячейки n-типа размером 152 см²; 22% для ячейки GaInP с шириной запрещенной зоны 0,25 см² с задним гетеропереходом и напряженным слоем AlInP; и 24,1% для Pb-галогенидного перовскита солнечного элемента.¹⁸⁰ Солнечные панели – модульная технология, и многочисленные инверторы могут быть подключены параллельно на крышах или на земле. При размещении на крыше есть ограничения, определяемые параметрами крыши – угол наклона, препятствия (дымовые трубы), но их дешевле монтировать, чем наземные.¹⁸¹ Они имеют преимущества в плане места размещения в границах имеющегося участка, но требуют затрат на строительство фундамента.</p>
Инфраструктурное окружение	<p>Солнечные фотоэлектрические системы распространяются более широко по сравнению с другими возобновляемыми технологиями, при этом большинство генераторов находятся в рамках собственного участка. Они также устанавливаются на коммерческих и промышленных зданиях и в виде больших систем наземного базирования. Поставки энергии в сеть требуют установки смарт-учета с обменом данными каждые полчаса. Поскольку ночью выработка электроэнергии невозможна, требуется система хранения накопленной днем энергии или подключение к сети. Разные модули требуют разных площадей: ячейки концентратора (выше 0,05 см²); одна солнечная ячейка (1 см²); модуль (800 см²) и ‘субмодуль (200 см²).</p> <p>Исследование 2014 г. показало, что изменение климата может привести к росту годовой солнечной радиации на 3,6% к 2050 г. в сценарии с высокими выбросами ПГ и усугубить региональные различия по наличию ресурсов солнечной энергии.¹⁸² Это же исследование показало, что средний годовой ресурс в Великобритании равен 101,2 Втм⁻², а на юге Англии и Уэльса – более 130 Втм⁻².</p>

¹⁷⁷ Health and Safety Executive (2018). ‘Energy Foresight Annual Report 2017/2018’, доступно по ссылке: <https://www.hse.gov.uk/horizons/assets/documents/foresight-report-2017.pdf>.

¹⁷⁸ Коэффициент использования установки показывает, насколько интенсивно используется каждый вид установки: чем выше коэффициент, тем более интенсивно установка используется.

¹⁷⁹ Statista (2019). ‘Average daily sun hours in the United Kingdom 2001-2018’, доступно по ссылке: <https://www.statista.com/statistics/322575/average-daily-sun-hours-in-the-united-kingdom-uk/>.

¹⁸⁰ Green, M. A. et al. (2019). ‘Solar cell efficiency tables (version 54)’, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 27(7), pp. 565–575. doi: 10.1002/pip.3171.

¹⁸¹ Renewable Energy Hub UK (2020). ‘A consumer guide to Solar Panels in 2020: Ground Mounted Solar Panels’, доступно по ссылке: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-panels/ground-mounted-solar-panels/>.

¹⁸² Burnett, D., Barbour, E., Harrison, G. (2014). ‘The UK solar energy resource and the impact of climate change’, *Renewable Energy*, vol. 71, 333-343, доступно по ссылке: <https://www.sciencedirect.com.libproxy.ucl.ac.uk/science/article/pii/S0960148114002857#sec6>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Развитие СЭС позволяет увеличить долю низкоуглеродной генерации. Проблема в пока еще низкой эффективности преобразованная солнечного света и пока еще сравнительно высоких первоначальных затратах, которые, правда, динамично снижаются.¹⁸³ Большие СЭС могут конкурировать за землю с другими направлениями ее использования, такими как сельское хозяйство. Опасности для здоровья (падения с высоты, удары током) могут представлять процессы монтажа, обслуживания и демонтажа установок. Солнечные панели уязвимы для влаги, снега, грязи, ультрафиолета, поэтому для экономии воды и труда при их обслуживании разрабатываются самоочищающиеся покрытия, которые также позволят повысить их эффективность.¹⁸⁴</p> <p>Имеющаяся синергия СЭС, электромобилей, систем хранения энергии, умных сетей позволяет за счет СЭС повышать гибкость системы электроснабжения. Низкоуглеродная экономика и рынок ВИЭ оцениваются в £46,7млрд в 2018 г. с оборотом в секторе СЭС £1,8 млрд и числом занятых 6600 чел.¹⁸⁵ ¹⁸⁶ В 2015 г. их число оценивалось в 9900 чел., а оборот – в £2,7 млрд. Снижение субсидий повлияло на эту динамику.¹⁸⁶</p>
Политический климат	<p>Основными инструментами развития ВЭС в Великобритании являются (являлись):</p> <p>Льготные тарифы (Feed-in-tariffs, FIT). См. табл. 5.6.</p> <p>Схема сертификации микрогенерации (Microgeneration Certification Scheme,¹⁸⁷ MSC-FIT). Малые установки мощностью до 50 кВт заявляют потребность в мощности для сертификации в схеме MSC, чтобы получить льготный тариф при условии их ввода в эксплуатацию. Им нужен сертификат (Energy Performance Certificate, EPC), чтобы получить льготный тариф. С апреля 2018 г. схема MSC была передана от энергоснабжающих компаний компании MCS Service Company Limited и MCS Charitable Foundation.¹⁸⁸ Последняя занимается маркетингом программы.</p> <p>Схема ROO-FIT для крупных установок. СЭС мощностью не менее 50 кВт и до 50 МВт обращаются в Ofgem для получения льготного тарифа.</p> <p>Умная экспортная гарантия (Smart Export Guarantee, SEG). Схема доступна для СЭС мощностью до 5МВт и микро-ТЭЦ мощностью до 50 кВт, оборудование которых сертифицировано и установлено в рамках схемы Microgeneration Certification Scheme. Поставщики могут разрабатывать разные типы тарифов SEG в зависимости от технологий, графиков выработки, предсказуемости, возможности управления нагрузкой.</p> <p>Схема Community support выделяет £15 млн на финансирование ТЭО, и для подготовки региональных проектов предлагаются ресурсы региональных центров (Regional Centres of Excellence).</p>

¹⁸³ Andreani, L.C., Bozzola, A., Kowalczewski, P., Liscidini, M. & Redorici, L. (2019). 'Silicon solar cells: Toward the efficiency limits', *Advances in Physics: X*, vol. 4, no. 1.

¹⁸⁴ Appasamy, J.S., Kurnia, J.C. & Assadi, M.K. (2020). 'Synthesis and evaluation of nitrogen-doped titanium dioxide/single walled carbon nanotube-based hydrophilic self-cleaning coating layer for solar photovoltaic panel surface', *Solar Energy*, vol. 196, pp. 80-91.

¹⁸⁵ Эквивалент полной занятости – это мера измерения занятости, при которой один работник с полным рабочим днем – это один человек, работающий на полную ставку в течение года.¹⁸⁶

¹⁸⁶ Office for National Statistics (2020). 'Low carbon and renewable energy economy, UK: 2018', доступно по ссылке: <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/finalestimates/2018>.

¹⁸⁷ Ofgem (2020). 'Microgeneration Certification Scheme (MSC): Small Installations', доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/applicants/microgeneration-certification-scheme-mcs-small-installations>.

¹⁸⁸ BEIS (2018). 'Microgeneration Certification Scheme (MCS) transfer to MCS Service Company', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/microgeneration-certification-scheme-mcs-transfer-to-mcs-service-company>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Обязательства по ВИЭ (Renewables Obligations, RO) - см. табл. 5.6. В декабре 2018 г. суммарная мощность СЭС, вовлеченных в эту схему, составила 6,7 ГВт для наземных СЭС и 596 МВт – для крышных СЭС.</p> <p>Контракт на разницу (Contract for Difference, CfD). см. табл. 5.6. В 2015 г. по этой схеме были поддержаны 5 проектов СЭС.¹⁸⁹</p> <p>Консультации по будущим стандартам для жилых зданий (Consultation on Future Homes Standard). К 2025 г. будет введен Future Homes Standard, который определит требования к строительству энергоэффективных зданий с высокими уровнями энергоэффективности¹⁹⁰ и требованиями, стимулирующими применение солнечных панелей при строительстве новых зданий.</p> <p>Исторически и другие меры политики применялись для поддержки развития технологий СЭС. Обязательства по ископаемому топливу (Non-Fossil Fuel Obligation, NFFO). Эта схема была главным механизмом поддержки до введения обязательств по ВИЭ. Она требовала от энергоснабжающих компаний покупать электроэнергию от источников ВИЭ. Срок последнего контракта истек в 2019 г.¹⁹¹</p> <p>Схема раскрытия топливного баланса (Fuel Mix Disclosure, FMD). В 2005 г. регулятор потребовал от энергоснабжающих компания раскрыть баланс по разным видам топлива и энергии, используемым для генерации отпускаемой их потребителям электроэнергии.¹⁹²</p> <p>Схема гарантии источника от ВИЭ (Renewable Energy Guarantees of Origin Scheme, REGO). Эта схема была обязательной для всех стран ЕС, чтобы выяснить долю ВИЭ через выдачу сертификатов REGO на МВт-ч генерации на ВИЭ.¹⁹³ Все ВИЭ могли участвовать в этой схеме. Сертификаты на имя поставщика хранились в реестре ВИЭ и ТЭЦ и могли быть использованы для соответствующего периода предъявления.</p> <p>Схема гарантии источника (EU Guarantees of Origin, GoOs). Поставщики также могли держать сертификаты GoOS, чтобы выполнять обязательства по топливному балансу с подтверждением, что электроэнергия потреблена на территории Великобритании.</p>

¹⁸⁹ Wick Farm Solar Park (19,1 МВт); Charity Farm (14,67 МВт); Royston Solar Farm (13,78 МВт); Netley Landfill Solar (12 МВт) и Triangle Farm Solar Park (12 МВт). Должны были быть введены в 2015-2017 годах, и их цена исполнения составляла £50.00-79.23. Еще два раунда выделения средств были проведены в 2017 и 2019 годах, но без проектов фотовольтаики.

¹⁹⁰ Ministry of Housing, Community and Local Government (2019). 'The Future Homes Standard: changes to Part L and Part F of the Building Regulations for new dwellings', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/consultations/the-future-homes-standard-changes-to-part-l-and-part-f-of-the-building-regulations-for-new-dwellings>.

¹⁹¹ Ofgem 'Non Fossil Fuel Obligation (NFFO). Scottish Renewable Obligation (SRO)', доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/nffo>

¹⁹² Ofgem (2005). 'Fuel mix disclosure (FMD)', доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/rego/energy-suppliers/fuel-mix-disclosure>.

¹⁹³ Ofgem 'About the REGO scheme', доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/rego/about-rego-scheme>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
<p>Политическая ситуация</p>	<p>Целевая установка углеродной нейтральности (Net Zero Target). В 2019 г. Великобритания приняла закон о достижении углеродной нейтральности к 2050 г., что является более <i>амбициозной</i> целью по сравнению с прежней установкой снижения выбросов на 80% от уровня 1990 г.¹⁹⁴</p> <p>Сообщества и местные энергетические группы считают схему Smart Export Guarantee вызовом для своих проектов из-за ограничений на выбор наиболее экономически эффективных площадок или мест, недостатка коммерческого опыта и возможностей по обеспечению финансирования новых установок. Они рекомендуют правительству рассмотреть Манифест Сообщества, подготовленный Green Alliance об энергетике с рекомендациями и ценностями.¹⁹⁵</p> <p>Недопуск СЭС по схеме CfD рассматривается как ограничение на их развертывание. Программа «Каждый дом имеет значение» была запущена в 2015 г. для рассмотрения вопросов, связанных с консультированием потребителей, защитой и стандартами, касающимися возобновляемой энергии в Великобритании, посредством взаимодействия с промышленными и потребительскими группами.¹⁹⁶ Предлагаемое решение для повышения доверия потребителей и преодоления проблем, связанных с большим количеством схем, сертификатов и организаций, основано на разработке знака качества и трех ключевых элементов: хартии потребителей, кодекса поведения и кодексов практики. Ассоциация солнечной энергетики настаивает на том, что новая политика должна устранить запреты на участие в схеме CfD, повысить стандарты жилищного строительства, обеспечить минимальную цену для передачи солнечной энергии в сеть и отменить НДС на системы хранения и СЭС.¹⁹⁷</p> <p>В ноябре 2018 г. опрос общественного мнения BEIS Public Attitudes Survey показал:¹⁹⁸</p> <ul style="list-style-type: none"> • 83% поддерживают СЭС, что меньше 87% в марте 2018 г.; • жители Восточной Англии и северо-востока страны более других поддерживают СЭС (87% и 83% соответственно), в возрасте до 44 лет 86% против 79% в возрасте от 65 лет). <p>Опрос 1413 потребителей в 2018 г. показал, что 2% активны в местных энергетических группах, а 63% заинтересованы в большей вовлеченности по трем основным причинам: экономия денег (63%), повышение энергоэффективности (45%) и снижение углеродного следа (41%).¹⁹⁹ Солнечная энергетика играет ключевую роль во все трех аспектах.</p>

Источник: University College London. Institute for Sustainable Resources.

¹⁹⁴ BEIS (2019). 'UK becomes first major economy to pass net zero emissions law', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/news/uk-becomes-first-major-economy-to-pass-net-zero-emissions-law>.

¹⁹⁵ Green Alliance (2019). 'Community Energy Manifesto', доступно по ссылке: https://www.green-alliance.org.uk/resources/Community_energy_manifesto.pdf.

¹⁹⁶ Ministry of Housing, Communities & Local Government, Department for Business, Energy & Industrial Strategy, RT Hon Gavin Barwell and Baroness Neville-Rolfe DBE CMG, 2016. 'Each home Counts: Review of Consumer Advice, Protection, Standards and Enforcement for Energy Efficiency and Renewable Energy', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/each-home-counts-review-of-consumer-advice-protection-standards-and-enforcement-for-energy-efficiency-and-renewable-energy>.

¹⁹⁷ Solar Trade Association, 2019. 'Solar Voice', доступно по ссылке: <https://www.solar-trade.org.uk/solar-voice-november-december-2019/>.

¹⁹⁸ BEIS (2018). Public Attitudes Tracker, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/beis-public-attitudes-tracker-wave-27>.

¹⁹⁹ Electricity North West, 2018. 'Consumers demand a leading role in Britain's energy infrastructure', доступно по ссылке: <https://www.enwl.co.uk/about-us/news/latest-news-and-views/2018/consumers-demand-a-leading-role-in-britains-energy-infrastructure/>.

5.4 Системы накопления энергии

Когда доля электроэнергии, генерируемой на переменных ВИЭ, превышает 30-35%, возникает проблема сохранения излишков электроэнергии, генерируемой в периоды наличия ветра и солнца, и компенсации ее дефицита, когда эти ресурсы недоступны. Не только развитие ВИЭ, но и необходимость модернизации старой инфраструктуры сетевого хозяйства, повышения надежности работы систем электроснабжения, обеспечения растущих требований к качеству электроснабжения – все это требует быстрого роста мощностей систем хранения энергии. Препятствием для развития распределенной генерации с возможностью потребителя отдать избыток электроэнергии в сети поставщика часто становится тот факт, что устаревшие распределительные сети строились без учета возможности получения энергии в обратном направлении. Сейчас функцию хранения энергии в основном выполняют ГАЭС, мощность которых в 2017 г., по разным оценкам, составила от 120 ГВт²⁰⁰ до 150 ГВт²⁰¹, или примерно 2% от всей установленной мощности электростанций. Еще примерно 8 ГВт в 2018 г. пришлось на системы аккумуляторного хранения (прирост за 2018 г. – более 3 ГВт, из которых 1,9 ГВт установлено до прибора учета).

По прогнозу МЭА, в зависимости от сценария мощности хранения электроэнергии к 2040 г. вырастут до 215-350 ГВт, а к 2060 г. – до 450 ГВт. Мощность же систем хранения на 2050 г. BNEF оценивает равной 1291 ГВт, из которых 40% будет на стороне потребителя. Борьба за этот рынок разворачивается. Министерство энергетики США (DOE) запустило инициативу Energy Storage Grand Challenge²⁰² – программу ускорения разработки, коммерциализации и использования новейших технологий накопления энергии и захвата глобального лидерства в сфере использования и экспорта накопителей энергии к 2030 г. Всемирный банк начал реализацию программы, в рамках которой 2 млрд долл. будет мобилизовано на установку систем хранения энергии в развивающихся странах.

Таблица 5.10 Системы хранения энергии. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	Основным средством сокращения дефицита регулирующей маневренной мощности и хранения электроэнергии является Загорская ГАЭС, блоки которой последовательно были пущены в 1987-1994 гг. суммарной мощностью 1200/1320 МВт (в турбинном/насосном режимах соответственно). В 2019 г. она выработала 1,8 млрд кВт-ч. Сейчас строится вторая очередь этой станции. Мощности систем аккумуляторного хранения сравнительно невелики. В России уже производятся и продаются бытовые накопители энергии, а также созданы первые накопители большой мощности, которые поставлены на СЭС «Хевел» в Тыве. ²⁰³
Рыночные перспективы	По оценкам Минэнерго России, рынок в стране (без учета экспорта водорода) после 2025 г. равен 1-6 млрд долл. (интернет вещей и энергосистема). По другим оценкам, максимальная рыночная ниша – 8,6 млрд долл., а реалистичная оценка – 1,5-3 млрд долл. США в год. ²⁰⁴

²⁰⁰ IRENA (2018). Global Energy Transformation: A roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. info@irena.org.

²⁰¹ IEA. 2017. Energy Technology Perspectives. 2017. OECD/IEA.

²⁰² <https://www.energy.gov/energy-storage-grand-challenge/energy-storage-grand-challenge>.

²⁰³ <https://konstruktions.ru/podrobnее-el/pervye-rossijskie-nakopiteli-bolshoj-moschnosti-2371.html>; <https://tiu.ru/p424125214-domashnij-nakopitel-energii.html>.

²⁰⁴ УДАЛЬЦОВ Ю. и Д. ХОЛКИН. РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ. ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД. Роснано. М., 2018.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	Суммарные глобальные инвестиции в системы аккумуляторного хранения энергии до 2050 г. оценены в размере 548 млрд долл. ²⁰⁵ Таким образом, среднегодовые инвестиции в системы хранения энергии превысят 18 млрд долл.
Технологические затраты	Высокая стоимость – это главный барьер роста масштабов систем хранения энергии. По оценкам BNEF, еще в 2010 г. она была равна 1000 долл./кВт-ч, а к 2017 г. упала до 209 долл./кВт-ч для отдельных технологий. Это все еще дорого. По этой причине технологии хранения энергии еще не конкурентоспособны по сравнению с программами управления спросом. МЭА считает возможным снижение стоимости батарей до 70 долл./кВт-ч к 2050 г. BNEF считает, что на этот рубеж цены выйдут уже в 2030 г. К 2025 г. только системы хранения сжатого воздуха достигнут уровня 200 долл./кВт-ч. Стоимость более мелких систем (после прибора учета) существенно выше. Ожидается, что в будущем снижение затрат произойдет за счет улучшения производственных и технических характеристик батарей, что позволит снизить стоимость литий-ионных батарей к 2050 г. на 67%. ²⁰⁶
Другие ключевые технологические характеристики	Минэнерго РФ в «Концепции развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации» делает ставку на разработку собственной технологии дешевого хранения электроэнергии с оптимальной долей российских компонентов и трансфером необходимых технологий. Это значит, что требуется создать полный цикл от НИОКР до утилизации.
Инфраструктурное окружение	Россия с существенным отставанием приступает к формированию национальной промышленности СНЭ и развитию рынка применения этих систем в различных секторах экономики. В среднесрочной перспективе одним из приоритетов научно-технической политики России должно стать формирование базы для создания систем накопления энергии на технологиях следующего поколения. ²⁰⁷ Единственный в России крупный завод, выпускающий современные литий-ионные аккумуляторы, – предприятие «Лиотех» (портфельная компания РОСНАНО) с проектной мощностью производства 1 ГВт-ч аккумуляторных ячеек в год. ²⁰⁸
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Уже существуют промышленные технологии переработки литий-ионных батарей, позволяющие извлекать 80-100% содержащихся в них материалов без образования твердых отходов, с минимальным расходом воды и выбросов вредных веществ в атмосферу. ²⁰⁹

²⁰⁵ BNEF. 2018. New Energy Outlook 2018.

²⁰⁶ Там же.

²⁰⁷ УДАЛЬЦОВ Ю. и Д. ХОЛКИН. РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ. ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД. Роснано. М., 2018.

²⁰⁸ В России действует более 15 предприятий, выпускающих различного рода электрохимические накопители энергии (кроме имеющих ограниченные рыночные перспективы в электроэнергетике свинцово-кислотных АКБ) и суперконденсаторы. Практически все они ориентированы исключительно на военный заказ, у их продукции специфическая номенклатура, а производство осуществляется в основном по относительно устаревшим технологиям, причем речь, как правило, идет о компонентах СНЭ и редко о СНЭ, полностью готовых к установке. По возможностям и характеристикам своих изделий эти предприятия вряд ли могут конкурировать с такими крупными игроками глобального рынка, как LGChem, NAS, Panasonic, A123, Samsung SDI или BY. Там же.

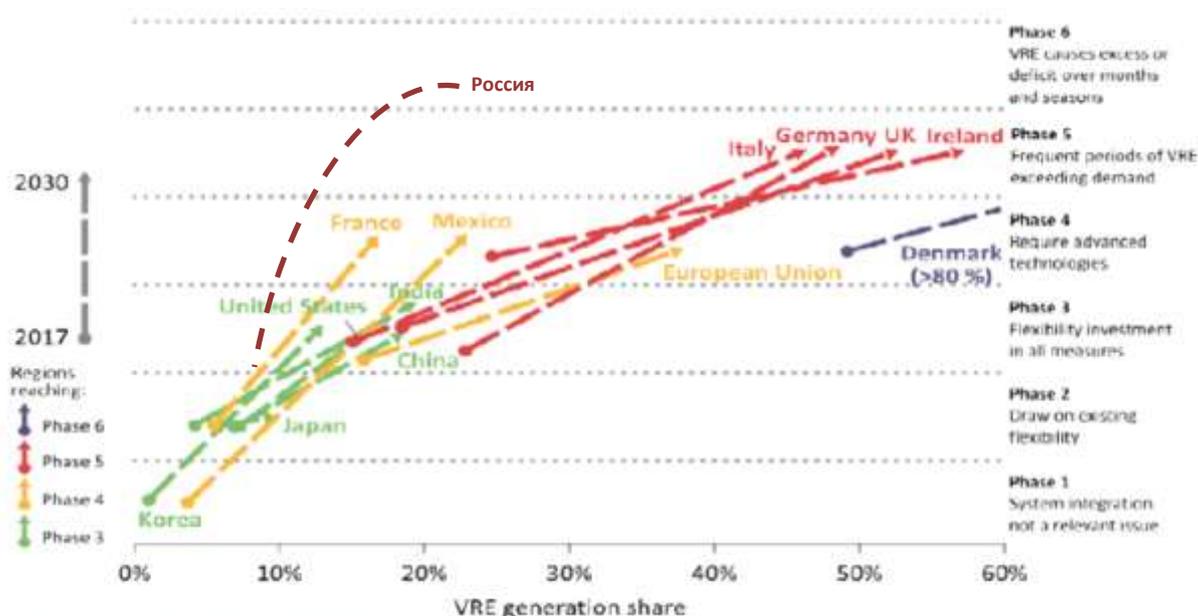
²⁰⁹ <https://renen.ru/materials-from-recycled-lithium-ion-batteries-supplied-to-customers-for-the-first-time/>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	Минэнерго России заинтересовано в развитии систем аккумуляции энергии и разработало «Концепцию развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации» и «Комплекс мер по поддержке производства и применения систем хранения электроэнергии в Российской Федерации». ПАО «Россети» представило проект «Стратегии развития цифрового электросетевого комплекса России до 2030 года», в котором отдается приоритет развитию рынка услуг хранения электроэнергии и сетевого резерва. ²¹⁰ Однако услуги по накоплению энергии на рынках электроэнергии еще не регламентированы и не отражены в нормативных актах.
Политическая ситуация	Основная масса населения пользуется мобильными электронными устройствами и поэтому весьма заинтересована в развитии технологий, позволяющих облегчать и удешевлять системы аккумулирования энергии.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

При развитии переменных ВИЭ (ВЭС и СЭС) по сценарию «1,5 градуса» их доля в генерации электроэнергии в 2050 г. достигнет 18%. Этот уровень уже сегодня превышен в таких крупных странах, как Германия и Великобритания (рис. 5.4). В США только на долю ВЭС в последние 10 лет приходится 28% прироста генерирующих мощностей. С учетом развития сетей, технологий «умных сетей» и систем хранения энергии к 2050 г. возможность интеграции таких объемов переменных ВИЭ не должна вызывать сомнений.

Рисунок 5.4 Доля переменных ВИЭ на разных стадиях их интеграции в энергосистему (2030 г., для России – 2050 г.)



Note: VRE = variable renewable energy.
Source: IEA (2018a), *World Energy Outlook 2018*.

* VRE – переменные ВИЭ.

Источники: IEA. *Securing Investments in Low-Carbon Power Generation Sources*. June. 2019; IEA. *World Energy Outlook 2018*. Кривая для России – ЦЭНЭФ-XXI.

²¹⁰ https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf.

Таблица 5.11 Системы хранения энергии. Великобритания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	<p>Что касается традиционных технологий хранения, в 2018 г. гидростанции²¹¹ составляли 2744 МВт²¹² установленной электрической мощности. До последнего времени не было новых систем хранения, но в 2016 г. были заключены договора на строительство к 2020 г. 550 МВт аккумуляторных батарей.²¹³ Что касается жилищного сектора, то в 2017 г. примерно в 1 тыс. домов были установлены батареи Moixa²¹⁴. В 2018 г. был закончен пилотный проект сетевого масштаба на 5 МВт для хранения энергии посредством жидкого воздуха.²¹⁵ В течение июля 2018 г. – июля 2019 г. было введено в эксплуатацию около 50 проектов хранения энергии суммарной мощностью около 500 МВт, причем 80% этих установок работает в распределительных сетях или на более низком напряжении рядом с генерирующими мощностями.</p>
Рыночные перспективы	<p>Во всех сценариях развития энергетики наблюдается уверенный рост аккумуляторных мощностей, а самое быстрое увеличение прогнозируется в сценариях декарбонизации, поскольку рост генерации на ВИЭ требует увеличения мощностей хранения. К 2050 г. установленная мощность батарей прогнозируется на уровне 17-30 ГВт, в зависимости от сценария.²¹⁶ Быстрое увеличение объема хранения ожидается после 2030 г. в сценарии «Траектория ВИЭ в сообществах»: по оценкам, к 2050 г. около 58% суммарных генерирующих мощностей будет децентрализовано и будет наблюдаться самая быстрая установка батарей в жилищном секторе.²¹⁷ В 2017 г. следующие аккумуляторные мощности были заявлены к строительству или включены в контракты в Великобритании: 20300 кВт литий-ионных батарей, 140 проточных батарей и 1000 электрохимических батарей, что совокупно равно 21440 кВт.²¹⁸</p>

²¹¹ Крупные системы хранения энергии, в основе которых лежат два резервуара, установленные на разных уровнях, и когда вода поступает из верхнего резервуара в нижний, энергия вырабатывается нисходящим потоком; затем вода снова закачивается в верхний резервуар (<http://www.british-hydro.org/pumped-storage/>).

²¹² International Hydropower Association (2018). Hydropower Status Report, доступно по ссылке: <https://www.hydropower.org/publications/2018-hydropower-status-report>.

²¹³ Ofgem (2017). Upgrading our Energy System – Smart Systems and Flexibility Plan, доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/publications-and-updates/upgrading-our-energy-system-smart-systems-and-flexibility-plan>.

²¹⁴ Британская компания, которая занимается установкой систем хранения в домах и оказывает услуги поддержки сети в качестве агрегатора, полагает, что сможет помочь потребителям сэкономить до 60% на оплате электроэнергии (Ofgem, 2017).

²¹⁵ Он использует оборудование, разработанное для традиционной энергетики и нефтегазовой промышленности для сжижения воздуха, хранения его в емкостях и использования в турбинах для выработки электроэнергии в зависимости от спроса.

²¹⁶ В обоих сценариях ускоренной декарбонизации хранение играет важную роль и будет расти быстрее, чем в сценариях ‘Эволюция потребителей’ и ‘Уверенное развитие’, потому что в них меньше требований к гибкости из-за меньшего роста ВИЭ, так что меньше и необходимость хранения излишков возобновляемой электроэнергии для использования в разное время (FES, 2019).

²¹⁷ National Grid Electricity System Operator (2019). Future Energy Scenarios - FES, London, доступно по ссылке: <https://www.nationalgrid.com/NR/rdonlyres/C7B6B544-3E76-4773-AE79-9124DDBE5CBB/56766/UKFutureEnergyScenarios2012.pdf>.

²¹⁸ IRENA (2017). Electricity storage costs and renewable: costs and markets to 2030, доступно по ссылке: <https://www.irena.org/publications/2017/Oct/Electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	Стоимость литий-ионных батарей снизилась более чем на 80% за период с 2010 г. (£846,4/кВт-ч) ²¹⁹ и 2019 г. (£120/кВт-ч), и ожидается дальнейшее снижение в следующие 5-10 лет. Они считаются самым дешевым способом хранения энергии для большинства потребителей с точки зрения полной приведенной стоимости, которая включает полную стоимость хранения энергии с учетом инвестиций, эксплуатации, и выставления счетов, срока службы, КПД и снижения эффективности. ²²⁰ При снижении стоимости батарей цена сырья, включая литий, кобальт и никель, увеличивается. ²²¹ Во всех сценариях коммерческая жизнеспособность систем хранения энергии зависит от многих потенциальных источников доходов ²²² , в том числе от услуг на рынке балансирования и вспомогательных услуг, а также от оказания услуг операторам сети.
Другие ключевые технологические характеристики	Существуют разные технологии хранения с разными ключевыми характеристиками ²²³ : (i) Традиционные технологии хранения энергии. Гидроаккумулирующие ГАЭС, литий-ионные аккумуляторы ²²⁴ , свинцово-кислотные аккумуляторы ²²⁵ и натрий-серные аккумуляторы ²²⁶ . (ii) Инновационные технологии крупномасштабного хранения. Системы хранения на сжатом воздухе ²²⁷ или на жидком воздухе ²²⁸ ; теплонасосы ²²⁹ ; крупные системы проточных батарей ²³⁰ .

²¹⁹ Bairstow, J. (2019). Battery prices plummet 87% between 2010 and 2019, доступно по ссылке: <https://www.energylive.com/2019/12/04/battery-prices-plummet-87-between-2010-and-2019/>.

²²⁰ Dunning, H. (2019). Batteries predicted to become the cheapest option for storing electricity, доступно по ссылке: <https://www.imperial.ac.uk/news/189691/batteries-predicted-become-cheapest-option-storing/>.

²²¹ Health and Safety Executive (2018). Energy Foresight Annual Report 2017/2018, доступно по ссылке: <https://www.hse.gov.uk/horizons/assets/documents/foresight-report-2017.pdf>.

²²² Выход систем хранения энергии на конкурентный или почти конкурентный уровень зависит от механизмов поддержки. Затраты продолжают быстро снижаться, свинцово-кислотные и литий-ионные батареи теперь считаются зрелыми технологиями. Еще одна ключевая технология – размещение ВИЭ-мощностей рядом с системами хранения для улучшения экономики проектов для отдельного инвестора путем повышения цены произведенной электроэнергии. Водород и поточные батареи – наименее зрелые технологии, а теплонасосы и гидроаккумулирующие электростанции – наиболее зрелые решения.

²²³ Renewable Energy Association – REA (2016). Energy Storage in the UK – An Overview, доступно по ссылке: <https://www.r-e-a.net/wp-content/uploads/2019/10/Energy-Storage-FINAL6.pdf>.

²²⁴ Литий-ионные батареи – это электрохимические элементы, состоящие из контейнера, двух электродов, двух токосборников, пористого сепаратора и электролита. Они характеризуются высокой энергетической емкостью, быстро заряжаются и разряжаются, имеют глубокий разряд, долгий срок службы, короткое время ответа. Нуждаются в регулировании температуры для предотвращения деградации и быстро заряжаются при низких температурах (REA, 2016).

²²⁵ Это была первая разновидность заряжаемых батарей в коммерческом употреблении. У них низкая энергетическая емкость, длительное время заряда и ограниченный срок службы. Одним из существенных недостатков было то, что по мере падения потребляемой мощности уменьшается их емкость (REA, 2016).

²²⁶ Натрий-серные аккумуляторы высокоэффективны, обеспечивают длительное хранение энергии и обладают высокой энергетической емкостью, но находятся в начале разработки, поэтому дороги.

²²⁷ Хранение энергии в подземных или надземных системах, основанное на электродвигателях для сжатия воздуха и пуска на турбину для выработки электроэнергии. Основные вопросы – низкая эффективность и географические ограничения (REA, 2016).

²²⁸ В системах хранения энергии в виде жидкого воздуха используется электричество для охлаждения очищенного воздуха до жидкого состояния и затем хранения его при низком давлении в резервуарах. Когда возникает потребность, давление повышается, жидкий воздух возвращается в газообразное состояние, потом нагревается, расширяется и подается на турбину. Можно долго хранить энергию подобным образом. (RES, 2016).

²²⁹ Электронасос – это способ хранения энергии, при котором тепловая нагрузка передается от «тепла» к «холоду», как в холодильнике. Для процесса нужна энергия, которая перекачивается между двумя химическими веществами (REA, 2016).

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	(iii) Гибридные технологии хранения: электроэнергия/водород ²³¹ и электроэнергия/метан ²³² .
Инфраструктурное окружение	Большую пользу от систем аккумуляторного хранения энергии могут получить удаленные территории без доступа или с плохим доступом к сети. Большинство энергоснабжающих организаций предпочитают системы аккумуляторного хранения, потому что их легко расширить и можно разместить где угодно. Для более крупных и гибридных систем географические ограничения сильнее. В передающих сетях, распределительных сетях и в домах можно использовать разные технологии.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Хранение обеспечивает решение проблемы прерывистой выработки на ВИЭ, помогая балансировать генерацию и спрос и оказывая существенную услугу сети. ²³³ Однако есть проблемы, связанные со сроком службы, утилизацией, географическими ограничениями, а также безопасностью и устойчивостью. ²³⁴ Увеличивающаяся сложность и растущий масштаб аккумуляторного хранения требуют надежного управления рисками из-за объема опасных материалов, которые обуславливают опасность электротравм и пожаров. Крупные системы хранения могут обеспечивать услугу холодного пуска в случае отключения системы, а гибридные технологии лучше всех прочих дают возможность долгосрочного и межсезонного хранения электроэнергии. Оценки показывают, что применение систем хранения потенциально может снизить общие затраты на электроснабжение в Великобритании на £2 млрд в год к 2030 г. (в зависимости от необходимости иметь гибкие решения при разных сценарных допущениях). ²³⁵ Если они будут интегрированы как можно раньше, экономия может достигать £7 млрд. в год к 2030 г. ²³⁴

²³⁰ В крупных поточных аккумуляторах идут те же электрохимические реакции, что и в традиционных и высокотемпературных аккумуляторах, но в них хранится использованный электролит под внешними резервуарами. Электролит подается на электрохимические элементы в период зарядки и разрядки, и химическая энергия превращается в электроэнергию (REA, 2016).

²³¹ Наиболее популярный способ хранения водорода – при высоких температурах в небольших количествах (резервуарах или сосудах) или крупных объемах (под землей в трубах) (REA, 2016).

²³² Расщепление воды и добавление еще одной стадии, чтобы с помощью электролизера из водорода и диоксида углерода получать метан, который можно хранить в надземных или подземных хранилищах или сразу подавать в газопровод (REA, 2016).

²³³ BEIS and Ofgem (2018). Upgrading our Energy System – Smart Systems and Flexibility Plan: Progress Update, доступно по ссылке: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/756051/ssfp-progress-update.pdf.

²³⁴ BEIS (2019). Demonstrating Innovative Energy Storage at Scale - Competition Guidance Notes, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/storage-at-scale-competition>.

²³⁵ Carbon Trust Report (2016). Can Storage help reduce the cost of a future UK electricity system? Доступно по ссылке: <https://www.carbontrust.com/media/672486/energy-storage-report.pdf>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	<p>За время, прошедшее после публикации Плана действий по умным системам и гибкости (Smart Systems and Flexibility Plan)²³⁶, были предприняты действия по изучению и совершенствованию всех аспектов²³⁷ политических и регуляторных механизмов, чтобы открыть энергетические рынки для гибких систем хранения.</p> <p>Лицензирование. Новые условия лицензирования уточняют, что операторы распределительных сетей и операторы независимых сетей распределения (DNO) не могут обеспечивать хранение без согласия Ofgem²³⁸ гарантировать их беспристрастность и непротиводействие конкуренции на рынке (им запрещено заниматься хранением в отрыве от специальных мер по обеспечению поставки энергии).</p> <p>Планирование. Для обеспечения непротиворечивости все органы планирования были проинформированы, что хранение является одним из видов генерации, и к каждой системе хранения необходим аналогичный подход.</p> <p>Присоединение к сетям и тарифы. Операторам распределительных сетей позволено провести оценку и разработать тарифы для возмещения своих затрат при присоединении к сетям вне зависимости от того, будут ли приняты их предложения.²³⁹ Руководство по присоединению к сетям можно найти в Кодексе практики для систем хранения электроэнергии.²⁴⁰ Промышленность подняла вопрос о реформировании платы за передачу, распределение и балансирование, а Ассоциация энергетических сетей разработала руководство о том, что хранение следует рассматривать как непрерывную генерацию в методологиях тарифообразования на распределение. Существует ускоренный алгоритм присоединения мелких систем хранения к сетям.</p> <p>Совместное размещение с ВИЭ. Участники схемы ВИЭ-обязательств²⁴¹ или стимулирующих тарифов могут размещать электрические мощности рядом со станциями,²⁴² аккредитованными в рамках ВИЭ-обязательств или стимулирующих тарифов без ущерба для имеющейся аккредитации.</p> <p>Балансировочный механизм. Правительство поощряет Ofgem, ESO и промышленность в плане открытия доступа к балансировочному механизму, в том числе через Европейский проект балансирования TERRE для обеспечения доступа агрегаторов, а также гибкости поставщиков,</p>

²³⁶ Этот план является частью Промышленной стратегии правительства и основным элементом работы Ofgem по обеспечению энергоперехода путем устранения барьеров на пути «умных» технологий, «умных» домов и компаний и повышения гибкости рыночных механизмов.

²³⁷ Storage treatment in legislation and licensing, planning, network charges, connection, recovery of costs, co-location with renewables, and a health and safety framework (BEIS and Ofgem, 2018). Правительство создало группу управления здоровьем и безопасностью систем хранения под руководством промышленных кругов для разработки стандартных рамочных руководств, кодексов и создания рабочих групп.

²³⁸ Ofgem – это независимый государственный регулятор рынков газа и электроэнергии.

²³⁹ Statutory instruments 2018 No. 254, The Electricity (Connection offer Expenses) Regulations 2018, доступно по ссылке: <https://www.legislation.gov.uk/ukSI/2018/254/made>.

²⁴⁰ Покрывает все виды систем хранения электрической и электромеханической энергии и их безопасное и эффективное встраивание в энергосистемы путем обеспечения общих условий и режимов работы для разных систем хранения. В целом, чем больше объем хранения, тем более сложные требования для присоединения к сети.

²⁴¹ Более подробно эти инструменты описаны в таблицах технологий выработки энергии на ВИЭ.

²⁴² В октябре 2017 г. E.ON ввел в эксплуатацию литий-ионный аккумулятор на 10 МВт на ТЭЦ на биомассе в Блэкбурн Медоуз. Он обеспечивает реакцию на требование оператора сети по экспорту или импорту электроэнергии меньше чем за 1 секунду, поддерживая тем самым частоту электрических потоков в сети на эффективном и безопасном уровне. E.ON сумел разместить аккумулятор рядом с ТЭЦ, сохранив свою аккредитацию в рамках системы RO.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>присоединенных к распределительным сетям. Это будет еще одним источником дохода для небольших систем хранения, а в перспективе снизит издержки балансирующего механизма путем повышения ликвидности на рынке.</p> <p>Тендеры. Операторы распределительных сетей запустили тендеры по гибким решениям сетевых вопросов²⁴³, которые дадут возможность найти нетрадиционные пути, такие как хранение и повышение энергоэффективности.</p> <p>Хранение и конкуренция.²⁴⁴ Существует две технологические области хранения энергии, которые рассматриваются в рамках конкуренции: статическое хранение электроэнергии и превращение электроэнергии (например, в водород, аммиак, биометан).²³⁴ В случае хранения электроэнергии целевое минимальное значение выдаваемой мощности – 30 МВт, или минимальная емкость – 50 МВт-ч.²³⁴ При этом технологии превращения электроэнергии имеют целевое минимальное значение 5 МВт. До £20 млн доступно в период между 2019 и 2021 для поддержки до трех пилотных проектов. Строительство должно быть закончено к марту 2021 г., а эксплуатационные испытания – к декабрю 2021 г.²³⁴</p> <p>Конкурс на сокращение издержек на хранение. Поддержка семи проектов, которые должны завершиться в 2021 г., включая такие технологии, как поточные аккумуляторы, системы превращения электроэнергии в газ и химические инновационные аккумуляторы.²³³</p> <p>Задача Фарадея – Правительство Великобритании выделило £246 млн на исследования, инновации и масштабирование технологий хранения энергии.</p>
Политическая ситуация	<p>В недавно проведенном исследовании на четырех общественных слушаниях в Великобритании оценивалось общественное восприятие широкого диапазона технологий хранения.²⁴⁵ Результаты показали, что ни одна из технологий не может считаться полностью приемлемой или неприемлемой. В целом, предварительные выводы таковы, что участники слушаний были незнакомы с проблемами хранения, поэтому были подняты вопросы возможной неблагоприятной реакции общества на необходимость модернизации сетей. После получения информации о различных технологиях и гибкости всей системы участники указали на множество рисков и выгоды, основные из которых связаны с аспектами безопасности, экологического воздействия и надежности и уязвимости отдельных групп. Главный вывод состоит в том, что восприятие хранения неоднозначно, и принятие концепции хранения зависит от устранения причин для беспокойства. Правительство создало группу управления здоровьем и безопасностью систем хранения под руководством промышленных кругов для разработки стандартных рамочных руководств, кодексов и создания рабочих групп.</p>

Источник: University College London. Institute for Sustainable Resources.

²⁴³ Это часть превращения операторов независимых сетей в операторов систем распределения (DSOs) для повышения эффективности управления сетями и внедрения инновационных решений.

²⁴⁴ Конкурс, спонсируемый программой инноваций в энергетике BEIS (2016-2021 гг.) в целях оказания поддержки пилотным проектам хранения энергии с помощью инновационных технологий.

²⁴⁵ Thomas, G., Deminski, C., Pidgeon, N. (2019). Deliberating the social acceptability of energy storage in the UK, *Energy Policy*, 133, доступно по ссылке: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519304860>.

5.5 Прочие ВИЭ

Основным видом возобновляемой энергетики Российской Федерации является гидроэнергетика. Выработка электрической энергии на ГЭС в 2008-2018 гг. увеличилась на 15,8%. Гидроэнергетический потенциал России составляет около 9% от мирового и обеспечивает масштабные возможности развития гидроэнергетики.

В России в 2019 г. при производстве электроэнергии доля ГЭС составила 17,4%. В 2019 г. на ГЭС выработано 194 млрд кВт-ч электроэнергии. Установленная мощность ГЭС составила 50,2 ГВт. По расчетам ЦЭНЭФ-XXI для Министерства экономического развития РФ, выработка электроэнергии на ГЭС к 2030 г. может составить 211 млрд кВт-ч, а к 2050 по разным сценариям развития энергетики – 226-300 млрд кВт-ч. Установленная мощность электростанций может составить 53,4 ГВт к 2030 г. и 58-76,4 ГВт к 2050 г.

Эра крупной гидроэнергетики началась в Советском Союзе в 1930-х годах и продолжалась до начала 1990-х. В настоящее время в России действует 102 ГЭС мощностью более 100 МВт. Российская государственная компания «РусГидро» является крупнейшим производителем гидроэлектроэнергии, которая эксплуатирует более 70 объектов, включая крупнейшую в России Саяно-Шушенскую ГЭС в Хакасии, 9 станций Волго-Камского каскада общей установленной мощностью более 10 ГВт, высокопроизводительные гидроэлектростанции на Дальнем Востоке: Бурейская ГЭС (2010 МВт) и Зейская ГЭС (1330 МВт) в Амурской области, Колымская ГЭС (900 МВт) в Магаданской области, уникальная Новосибирская ГЭС (455 МВт) в Западной Сибири, а также десятки гидроэлектростанций на Северном Кавказе, в том числе Чиркейская ГЭС (1 000 МВт).

Компания строит серию гидроэлектростанций в различных регионах России. Крупнейшей из них является Богучанская ГЭС (3 ГВт) на реке Ангара в Красноярском крае, строительство которой осуществляет ОАО «РусГидро» с объединенной компанией «РУСАЛ». В Подмосковье строится Загорская гидроаккумулирующая станция. На Северном Кавказе строятся Зарамагская ГЭС (352 МВт) в Северной Осетии, Зеленчукская ГАЭС (140 МВт) в Карачаево-Черкесии, Гочатлинская ГЭС (100 МВт) в Дагестане, а также ряд малых гидроэлектростанций. На Дальнем Востоке текущие проекты – это Усть-Среднеканская ГЭС (570 МВт) в Магаданской области и Нижне-Бурейская ГЭС (320 МВт) в Приамурье (РусГидро, 2016).

Гидроэнергетика нуждается в модернизации. ЕвроСибЭнерго объявил о программе модернизации 3х ГЭС суммарной мощностью более 14 ГВт с общим бюджетом в 200 млн долл. США на замену части оборудования на новые отечественные образцы (гидравлические части, турбины, генераторные трансформаторы и распределительные устройства).

Основными проблемами и факторами риска для развития гидроэнергетики являются длительные сроки строительства объектов гидроэнергетики, неурегулированность правового статуса водохранилищ, рост затрат на обеспечение безопасности гидротехнических сооружений при отсутствии механизма возврата инвестиций в строительство новых ГЭС.

Отрасль биоэнергетики в России представлена в основном производителями твердого биотоплива (дров, топливных пеллет и гранул). В 2019 г. производство гранул топливных (пеллет) из отходов деревопереработки составило 1,4 млн т, а брикетов топливных из отходов деревопереработки – еще 0,1 млн т, древесина топливная – 14,7 млн плотных м³. В целом потребление всех видов твердого топлива в 2018 г. составило 11,9 млн тут, или примерно 1% от суммарного потребления первичной энергии. Производство пеллет и гранул сосредоточено в Северо-Западном и Сибирском федеральных округах. Это связано с ориентацией производства на экспорт. Потенциал получения топливной древесины из отходов санитарных рубок, лесозаготовок и деревообработки составляет 200 млн м³ в год, или 53 млн тут. Добыча торфа с 2008 г. остается приблизительно на уровне 1,2 млн т.

Основным направлением его использования остается сельское хозяйство и использование в котельных.

Годовой объем сельскохозяйственных органических отходов составляет 625 млн т в год, что эквивалентно энергосодержанию 80 млн тнэ в год. Органические отходы предлагают большой потенциал для производства биогаза – 74 млрд м³, половина которого приходится на Южный и Приволжский федеральные округа. В европейской части России есть несколько районов с хорошим геотермальным потенциалом: Центральный регион; Северный Кавказ; Дагестан; в Сибири: Байкальская рифтовая зона, Красноярский край, Чукотка, Сахалин. Объем промышленных и коммунальных отходов – около 165 млн т в год.

Таблица 5.12 Биомасса и отходы. Великобритания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	Доля ВИЭ в выработке электроэнергии в 2018 г. превысила рекордные 33% (110 ГВт) из-за возросшего использования энергии ветра, солнца и биомассы. ²⁴⁶ За 2017-2018 гг. суммарная мощность генерации на ВИЭ увеличилась на 10% (4 ГВт), в основном за счет роста ветровой (2,2 ГВт) энергетики и энергетики на основе растительной биомассы (1,4 ГВт). В 2018 г. мощность биоэнергетики выросла на 24% до 7385 МВт, что составляет порядка 8,9% всех генерирующих мощностей. Спрос на возобновляемое топливо (кроме небiorазлагаемой энергии из отходов) со стороны электро- и теплоэнергетики и транспорта увеличился на 12% в 2018 г. до 22236 тыс. тнэ, из которых на долю биомассы приходится 66,3% (14742 тыс. тнэ). Рост использования растительной биомассы для производства электроэнергии и тепла, использования древесного топлива для отопления домов и биодизеля на транспорте объясняет, почему на долю биоэнергетики приходилось две трети спроса на возобновляемую энергию в 2018 г. К видам биотоплива, которое используется для производства тепла и электроэнергии, относится энергия из биоразлагаемых отходов, растительная биомасса, анаэробная переработка, животная биомасса, древесные отходы, древесина, биогаз, и свалочный газ. В 2018 г. две трети биомассы использовалось для выработки электроэнергии. В целом, объемы производства электро- и теплоэнергии на базе ВИЭ растут, но доли остаются на том же уровне: электроэнергия – от 67 до 70%. В 2018 г. три основных возобновляемых топлива для выработки электроэнергии включали растительную биомассу, биоразлагаемую энергию из отходов и свалочный газ (около 5 млн тнэ, 1,4 млн тнэ и 1,2 млн тнэ соответственно). Значительная часть растительной биомассы (в основном пеллеты) импортируется из США и Канады (82% в 2018). ²⁴⁷ В 2017-2018 годах выработка электроэнергии на основе растительной биомассы увеличилась на 3,1 ТВт-ч (15%), а на основе свалочного газа – сократилась на 0,4 ТВт-ч (7%). Суммарная доля биоэлектроэнергии составила 31,6% (34,76 ТВт-ч) всей выработки электроэнергии в 2018 г. Доля биоэнергии самая большая в топливном балансе среди всех возобновляемых источников энергии ²⁴⁸ , но во всей электроэнергии, произведенной на основе ВИЭ, доля биоэнергии составляет 31,6%, что меньше совокупной доли ветровой и солнечной энергии (63,5%).

²⁴⁶ BEIS (2019). 'Digest of UK Energy Statistics (DUKES) 2019', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2019>.

²⁴⁷ Office for National Statistics (2019). 'A burning issue: biomass is the biggest source of renewable energy consumed in the UK', доступно по ссылке: <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/articles/aburningissuebiomassisthebiggestsourceofrenewableenergyconsumedintheuk/2019-08-30>.

²⁴⁸ Это имеет отношение к энергетической ценности источника топлива, а не к реальному производству электроэнергии, а для прочих возобновляемых источников, включая фотовольтаику, ветер, гидро, волны и приливы, количество произведенной электроэнергии считается равным the output energy is considered equal to fuel inputs. Использование возобновляемых видов топлива в 2018 г. можно разбить следующим образом: биоэнергия – 66,3%, ветер – 22,0%, фотовольтаика и тепловая энергия солнца – 5,2%, геотермальная и тепловые насосы – 4,4%, гидро – 2,1%.²⁴⁶

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночные перспективы	Прогнозы Национальной энергосистемы по выработке электроэнергии из биомассы ²⁴⁹ также принимают во внимание ограниченный объем органических материалов, которые можно вырастить и переработать в Великобритании и многочисленные варианты применения ограниченных биоресурсов в различных секторах. ²⁵⁰ И то, и другое ограничивает использование биоресурсов для выработки электроэнергии, особенно после 2030 г. ²⁵⁰ Однако по результатам проведения анализа чувствительности Net Zero Национальная энергосистема предупреждает, что будет непросто достичь нулевых нетто-выбросов без технологий улавливания и хранения углерода (УХУ), способствующих использованию технологий отрицательных выбросов. Чтобы производство электроэнергии сопровождалось отрицательными выбросами углерода, к 2050 г. необходима комбинация биомассы с УХУ для ежегодной выработки 43 ТВт-ч электроэнергии к 2050 г.
Технологические затраты	Компания Drax (производящая 6% всей электроэнергии в Великобритании) перевела три свои угольные установки на пеллеты, и они в настоящее время производят электроэнергию по цене около £75/МВт-ч (оптовая цена – около £50/МВт-ч). ²⁵¹ В 2017 г. плата за неперерабатываемые отходы, взимаемая местными органами власти за сжигание муниципальных отходов с утилизацией получаемой таким образом энергии, варьировала в диапазоне £33-117 за тонну. ²⁵² Плата за отходы, доставляемые на электростанции для газификации, выше, чем для сжигания, потому что объемы меньше, а издержки больше.
Другие ключевые технологические характеристики	Большая доля потенциальной выработки электроэнергии из свалочного газа, навоза, твердых муниципальных отходов и других источников биоэнергии теряется в процессе преобразования в электроэнергию (в 2018 г. – 7,4 млн тнэ). Установки по переработке коммерческих, промышленных и муниципальных отходов используют технологию сжигания или газификации (анаэробное разложение ²⁵³). Газификация – это менее зрелая технология, требующая предварительной подготовки отходов (в том числе превращения их в топливо), и считается менее эффективной технологией по сравнению со сжиганием. Тем не менее, у биоэнергии самый высокий КИУМ (58,4%) из всех видов возобновляемой энергии, используемых в Великобритании. За ней следуют ВЭС-шельф (40,1%), гидро (33,4%), ВЭС-суша (26,4%) и СЭС (11,3%).

²⁴⁹ В сценариях развития энергетики Национальной энергосистемы биомасса определяется как «растительные или животные материалы, используемые в качестве сырья для производства энергии, тепла или в различных промышленных процессах».

²⁵⁰ National Grid Electricity System Operator – ESO (2019). ‘Future Energy Scenarios – FES’, доступно по ссылке: <http://fes.nationalgrid.com/fes-document/>.

²⁵¹ Reuters (2018). ‘Drax plans to cut costs of biomass electricity by a third’, доступно по ссылке: <https://uk.reuters.com/article/uk-drax-biomass-costs/drax-plans-to-cut-cost-of-biomass-electricity-by-a-third-idUKKBN1HR1IG>.

²⁵² Wrap (2018). ‘Comparing the costs of alternative waste treatment options’, доступно по ссылке: <http://www.wrap.org.uk/content/gate-fees-report-2018-comparing-costs-waste-treatment-options>.

²⁵³ Естественный биологический процесс превращения органического вещества, такого как коммерческие и бытовые пищевые отходы, садовые отходы и навоз, в энергию.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Инфра-структурное окружение	<p>Пеллеты – основной источник биомассы для производства электроэнергии в Великобритании; их объемы в последние годы увеличились с 0,2 млн т в 2010 г. до 7,2 млн т в 2018 г. Так же с 2010 по 2018 гг. значительно выросли объемы импорта пеллет (с 0,6 до 7,8 млн т).</p> <p>Объемы отходов, собираемых местными органами власти, включают отходы домохозяйств, отходы процесса благоустройства²⁵⁴, отходы из центра переработки бытовых отходов, мусор, сметаемый с улиц, мусор из городских парков, отходы садоводства и др. Мусор, отправляемый на свалки (500 действующих свалок в Англии и Уэльсе),²⁵⁵ включает несжигаемые отходы, а также отходы, которые трудно переработать. Данные об отходах включаются в онлайн-систему отчетности для сбора статистики. 25,6 млн т отходов было переработано местными органами власти в Великобритании в 2018/19 гг., из которых 22 млн т – отходов домохозяйств (снижение на 1,8% с 2017 г.).²⁵⁶ Значительное количество перерабатывается (9,8 млн т) или используется для производства энергии в соответствии с иерархией отходов.²⁵⁷ 11,2 млн т было отправлено на сжигание, что означает рост на 3,4% (0,4 млн т) по сравнению со значениями за 2017/18 гг., а 2,8 млн т – на свалки (сокращение на 0,5 млн т., т.е. 14,2%).</p> <p>Все технологии производства энергии из биомассы требуют биомеханической приведения сырья к виду, подходящему для выработки из него энергии.²⁵⁸ Предварительная переработка осуществляется на перегрузочных станциях, которые часто используются для складирования отходов. Для строительства новых электростанций необходимы свободные участки земли.</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Использование отходов для выработки энергии может способствовать сокращению экспорта отходов и захоронения на полигонах. Однако при сжигании отходов в целях выработки электроэнергии образуются крайне токсичные газы, включая NO, NO₂ и SO₂, которые представляют угрозу для экологии и здоровья людей. Исследования показывают, что техническое состояние установок по переработке отходов в энергию влияет на оказываемое ими экологическое воздействие: современные системы очистки газов, процессы экологического контроля, эффективные стратегии сокращения утечек способствуют поддержанию экологического баланса.²⁵⁹ Великобритании пойдет на пользу реализация этих мер, особенно для стареющего оборудования с низкими экологическими характеристиками (14% в ряде случаев²⁶⁰). Производство энергии из бытовых отходов может считаться лишь частично возобновляемым источником из-за содержания в них углерода из ископаемых видов топлива, поэтому если отходы не подвергаются предварительной обработке для отделения биофракций,</p>

²⁵⁴ Площадка для сбора бытового мусора. Оператор – местный орган власти.

²⁵⁵ Environment Agency (2019). ‘Remaining Landfill Capacity’, доступно по ссылке: <https://data.gov.uk/dataset/237825cb-dc10-4c53-8446-1bcd35614c12/remaining-landfill-capacity>.

²⁵⁶ Department for Environment Food & Rural Affairs (2019). ‘Statistics on waste managed by local authorities in England in 2018/19’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/local-authority-collected-waste-management-annual-results>.

²⁵⁷ Иерархия отходов, сформулированная в Европейской Директиве обращения с отходами (ЕС-Европейская Комиссия, 2008).

²⁵⁸ Health and Safety Executive – HSE (2020). ‘Disposal and energy recovery’, доступно по ссылке: <https://www.hse.gov.uk/waste/disposal.htm>.

²⁵⁹ Mayer, F., Bhandari, R., Gath, S. (2019). ‘Critical review on the life cycle assessment of conventional and innovative waste-to-energy technologies’, *Science of the Total Environment*. Elsevier Ltd, 673, pp. 708-721. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.449>.

²⁶⁰ Department for Environment Food & Rural Affairs (2013). ‘Incineration of Municipal Solid Waste’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/incineration-of-municipal-solid-waste>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>то производство энергии на их основе не может приравниваться к биомассе с точки зрения доступа к льготам.²⁶¹ Однако непрерывный режим работы способствует повышению безопасности и дает преимущество множественного выбора. В отличие от других возобновляемых источников, объем выбросов ПГ от сжигания биомассы на единицу выработки электроэнергии может быть выше или ниже, чем от ископаемых видов топлива, в зависимости от происхождения и вида сжигаемого топлива. В 2017 г. 15 млн т CO_{2-ЭКВ} было произведено в Великобритании на установках по сжиганию биомассы для производства электроэнергии против 4 млн т CO_{2-ЭКВ} в 2014 г. Выбросы, связанные с транспортировкой древесных пеллет из США и Канады и потенциальными последствиями для земле- и водопользования в этих странах-экспортерах, поднимают вопросы устойчивого использования биомассы в Великобритании. Расчеты показывают, что для переработки биомассы нужно 90% от того количества пресной воды, которое используется для производства первичной энергии, но на долю этого способа выработки электроэнергии приходится менее 10% совокупного производства первичной энергии.²⁶² Объем забора и потребления воды варьирует в зависимости от вида растений и условий ведения сельского хозяйства, которые включают различные виды ирригации и уровни осадков.²⁶³ Есть и не поддающиеся количественной оценке воздействия биоэнергии на запасы углерода в лесах, представляющие риски для окружающей среды. Биомасса представляет собой один из самых требовательных к воде источников энергии, так как для выращивания растений необходима ирригация.</p>
Политический климат	<p>Регуляторные требования установлены законодательными актами ЕС и Великобритании, предусматривающими ужесточающиеся требования к контролю за выбросами, эффективностью технологических процессов и рециклированием отходов. Меры политики, способствующие применению солнечной и ветровой генерации, применимы и к производству энергии из биомассы и отходов. Основными инструментами в сфере выработки энергии из отходов являются система торговли выбросами ЕС (EUTS) и Директива ЕС по сжиганию мусора, трансформировавшаяся в Директиву о промышленных выбросах. Они устанавливают минимальные требования к уровням выбросов, мониторингу, сбору отходов и обращению с ними, обязательные для всех установок. Также применяются требования Директивы ЕС по возобновляемой энергии в части устойчивой биомассы. Кроме того, применяются нижеперечисленные меры политики контроля за отходами.</p> <p>Пересмотренная политика обращения с отходами в Англии (2011). Требует, чтобы только отходы, которым нельзя найти лучшего применения, отправлялись на полигоны.</p> <p>Налог на свалки.²⁶⁴ Закон о бюджете 1996 г. является первым законодательным актом, где вводится налог на все отходы, свозимые на свалки начиная с 1 октября 1996 г., кроме ряда исключений. Есть две ставки налога по весу: с 2020 г. стандартная ставка – £94,15/т, а для инертных и неактивных отходов – £3/т.</p>

²⁶¹ Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA) (2014) 'Energy from waste a guide to the debate', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/energy-from-waste-a-guide-to-the-debate>.

²⁶² Gerbens-Leenes, P. W. *et al.* (2012). 'Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030', *Global Environmental Change*. Elsevier Ltd, 22(3), pp. 764–775. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2012.04.001.

²⁶³ Fthenakis, V. and Kim, H. C. (2010). 'Life-cycle uses of water in U.S. electricity generation', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 14(7), pp. 2039–2048. doi: 10.1016/j.rser.2010.03.008.

²⁶⁴ HM Revenue & Customs (2018) 'Landfill Tax rates', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/rates-and-allowances-landfill-tax/landfill-tax-rates-from-1-april-2013>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Местное планирование. Местные органы власти играют большую роль в принятии решений о выработке энергии на отходах на основе собственных механизмов планирования.</p> <p>Инновационная программа УХУ. С 2018 г. £24 млн может выделяться на грантовое финансирование проектов разработки более дешевых технологий улавливания, хранения и использования углерода.²⁶⁵ Среди отобранных проектов – улавливание CO₂ от сжигания 100% биомассы при выработке электроэнергии. Электростанция в Йоркшире станет первой в мире станцией с отрицательными выбросами благодаря использованию органических растворителей для отделения диоксида углерода от топливных газов, получаемых в процессе сжигания. Она сможет улавливать 1 т CO₂ в день.</p> <p>Ретроспективные меры политики:</p> <p>Схема торговли квотами на захоронение на полигонах и схемы квот на свалки (2005). Эта мера была отменена в марте 2013 г. Была призвана способствовать сокращению количества биоразлагаемых муниципальных отходов, свозимых на полигоны, экономически эффективным образом. Был организован сбор данных по отходам в помощь органам власти по обращению и мониторингу отходов.</p> <p>Ряд других мер политики, способствующих применению низкоуглеродных и ВИЭ-технологий в Великобритании, в т.ч. Инициатива по ВИЭ-теплу (о ней шла речь в материалах о производстве тепловой энергии на основе ВИЭ).</p>
Политическая ситуация	<p>По мере ужесточения требований к экспорту перерабатываемых отходов, расширения ответственности производителей и целевых показателей циркуляционной экономики Великобритания движется в сторону инвестирования в развитие технологий сортировки, разделения и переработки отходов вместо создания новой инфраструктуры захоронения. Этому могло бы способствовать создание малых ТЭЦ на отходах на уровне населенных пунктов – при условии что удастся преодолеть общественное неприятие мусоросжигательных заводов. Есть много причин, по которым люди не приемлют сжигание мусора, в т.ч. ущерб для рынка переработки и снижение качества воздуха.²⁶⁶ Также растет озабоченность в связи с возможным экспортом тонн мусора в ЕС в случае Брексита.</p>

Источник: University College London. Institute for Sustainable Resources.

²⁶⁵ BEIS (2020) ‘CCUS Innovation Programme’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/call-for-ccus-innovation>.

²⁶⁶ United Kingdom Without Incineration Network (UKWIN) ‘Why Oppose Incineration’, доступно по ссылке: <https://ukwin.org.uk/oppose-incineration/#overcapacity>.

6 НИЗКОУГЛЕРОДОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

6.1 Промышленность в целом

Промышленность России и Великобритании сравнивать сложно. Они находятся в разных весовых категориях. Если в России на промышленное потребление энергии приходится 153 млн тнэ без переработки топлива и 176 млн тнэ с учетом переработки топлива, то в Великобритании в 2017 г. в промышленности и строительстве потреблялось только 23 мтнэ. Многие энергоемкие отрасли промышленности в Великобритании по масштабам несопоставимы с российскими. Поэтому для промышленности ниже даны сопоставления по очень ограниченному набору технологий. Рассматриваются:

- обобщенные характеристики изменений энерго- и углеродоемкости промышленности (табл. 6.2 и 6.3);
- масштабы применения международного стандарта ISO 50001:2018 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по их применению»;
- масштабы и опыт использования бумажных отходов в качестве иллюстрации движения в сторону экономики замкнутого цикла.

Удельные выбросы CO₂ на единицу промышленной продукции в России в 2000-2018 гг. и в Великобритании в 1997-2017 гг. сократились практически наполовину. В Великобритании валовая добавленная стоимость в промышленности в 2017 г. только на 8% превышала уровень 1990 г., а в России индекс промышленного производства в 2017 г. оставался на уровне ниже 1990 г. После 2000 г. В России при значительном росте промышленного производства потребление энергии в промышленности не росло, а в Великобритании – снижалось. Повышение энергоэффективности стало главным фактором стабилизации или снижения потребления энергии в промышленности на фоне роста выпуска. Если в Великобритании этот процесс проходил сравнительно равномерно, то в России по схеме «*stop-and-go*». При этом фаза «*go*» наблюдалась в основном в 1998-2008 гг., а фаза «*stop*» - в 2008-2018 гг. В России до 2008 г., а в Великобритании после 1997 г. важным фактором снижения энергоемкости промышленности были структурные сдвиги. В Великобритании они были во многом связаны с переносом энергоемких производств в другие страны.

Разрыв в уровнях энергоемкости промышленности России и Великобритании составляет 7,4 раза при расчете по добавленной стоимости и 8,7 раза при расчете по валовому выпуску. Более высокая энергоемкость в России определяется сырьевой ориентацией и высокой долей энергоемких отраслей, а также наличием практически по всем промышленным технологиям значительного разрыва по уровням энергоэффективности с НДТ.

Промышленные прямые и косвенные выбросы ПГ Великобритании равны 105 млн тCO_{2экв.} в 2017 г. На долю обрабатывающей промышленности приходится 60% этих выбросов, а остальные – на производство ископаемого топлива. В России на прямые и косвенные выбросы промышленности приходится 977 млн тCO_{2экв.}

В отношении целевых ориентиров для промышленности по переходу на низкоуглеродные траектории развития к 2050 г. амбициозная целевая установка Великобритании – снизить промышленные выбросы до 10 млн тCO_{2экв.} за счет использования широкого пакета мер по снижению энергоемкости, материалоемкости, использованию водорода, технологий

улавливания и хранения углерода и др., которые суммарно обойдутся в 8 млрд фунтов в 2050 г. (в ценах 2017 г.), или 0,2% ожидаемого ВВП.²⁶⁷

Россия еще не приняла долгосрочную целевую установку по снижению выбросов. В базовом сценарии все прямые и косвенные выбросы растут с 976 млн тСО_{2экв.} до 1152 млн тСО₂ в 2050 г., а в сценарии «1,5 градуса» снижаются до 687 млн т СО_{2экв.} в 2050 г., или на 52%, при росте промышленного производства в 2,3 раза. На то, чтобы сделать российскую промышленность практически безуглеродной при таких высоких темпах роста промышленности, уйдет существенно больше времени.

Таблица 6.1 Обобщенные характеристики энерго- и углеродоемкости промышленности. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>В промышленности России в 2000-2018 гг. потребление конечной энергии имело тенденцию к медленному снижению, а с учетом отраслей ТЭК – циклически варьировало вокруг постоянного уровня. В 2000-2018 гг. энергоемкость промышленного производства снизилась на 45%, а в обрабатывающей промышленности – на 55%. Основное сокращение имело место в 2000-2008 гг. Снижение энергоемкости определило падение удельных выбросов ПГ (включая промышленные процессы) на 45%.</p> <p>Проведенный ЦЭНЭФ-XXI декомпозиционный анализ по 21 направлению использования энергии в промышленности в 2000-2018 гг. показал, что за счет повышения углеродоемкости энергии, используемой в промышленности, выбросы ПГ выросли на 16 млн тСО_{2экв.} Это дополняло рост выбросов, порождаемый увеличением объемов производства (+152 млн тСО_{2экв.}). Вклад структурного фактора (-38 млн тСО_{2экв.}) связан в основном с более динамичным ростом менее энергоемкого «прочего промышленного производства». Рост загрузки производственных мощностей имел место в основном в 2000-2008 гг. и способствовал снижению выбросов на 31 млн тСО_{2экв.} Затем влияние этого фактора ослабло. Фактор климата породил рост выбросов ПГ на 1 млн тСО_{2экв.} Самый существенный вклад внесло повышение энергоэффективности, которое нейтрализовало рост выбросов на 54 млн тСО_{2экв.} 40% российских компаний указали среди целей инвестирования повышение энергоэффективности.²⁶⁸</p>
Прогнозные оценки	<p>В базовом сценарии энергоемкость промышленности снижается к 2050 г. на 45%. Комбинация сценарных условий приводит к умеренному росту прямых выбросов СО₂ с 275 млн тСО₂ в 2018 г. до пика 290 млн тСО₂ в 2031 г. с последующим снижением до 262 млн тСО₂ к 2050 г. За счет электрификации промышленности прямые и косвенные выбросы ПГ растут с 744 млн тСО_{2экв.} до 868 млн тСО_{2экв.}, а с учетом выбросов от промышленных процессов – с 976 млн тСО_{2экв.} до 1152 млн тСО₂ в 2050 г. (рис. 6.1).</p> <p>В сценарии «1,5 градуса» полная реализация потенциала повышения энергоэффективности на всех стадиях технологических цепочек производства, меры по снижению материалоемкости, вторичному использованию материалов, внедрение новых технологий позволяют обеспечить снижение прямых выбросов СО₂ до 125 млн т СО_{2-экв.} в 2050 г. Прогресс в декарбонизации производства электрической и тепловой энергии позволяет снизить суммарную оценку прямых и косвенных выбросов до 468 млн тСО_{2-экв.} в 2050 г. С учетом выбросов в производственных процессах эмиссия ПГ промышленностью снижается до 687 млн тСО_{2экв.} в 2050 г., или на 52%, при росте промышленного производства в 2,3 раза.</p>

²⁶⁷ Committee on Climate Change. 2019. Net Zero. Technical report. May 2019.

²⁶⁸ <https://www.kommersant.ru/doc/4233369>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Затраты на реализацию технологий	Суммарные приростные капитальные вложения в низкоуглеродные технологии в обрабатывающей промышленности в 2021-2050 гг. по сценарию «1,5 градуса» по сравнению с базовым сценарием равны 3,9 трлн руб. Они окупаются в основном за счет экономии энергии и снижения вредных выбросов. Кривые стоимости экономии энергии и кривые чистой экономии энергии, равной разности приведенной стоимости экономии энергии и цены на энергоноситель, показывают, что реализация основной части мер по повышению энергоэффективности в промышленности экономически целесообразна. ²⁶⁹ Реализация мер по внедрению НУТ во всех секторах позволяет снизить суммарные капитальные вложения в добычу нефти и газа в 2021-2050 гг. на 20,7 трлн руб.
Прочие ключевые характеристики технологий	Важно иметь в виду, что в России экспорт выбросов ПГ с товарами, поступившими во внешнюю торговлю, превысил в 2017 г. 300 млн тСО _{2экв.} . Это равнозначно 41% всех выбросов ПГ промышленностью. Напротив, Великобритания импортирует выбросы с товарами в размере, превышающем 300 млн тСО _{2экв.} (см. главу 3). Рост импорта выбросов являлся важным фактором снижения территориальных выбросов промышленностью Великобритании. Этот фактор существенно влияет на соотношение углеродоемкости промышленной продукции России и Великобритании. В 2008-2018 гг. в структуре промышленной продукции России доля энергоемкой продукции оставалась практически стабильной – 70%. В прогнозе МЭР до 2036 г. не предусмотрено существенное снижение роли базовых отраслей. Таким образом, технологический фактор становится основным драйвером потенциального снижения выбросов ПГ. Он не ограничивается технологиями повышения энергоэффективности, но включает также декарбонизацию используемой энергии и технологии, позволяющие существенно снижать материалоемкость и повышать роль использования вторичных ресурсов.
Инфраструктурная среда	Использование низкоуглеродных технологий не сталкивается с заметными инфраструктурными ограничениями. Одним из ограничений их масштабирования может считаться ограниченный санкциями доступ к кредитным ресурсам зарубежных финансовых институтов. Для наращивания использования вторичных материалов необходимо развивать инфраструктуру по их сбору и утилизации.
Экологические, экономические и социальные эффекты	Основной инструмент промышленной экологической политики в российской промышленности – переход на НДТ и новую систему экологических разрешений. Этой системой регулирования будет охвачено 7-7,5 тыс. предприятий промышленности. Значительная часть обязательств по снижению вредных выбросов может быть выполнена за счет перехода на НУТ. Оценки ЦЭНЭФ-XXI для России показали, что снижение выбросов ПГ на 100 тСО _{2экв.} дает дополнительное снижение выбросов загрязняющих веществ на 1,1 т. Для мира в целом эта пропорция равна 100 тСО _{2экв.} к 1,6 т загрязняющих веществ. Она выше из-за более высокой доли угля в мировом энергобалансе и высокой доли выбросов от сжигания биомассы в жилых помещениях в развивающихся странах. ²⁷⁰

²⁶⁹ Башмаков И.А. (2013). Формирование согласованных сценарных условий социально-экономического развития России по низкоуглеродным траекториям до середины XXI века. – Москва: ЦЭНЭФ, 2013 г.

²⁷⁰ IEA (2016). Energy and air pollution. OECD/IEA.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>Повышение энергоэффективности и снижение углеродоемкости существенно смягчает риск снижения конкурентоспособности российских товаров и услуг и риск возможного введения таможенных барьеров на ввоз товаров с высоким «углеродным следом». Тем самым повышаются ниши для российской промышленной продукции как на внешних, так и на внутренних рынках, а значит, и сохранение занятости и возможности повышения доходов по мере роста производительности труда.</p>
<p>Меры политики</p>	<p>Отдельные отраслевые стратегии, например, «Стратегия развития черной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года», «Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года», «Стратегия развития лесного комплекса на период до 2030 года», содержат индикаторы повышения энергоэффективности.</p> <p>Россия приступила к использованию нового механизма экологического регулирования и промышленной политики – внедрению НДТ. Определенные в справочниках показатели энергоэффективности не являются обязательными. В процессе перехода к технологическому нормированию углеродное регулирование отделено от регулирования выбросов загрязняющих веществ.</p> <p>Реализуется очень ограниченный набор фискальных мер. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 17.06.2015 № 600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности» для таких технологий предоставляется инвестиционный налоговый кредит. Проект закона «О госрегулировании выбросов парниковых газов» предполагает введение обязательной отчетности крупных компаний по выбросам ПГ.</p>
<p>Политические условия</p>	<p>Мировые рынки требуют движения в низкоуглеродном направлении. Российскими компаниями уже начат маркетинг низкоуглеродных брендов, например, бренд ALLOW OK «РУСАЛ». Некоторые крупные компании на добровольной основе приступили к реализации проектов в лесном секторе. РУСАЛ реализует большой проект в Красноярском крае.²⁷¹ Аналогичная инициатива принадлежит компании S7 Airlines.²⁷²</p> <p>25 российских компаний участвовали в международном климатическом рейтинге по версии CDP в 2019 г. По его итогам Архангельский ЦБК первым из российских компаний получил оценку «А-». В 2019 г. свои рейтинги улучшили также «РУСАЛ», «Роснефть» и «Ростелеком».²⁷³</p> <p>АО «Архангельский ЦБК» в 2018 г. принял стратегию низкоуглеродного развития, нацеленную на сокращение выбросов ПГ на 55% по сравнению с базовым 1990 г.²⁷⁴ АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» в 2002-2017 гг. сократил удельные выбросы CO₂ в 2 раза: с 1651 кг/т бумаги до 823 кг/т. Группа «ФосАгро-Череповец» (один из ведущих мировых производителей фосфорсодержащих удобрений) за счет использования вторичных энергоресурсов предотвратила эмиссию в объеме 600 тыс. т CO₂.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

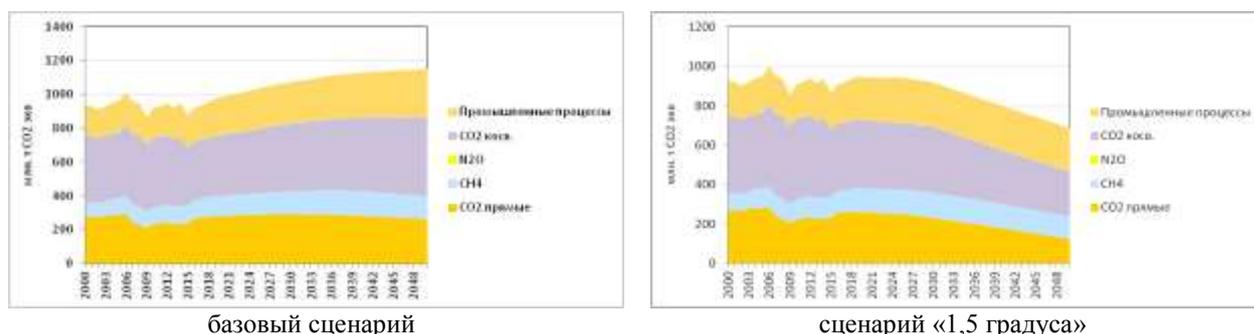
²⁷¹ <http://newslab.ru/news/899905>.

²⁷² <https://www.s7.ru/ru/about/news/s7-airlines-zavershila-sbor-sredstv-na-posadku-1-000-000-derev-v-sibiri/>.

²⁷³ <https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores>.

²⁷⁴ <https://www.appm.ru/press-center/atsbk-prinyal-strategiyu-nizkouglerodnogo-razvitiya-do-2030-g/>.

Рисунок 6.1 **Динамика прямых и косвенных выбросов всех ПГ в промышленности**



Источник: Прямые выбросы 2000-2017 гг. – Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. Москва, 2019. Косвенные выбросы и прогнозные оценки до 2050 г. – ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 6.2 **Обобщенные характеристики энерго- и углеродоемкости промышленности. Великобритания**

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Энергоемкость промышленности Великобритании в 1990-2107 гг. сократилась с 9,9 до 2,9 ТДж/млн фунтов (валовой добавленной стоимости). В обрабатывающей промышленности за этот же период она снизилась с 16 до 9,3 ТДж/млн фунтов. ²⁷⁵ В 1990-2017 гг. выпуск в промышленности и строительстве оставался стабильным ²⁷⁶ , тогда как потребление энергии упало с 37,7 до 22,7 мтнэ, что привело к снижению удельного расхода на единицу выпуска с 355 до 223 кгнэ, или на 39%. ²⁷⁷ В 1997-2017 гг. удельные выбросы CO ² в промышленности Великобритании сократились почти наполовину: с 0,51 до 0,27 тыс. тCO ₂ /млн фунтов. В обрабатывающей промышленности этот показатель снизился с 0,75 до 0,45 тыс. тCO ₂ /млн фунтов. ²⁷⁸
Прогнозные оценки	При сохранении текущей политики и при допущениях о ценах на энергоресурсы и прочих факторах ожидается, что потребление конечной энергии в промышленности упадет на 19% в 2017-2035 гг. при снижении выпуска промышленной продукции на 2,5% к 2030 г. ²⁷⁹ Выбросы CO ₂ будут также снижаться за счет электрификации и повышения доли низкоуглеродных источников энергии.
Затраты на реализацию технологий	Энергоемкость и углеродоемкость промышленности не является (и не определяется) изменением какой-то отдельной технологии. Она подвержена влиянию изменения многих технологических, организационных и поведенческих факторов, которые заметно меняются как во времени, так и в применении в существенно различающихся подотраслях. Поэтому на агрегированном уровне сложно оценить стоимость снижения энергоемкости и углеродоемкости до заданного уровня.

²⁷⁵ ONS (2019) Energy Use: by industry reallocated to final consumer and energy intensity, Office for National Statistics, London.

²⁷⁶ Динамика выпуска в обрабатывающей промышленности оценена на основе индекса производства, а динамика выпуска в строительстве – на основе валовой добавленной стоимости.

²⁷⁷ BEIS (2019) Energy Consumption in the UK (ECUK); Energy Intensity Tables, Department for Business, Energy & Industrial Strategy, London.

²⁷⁸ ONS (2019) Carbon dioxide emissions intensity by industry, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/datasets/carbondioxideemissionsintensitybyindustry> [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

²⁷⁹ BEIS (2019) Updated Energy and Emissions Projections 2018, Department for Business, Energy & Industrial Strategy, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Прочие ключевые характеристики технологий	Хотя в обрабатывающей и тяжелой промышленности энергоемкость и углеродоемкость существенно снизились, в целом происходил структурный сдвиг в экономике Великобритании от энергоемкой промышленности в направлении «знание-емкой» сферы услуг: финансы, профессиональные услуги, цифровые технологии. Этот сдвиг только отчасти порождался глобализацией и переносом части производств в страны с низкой заработной платой, а отчасти – реальным ростом объемов предоставляемых услуг. ²⁸⁰
Инфраструктурная среда	Применение определенных технологий может потребовать создания необходимой инфраструктуры на уровне подсекторов или отдельных проектов.
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Снижение потребления энергии и выбросов ПГ в значительной степени явилось итогом сдвига в сторону услуг. Нет оснований для допущения о том, что вклад тяжелой промышленности в снижение выбросов ПГ достигался за счет значительных (или вообще – за счет приростных) затрат, связанных с реализацией механизмов, применявшихся для достижения этих целей.</p> <p>Например, при вводе климатического платежа (CCL) были на 0,3% снижены ставки социальных начислений, чтобы сделать введение платежа налогово-нейтральным для промышленности в целом (анализ показал, что бюджет потерял часть доходов). Это было выгодно для тяжелой промышленности (с ограниченным числом занятых), заключение Климатических соглашений позволяло получить заметную скидку по ставкам углеродного платежа. Анализ показал, что цели Климатических соглашений достигались сравнительно легко для многих секторов, стимулируя применение НДТ и схем энергоменеджмента с получением экономических эффектов, которые часто превышали понесенные затраты.²⁸¹ Европейская промышленность получила более 24 млрд евро «принесенных ветром» прибылей за счет бесплатного выделения квот на выбросы ПГ в рамках ЕСТ ЕС в 2008-2014 гг., большая часть из которых пришлась на Германию, Великобританию, Испанию, Францию и Италию).²⁸² Анализ также показал, что не было «утечки углерода»²⁸³ из ЕСТ.²⁸⁴</p>
Меры политики	<p>В промышленности Великобритании применяется набор мер политики по снижению энергоемкости и углеродоемкости. Среди них главными инструментами являются:</p> <p>Климатический платеж и Климатические соглашения (<i>Climate Change Levy (CCL) & Climate Change Agreements (CCAs)</i>) введены в 2001 г. Климатический платеж – это налог на энергию (электроэнергию, газ и твердые топлива)²⁸⁵ для британских потребителей (за исключением</p>

²⁸⁰ BIS (2012) *Industrial Strategy: UK Sector Analysis*, UK Department for Business, Innovation & Skills, London.

²⁸¹ HoC (2008). *Reducing Carbon Emissions from UK Business: The role of the Climate Change Levy and Agreements*, House of Commons Environmental Audit Committee, London.

²⁸² Carbon Market Watch (2016). *Industry windfall profits from Europe's carbon market*, Carbon Market Watch.

²⁸³ Явление, которое заключается в перемещении углеродоемких производств из юрисдикции с относительно высокой (из-за мер политики) стоимостью выбросов в юрисдикции, где она ниже или равна нулю.

²⁸⁴ Dechezlepretre, A., Gennaioli, C., Martin, R., Muuls, M., Stoerk, T. (2019). *Searching for carbon leaks in multinational companies*, Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 187, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London.

²⁸⁵ Ставки с 1 апреля 2019г. до 31 марта 2020 г.: электроэнергия = £0,00847/кВт-ч; газ = £0,00339/кВт-ч; сжиженный природный газ = 0,02175/кг; прочие = £0,02653/кг.²⁸⁷

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>населения), введенный для стимулирования повышения энергоэффективности и снижения выбросов CO₂.²⁸⁶ Энергоемкий бизнес может заключить Климатическое соглашение, что дает основания для существенного дисконта по ставке Климатического платежа (от 77% для СНГ до 92% по электроэнергии), если достигаются согласованные цели по снижению выбросов.²⁸⁷ Как ставки Климатического платежа, так и размеры скидок увеличены в 2019 г. после отмены CRC Energy Efficiency Scheme в 2019 г.²⁸⁸</p> <p>Схема ускоренной амортизации (<i>Enhanced Capital Allowance, ECA</i>) была введена в 2001 г. Она дает возможность бизнесу списать 100% стоимости установок или оборудования, включенного в специальный список (the Energy Technology List, ETL)²⁸⁹ в том же году, когда средства были инвестированы, в пределах £200 тыс. в год, а за пределами этой суммы – еще 8-18% в зависимости от технологии. Действие этой схемы заканчивается в апреле 2020 г.²⁹⁰</p> <p>Европейская система торговли квотами (<i>EU Emissions Trading System, EU ETS</i>) введена в 2005 г. и распространяется на весь ЕС в применении в основном к прямым выбросам от секторов электроэнергетики и промышленности, включая промышленные процессы. С 2013 г. действует Фаза III, которая заканчивается в 2020 г. Суммарные выбросы снизятся на 21% по сравнению с 2005 г., когда ECT была запущена. К 2030 г. выбросы снизятся на 43%.²⁹¹ Цена на углерод существенно варьировала: в 2008 г. она составила €30/тCO₂, а в 2013 г. - €3/тCO₂. С конца 2011 г. до начала 2018 г. цена оставалась ниже €10/тCO₂, а в конце января 2020 г. достигла €25/тCO₂.²⁹²</p> <p>Однако с момента запуска ECT промышленность получила квоты на выбросы бесплатно. В Фазе I (2005-2008) квоты для электроэнергетики и промышленности распределялись бесплатно. С начала Фазы III обрабатывающая промышленность получила 80% квот бесплатно, и эта доля снизилась до 30% к 2020 г., когда квоты стали распределяться</p>

²⁸⁶ GOV.UK (2020). *Environmental taxes, reliefs and schemes for businesses*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/green-taxes-and-reliefs/climate-change-levy> [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

²⁸⁷ GOV.UK (2020). *Climate Change Levy Rates*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/climate-change-levy-rates> [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

²⁸⁸ Схема *The CRC Energy Efficiency Scheme* была разработана для повышения энергоэффективности и сокращения выбросов CO₂ у крупных потребителей энергии в результате применения ставки углеродного налога £12/тCO₂ для всех потребителей энергии, не охваченных ни EU ETS, ни CCA (источник: GOV.UK (2019). *CRC Energy Efficiency Scheme: qualification and registration*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/crc-energy-efficiency-scheme-qualification-and-registration#page-navigation> [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

²⁸⁹ ETL (или Список продукции энергетических технологий, ETPL) – это список энергоэффективного оборудования, который ведет правительство (в т.ч. котлы, электродвигатели, системы кондиционирования воздуха, рефрижераторы), подпадающего под полное освобождение от налога в рамках ECA. Продукция в списке должна отвечать определенным критериям энергоэффективности. Правительство ежегодно пересматривает список технологий и продукции, не облагаемых налогом.

²⁹⁰ GOV.UK (2018). *Capital allowance: Ending enhanced allowances for energy and water efficient plant and machinery*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/ending-enhanced-capital-allowances-for-energy-and-water-efficient-plant-and-machinery/capital-allowances-ending-enhanced-allowances-for-energy-and-water-efficient-plant-and-machinery> [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

²⁹¹ ЕС (2020). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

²⁹² Sandbag (2020). *Carbon Price Viewer*, [Online] Доступно по ссылке: <https://sandbag.org.uk/carbon-price-viewer/> [Дата обращения: 21 января 2020 г.]

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>на основе бенчмаркинга.²⁹³ Промышленные установки, подверженные риску «утечки»,²⁹⁴ могут получить до 100% квот бесплатно.²⁹⁵ На них приходится 98% выбросов промышленностью ЕС в рамках схемы ЕСТ. Для Фазы IV (2021-2030 гг.) эта доля снизится до 94%.²⁹⁶ В 2005-2018 гг. верифицированные выбросы ПГ, охваченные источниками ЕСТ, для промышленных установок Великобритании снизились с 39347 до 37741 тыс. тСО_{2экв.}, или на 4%.²⁹⁷</p> <p>Директива по промышленным выбросам (<i>Industrial Emissions Directive, IED</i>) принята в 2010 г. и является основным инструментом регулирования вредных выбросов от промышленных установок. Она требует, чтобы с января 2013 г. достижение параметров НДТ (BAT) в разных секторах промышленности являлось условием выдачи экологических разрешений. В Великобритании эта схема реализована с 2010 г. как Регулирование экологических разрешений (<i>the Environmental Permitting Regulations 2010</i> с последующими дополнениями). Требуется доказательство соответствия НДТ по энергоэффективности, определенных в последних справочниках ЕС в отношении проектирования и функционирования установок, или наличие сертификата энергоменеджмента в соответствии с ISO 50001 (<i>см. таблицу по ISO 50001</i>).²⁹⁸</p> <p>Схема выявления возможностей экономии энергии (<i>Energy Savings Opportunity Scheme (ESOS)</i>). Статья 8 Директивы по энергоэффективности ЕС 2012 года (EED) требует от стран-членов ЕС ввести требование о проведении не реже 1 раза в 4 года высококачественного экономически целесообразного энергоаудита для крупных предприятий²⁹⁹ со сроком проведения первого не позднее 5 декабря 2015 г. В Великобритании это требование оформлено законодательно. Правительство подготовило руководство по проведению таких обследований, результаты которых для первой фазы должны были быть представлены до 5 декабря 2015 г., а второй – до 5 декабря 2019 г. Требование считается выполненным автоматически, если не менее 90% энергопотребления организации охвачено применением других механизмов, требующих проведения энергоаудита, такими как</p>

²⁹³ «Бенчмарки» для каждого вида промышленной продукции основаны на среднем уровне выбросов ПГ лучших 10% установок, производящих эту продукцию в ЕС. Установки, соответствующие этим бенчмаркам, получают квоты бесплатно. Те, которые не отвечают бенчмаркам, получают пропорционально меньше. (Источник: ЕС (2020)э *Allocation to industrial installations*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/industrial_en [Дата обращения: 21 января 2020 г.].)

²⁹⁴ Сектор или подсектор считаются находящимися в зоне значительного риска по утечкам углерода (в основном) если прямые и косвенные затраты, связанные с реализацией Директивы, повысят не менее чем на 5% издержки производства, рассчитанные как доля от добавленной стоимости; и если интенсивность торговли в этом секторе со странами, не входящими в ЕС (импорт и экспорт) составляет более 10%.

²⁹⁵ ЕС (2020). *Carbon leakage*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_en [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

²⁹⁶ ЕС (2019). *Adoption of the Delegated Decision on the carbon leakage list for 2021-2030*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/clima/news/adoption-delegated-decision-carbon-leakage-list-2021-2030_en [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

²⁹⁷ ЕЕА (2019). *Emissions Trading System (ETS) data viewer*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

²⁹⁸ GOV.UK (2020) *Energy efficiency standards for industrial plants to get environmental permits*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/energy-efficiency-standards-for-industrial-plants-to-get-environmental-permits> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

²⁹⁹ Это применимо к компаниям, которые имеют либо не менее 250 сотрудников, либо годовой оборот свыше €50 млн и годовой баланс свыше €43 млн.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>сертифицированная система менеджмента ISO 50001 (см. таблицу по ISO 50001).³⁰⁰</p> <p>Различные аспекты мер политики влияют на цены на энергию (особенно на электроэнергию), уплачиваемые промышленностью Великобритании, что стимулирует повышение эффективности использования энергии/ электроэнергии. Например, затраты, связанные с участием в ЕСТ (см. выше), и оплату введенного в Великобритании <i>Carbon Price Floor (CPF)</i>³⁰¹ переносят на потребителей через оптовые цены. Затраты на субсидирование развития ВИЭ также переносятся от производителей на потребителей. Кроме того, затраты на сетевое хозяйство в Великобритании довольно равномерно распределены между разными группами потребителей (от домохозяйств до промышленности). Все вместе это дает цены на электроэнергию, превышающие цены у основных конкурентов в других странах ЕС, где затраты на содержание сетей и развитие ВИЭ перекладываются в основном на домохозяйства (с дополнительными льготами для промышленности), плюс цена углерода в цене электроэнергии в ЕСТ. Однако для энергоемкой промышленности и промышленности, уязвимой к внешней конкуренции Trade Exposed (ITE),³⁰² предоставляются компенсации. С их учетом средние цены на электроэнергию в стране снижаются до средних по ЕС.³⁰³</p>
Политические условия	<p>В последние годы были приняты различные политические целевые установки и обязательства в отношении декарбонизации и повышения энергоэффективности в промышленности Великобритании. Они включают цель по повышению энергоэффективности не менее чем на 20% к 2030 г. в рамках Стратегии чистого развития 2017 (2017 Clean Growth Strategy).³⁰⁴</p> <p>Тем не менее, эта цель и методы ее достижения были заявлены в зависимости от результатов независимого «Обзора стоимости энергии» («Cost of Energy Review»), также опубликованного в 2017 г., для которого первым пунктом задания было заявление, что «правительство Великобритании стремится к достижению самых низких энергозатрат в Европе как для домашних хозяйств, так и для бизнеса».³⁰⁵ С тех пор правительство все еще не определило, должна ли эта цель быть принята, и как ее достичь.³⁰⁶</p>

Источник: University College London.

³⁰⁰ GOV.UK (2020) *ESOS*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/energy-savings-opportunity-scheme-esos> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

³⁰¹ Нижний предел цены на углерод (Carbon Price Floor, CPF) – это мера политики в поддержку Европейской Системы торговли выбросами (EU ETS). CPF был введен 1 апреля 2013 г. в обоснование уровня цены на углерод, способствующего инвестициям в низкоуглеродные технологии. CPF должен был повышаться ежегодно до 2020 г. (до уровня £30/тCO₂). Однако ставка, уплачиваемая в дополнение к цене EU ETS, оставалась фиксированной на уровне £18/тCO₂ с 2016 до 2021 года для смягчения конкурентной уязвимости компаний и сокращения счетов за энергию для потребителей (источник: Hirst & Keep (2018). *Carbon Price Floor (CPF) and the price support mechanism*, Commons Briefing Paper SN05927).

³⁰² Electricity costs at or above a proportion of Gross Value Added (GVA), and trade with third countries at or above a proportion of trade within the EU market, in the following combinations: 10% and 10%, 20% and 4%, and 7% and 8%.

³⁰³ Grubb, M. and Drummond, P. (2018). *UK Industrial Electricity Prices: Competitiveness in a Low Carbon World*, University College London, London.

³⁰⁴ HM Government (2017). *The Clean Growth Strategy: Leading the way to a low carbon future*, HM Government, London.

³⁰⁵ UK.GOV (2017). *Cost of energy: independent review*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/cost-of-energy-independent-review> [Дата обращения: 22 января 2020 г.].

³⁰⁶ CCC (2019). *Reducing UK emissions: 2019 Progress Report to Parliament*, Committee on Climate Change, London.

6.2 Масштабы и опыт применения международного стандарта ISO 50001:2018 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению»

Цель стандарта ISO 50001:2018 – дать возможность предприятиям и организациям создать системы и процессы, необходимые для постоянного улучшения энергетических характеристик и показателей производства, транспорта и потребления энергии. Этот нормативный документ устанавливает конкретные требования к системе энергетического менеджмента (СЭнМ) организации. Стандарт ISO 50001:2018 применим ко всем типам предприятий и организаций независимо от объема и вида выпускаемой продукции, числа работающих и отраслевой принадлежности. Помимо этого стандарт ISO 50001:2018 можно использовать при проектировании, реконструкции, модернизации и капитальном ремонте зданий, инженерных сетей и источников энергоснабжения. Этот документ не содержит заранее установленных критериев энергетической эффективности, а только устанавливает требования к СЭнМ организации.³⁰⁷

Стандарт ISO 50001:2018 позволяет решать следующие задачи:

1. Создание основы для интеграции энергоэффективности в практику управления предприятиями и организациями для более эффективного использования существующих энергетических активов.
2. Измерение, верификация, прогноз и документация энергетических характеристик и показателей, а также оценка воздействия на окружающую среду.
3. Разработка ключевых показателей эффективности (КПЭ) для оценки деятельности предприятий и организаций по сокращению нерационального расхода топливно-энергетических ресурсов (электроэнергия, тепловая энергия, топливо) и воды.
4. Сокращение затрат на оплату потребляемых энергетических ресурсов и воды при осуществлении функциональной деятельности предприятий и организаций.
5. Оценка приоритетности внедрения энергоэффективных технологий, процессов и оборудования на предприятиях и организациях.
6. Улучшение имиджа и привлекательности предприятий и организаций для потенциальных инвесторов.

В России разработан пакет нормативных документов, совместимых со стандартом ISO 50001:2018.³⁰⁸ Основные показатели (метрики) применения стандарта ISO 50001:2018 в российских компаниях представлены в табл. 6.3.

³⁰⁷ Справочно: Система энергетического менеджмента включает постановку целей и задач, а также разработку энергетической политики и конкретных направлений деятельности, относящихся к энергетической эффективности организации.

³⁰⁸ ГОСТ Р 57912-2017 «Системы энергетического менеджмента. Измерение энергетических результатов на основе энергетических базовых линий и показателей энергетических результатов. Основные принципы и руководство»; ГОСТ Р 57576-2017 «Системы энергетического менеджмента. Аудит энергетический. Требования и руководство по применению»; ГОСТ Р 57913-2017 «Системы энергетического менеджмента. Измерение и верификация энергетических результатов организаций. Основные принципы и руководство»; ГОСТ Р 57934-2017 «Системы энергетического менеджмента. Руководство по внедрению, поддержке и улучшению системы энергетического менеджмента»; ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» (далее – ГОСТ Р ИСО 50001-2012).

Таблица 6.3 Технология: внедрение и сертификация систем энергетического менеджмента. Россия

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	В 2011-2017 гг. 250 крупных промышленных компаний России внедрили и сертифицировали системы энергоменеджмента на основе требований стандарта ISO 50001:2018, в т.ч. ПАО «Транснефть»; ПАО «Роснефть»; ПАО «Сургутнефтегаз»; ПАО «Лукойл»; ПАО «СИБУР Холдинг»; Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»; ПАО «Газпром нефть»; ОАО «РЖД». ³⁰⁹ В 2014-2017 гг. доля компаний ТЭК, внедривших СЭнМ, выросла с 36% до 55%, а в других отраслях – с 3% до 15%. ³¹⁰
Рыночные перспективы	Прогнозы по внедрению систем энергетического менеджмента по ГОСТ Р ИСО 50001-2012 и стандарту ISO 50001:2018 в Российской Федерации отсутствуют. Если опираться на среднегодовые приросты в 2014-2017 гг., то можно ожидать выхода на полный охват крупных компаний к 2030 г., а всех компаний – ближе к 2050 г.
Технологические затраты	<p>Основные затраты на внедрение и сертификацию СЭнМ в российских компаниях приходятся на энергетические обследования, разработку программ повышения энергоэффективности и реализацию мероприятий. Затраты на каждый из этих этапов существенно различаются в зависимости от объемов потребления ТЭР, числа занятых и сложности технологических процессов. В 2011-2017 гг. затраты на внедрение и сертификацию СЭнМ составляли:</p> <ul style="list-style-type: none"> • комплексное внедрение и сертификация СЭнМ с реализацией краткосрочных и среднесрочных мероприятий: 9-35 млн руб.; • внедрение отдельных элементов СЭнМ (энергетическое обследование, разработка стандартов, обучение персонала) без реализации мероприятий: 0,8-6 млн руб.
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Реализация действующего стандарта ISO 50001:2018 и российского стандарта ГОСТ Р ИСО 50001-2012 является добровольной. Для сертифицирования СЭнМ российские компании и предприятия, помимо вышеперечисленных стандартов, должны выполнять требования следующих нормативных документов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ Р 57912-2017 «Системы энергетического менеджмента. Измерение энергетических результатов на основе энергетических базовых линий и показателей энергетических результатов. Основные принципы и руководство». • ГОСТ Р 57576-2017 «Системы энергетического менеджмента. Аудит энергетический. Требования и руководство по применению». • ГОСТ Р 57913-2017 «Системы энергетического менеджмента. Измерение и верификация энергетических результатов организаций. Основные принципы и руководство». • ГОСТ Р 57934-2017 «Системы энергетического менеджмента. Руководство по внедрению, поддержке и улучшению системы энергетического менеджмента».

³⁰⁹ Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2017 году.

³¹⁰ Минэнерго России <http://centr-sr.com/>, ФГБУ «РЭА» <http://rosenergo.gov.ru/>.

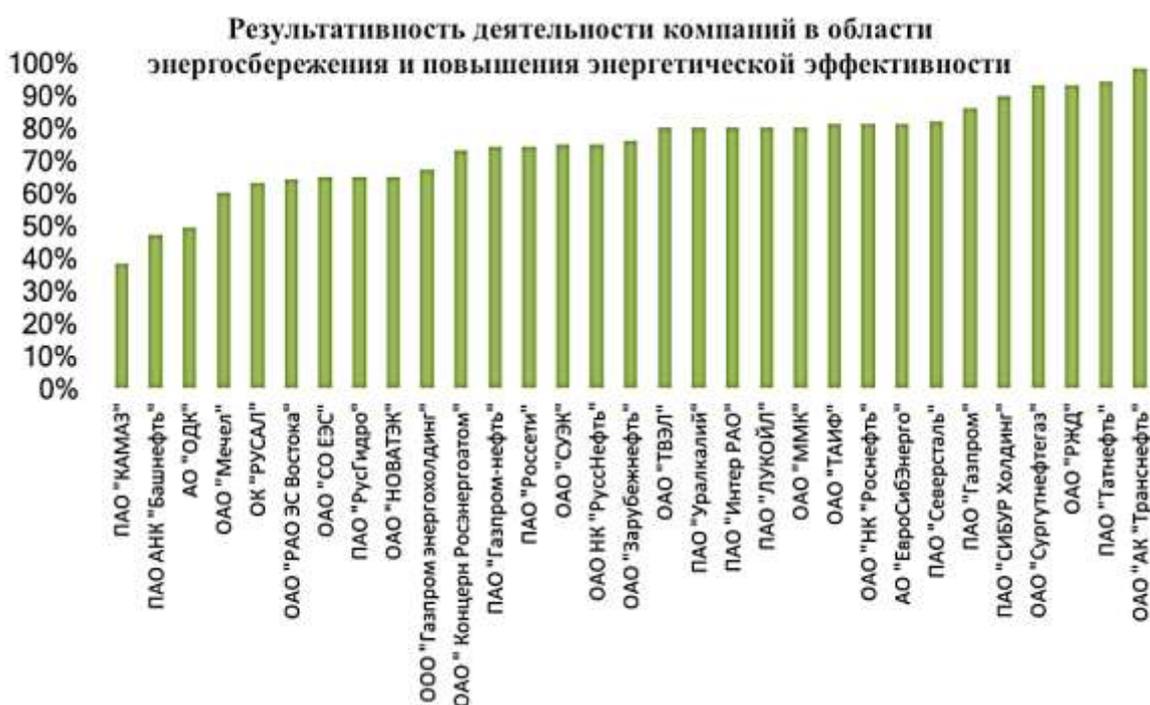
Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Инфраструктурное окружение	Стандарт ISO 50001:2018 и ГОСТ Р ИСО 50001-2012 применимы ко всем типам предприятий. Стандарты ISO 50001:2018 и ГОСТ Р ИСО 50001-2012 можно применять при проектировании, реконструкции, модернизации и капитальном ремонте зданий, инженерных сетей и источников энергоснабжения. Для внедрения и сертификации системы энергетического менеджмента на основе стандартов ISO 50001:2018 и ГОСТ Р ИСО 50001-2012 не существует каких-либо требований к инфраструктуре.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Во всех компаниях, внедривших систему энергетического менеджмента, разработаны энергетическая политика, программа энергосбережения, ключевые показатели эффективности, а также стандарты по энергосбережению и СЭнМ. В 70% компаний разработаны методики оценки эффективности мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности. Анализ показал, что внедрение СЭнМ приводит к сокращению расходов на энергию в среднем на 6-8%. ³¹¹ Снижение издержек позволяет повысить их конкурентоспособность, сохранить или расширить рыночные ниши, поддерживать или увеличивать занятость, снижать вредные выбросы и выбросы ПГ.
Политический климат	<p>Основными факторами, затрудняющими внедрение системы энергетического менеджмента российскими компаниями на основе стандарта ISO 50001:2018, являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> • несовершенство методической базы для обоснования энергетической и экономической эффективности внедрения СЭнМ, следствием чего является недостаточность финансирования СЭнМ и мероприятий по повышению энергетической эффективности; • недостаточно высокий уровень осведомленности о результативности и эффективности систем энергоменеджмента среди руководства и персонала российских компаний, в т.ч. о лучших практиках и методах разработки и внедрения систем энергоменеджмента; • добровольность внедрения СЭнМ при недостатке мотивации.
Политическая ситуация	<p>В 2011-2017 гг. в Государственном докладе о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации приводились данные о количестве компаний и предприятий, внедривших и сертифицировавших СЭнМ, а также были представлены данные о результативности и эффективности внедрения СЭнМ. На федеральном уровне ФГБУ «РЭА» разрабатывает отраслевые профессиональные стандарты, методические рекомендации и пакеты документов для внедрения СЭнМ. Периодически осуществляется мониторинг и проводятся специальные исследования результативности и эффективности внедрения СЭнМ на основе стандартов ISO 50001:2018 и ГОСТ Р ИСО 50001-2012.</p> <p>В 2018 г. на базе Минэнерго России и ФГБУ «РЭА» создан специальный Технический комитет по стандартизации «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент» (ТК 039). В планах работы ТК 039 на 2019-2020 гг. – разработка 24 национальных стандартов (ГОСТ Р) по системам энергетического менеджмента, а также по энергоэффективности энергетического оборудования, установок и осветительных приборов. В целом, можно констатировать, что в Российской Федерации на государственном уровне имеется нормативная, методологическая и аналитическая поддержка внедрения и сертификации СЭнМ.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

³¹¹ Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2014 году.

Для каждой сертифицированной компании экспертным методом проводилась оценка результативности³¹² и эффективности³¹³ внедрения системы энергетического менеджмента (рис. 6.2) по таким критериям, как экономия ТЭР; доля затрат на внедрение СЭнМ от суммарных затрат на ТЭР; снижение доли затрат на ТЭР в себестоимости продукции после внедрения СЭнМ (по сравнению с базовым годом). Когда в компаниях проводились энергетические обследования и реализовывались только малозатратные мероприятия, результативность внедрения СЭнМ была в пределах 40-67%. Когда же определялись ключевые показатели энергоэффективности, проводилось обучение работающих, осуществлялась пропаганда энергосбережения, назначались ответственные за энерго-сбережение, а также реализовывались более затратные мероприятия, результативность внедрения СЭнМ достигала 67-90%.

Рисунок 6.2 Сводная оценка результативности внедрения системы энергетического менеджмента в российских компаниях



Источник: Минэнерго России <http://centr-sr.com/>, ФГБУ «РЭА» <http://rosenergo.gov.ru/>.

³¹² Справочно: результативность (effectiveness) – степень, в которой реализована запланированная деятельность и достигнуты запланированные результаты. Результативность отражает степень достижения поставленных целей в результате внедрения СЭнМ.

³¹³ Справочно: эффективность (efficiency) – соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Эффективность отражает энергетический и экономический эффект (в натуральном и денежном выражении) от использования ресурсов, обеспечивших достижение целей СЭнМ.

Таблица 6.4 Технология: внедрение и сертификация систем энергетического менеджмента. Великобритания

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	Количество сертификатов ISO 50001 и объектов, на которые распространяются такие сертификаты, значительно выросло в Великобритании с момента его выпуска в 2011 году. В 2012 г. 136 сертификатов были применены к 125 отдельным объектам. К 2018 г. число сертификатов выросло до 1153, применимых к 3111 объектам. Эти значения остаются неизменными как доля от общемирового значения, которая составляет примерно 6-7% для каждой страны. В 2018 г. большая доля сертификатов была только у Китая и Германии, а более высокая доля сертифицированных объектов была выше только в Германии, Франции, Италии и Испании. ³¹⁴
Рыночные перспективы	Прогнозы по будущему числу сертификатов ISO 50001 в Великобритании отсутствуют. Однако, в соответствии с первым периодом соответствия ESOS (подробнее написано ниже), количество сертификатов ISO 50001 увеличилось почти в четыре раза в 2015 г. (с 376 в 2014 г до 1464 в 2015 г.). Количество сертификатов выросло более, чем вдвое в 2018 г., и скорее всего, продолжит расти в 2019 г. по мере приближения второго крайнего срока в декабре 2019 г. (но подобные данные пока что отсутствуют). Поскольку относительно немногие из организаций, охваченных ESOS (схема возможностей по экономии энергии), использовали сертификаты ISO 50001 в качестве механизма для обеспечения соответствия (подробнее ниже), вероятность существенного роста в будущем остается.
Технологические затраты	Основными расходами, связанными с внедрением сертификатов ISO 50001, являются затраты рабочего времени, внешние консультации и сертификация. ³¹⁵ Расходы на каждый из данных элементов существенно различаются для каждой отдельной организации, в том числе количество объектов, которые должны быть включены в сертификацию, количество выделенного персонала по энергоменеджменту, количество источников энергии, а также сложность устройства организации и, следовательно, связанных с ними СЭнМ. В Европе средняя стоимость сертификации составляет от 5000 Евро до 20 000 Евро. ³¹⁶ Аналогичным образом, финансовая выгода от сокращения затрат, связанных с потреблением энергии, также будет отличаться для разных организаций, в частности, в зависимости от уровня неэффективности использования энергии до введения СЭнМ. Однако в Европе организации обычно могут сэкономить до 10% затрат, связанных с энергетикой в первый год внедрения и до 5% в последующие годы. В большинстве случаев вполне вероятно, что внедрение СЭнМ, совместимой с сертификацией ISO 50001 с течением времени создаст чистые финансовые сбережения (независимо от того, сертифицирована ли СЭнМ).

³¹⁴ ISO (2018) *ISO Survey 2018*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html> [Дата обращения: 20 января 2020 г.].

³¹⁵ Leonardo Energy (2018). *Energy management – implementing energy management*, [Online] Доступно по ссылке: <https://help.leonardo-energy.org/hc/en-us/articles/202097931-What-resources-are-typically-required-to-implement-ISO-50001-and-achieve-certification-How-much-is-this-process-going-to-cost-our-organization-How-many-individuals-are-required-How-long-will-the-process-take> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

³¹⁶ Certification Europe (2019) *Your Top 5 ISO 50001 Questions Answered*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.certificationeurope.co.uk/insights/top-5-iso-50001-questions-answered/> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
<p>Другие ключевые технологические характеристики</p>	<p>ISO 50001 - это международный стандарт для систем энергетического менеджмента (СЭнМ) ³¹⁷, впервые введённый Международной организацией по стандартизации (ISO) ³¹⁸ в 2011 г. (обновлен в 2018 г.) ³¹⁹. Реализация этого стандарта является добровольной. Для получения сертификата организации должны иметь возможность продемонстрировать соответствие стандарту «Требования с руководством по применению». ³²⁰ Разработка и внедрение СЭнМ, соответствующей стандарту ISO 50001, включает в себя энергетическую политику, энергетические цели и планы действий, связанные с энергоэффективностью, использованием энергии и потреблением энергии, при одновременном соблюдении применимых нормативно-правовых и других требований. Здесь работает принцип непрерывного улучшения «план-дело-проверка-действие» (PDCA), для внедрения системы энергетического менеджмента в существующие организационные практики. Структура PDCA изложена следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> • План: необходимо понять контекст организации, создать энергетическую политику и группу по управлению энергией, рассмотреть действия по устранению рисков и возможностей, провести обзор использования энергии, определить значимые виды использования энергии (SEU) и установить показатели эффективности использования энергии (EnPI), базовые показатели энергии (EnBs), цели и задачи в области энергетики, а также планы действий, необходимые для достижения результатов, которые улучшат энергетические показатели в соответствии с энергетической политикой организации • Дело: внедрение планов действий, контроля эксплуатации и технического обслуживания, а также коммуникации, обеспечение компетентности и расчёта энергетической эффективности при проектировании и закупках. • Проверка: мониторинг, измерение, анализ, оценка, проведение аудита и проведение управленческого анализа (обзоров) энергетической эффективности и СЭнМ. • Действие: принятие мер по устранению несоответствий и постоянное повышение энергетической эффективности, и улучшение СЭнМ.

³¹⁷ An EMS encompasses the systems and processes necessary to continually improve energy performance in organisations, including energy efficiency, energy use and energy consumption. ‘Successful implementation of an EMS supports a culture of energy performance improvement that depends upon commitment from all levels of the organization, especially top management. In many instances, this involves cultural changes within an organization’.

³¹⁸ The ISO is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies).

³¹⁹ The main changes compared to the 2011 version are as follows³²⁰: (1) adoption of ISO’s requirements for management system standards, including a high-level structure, identical core text, and common terms and definitions, to ensure a high level of compatibility with other management system standards; (2) better integration with strategic management processes; (3) clarification of language and document structure; (4) stronger emphasis on the role of top management; (5) adoption of context order for the terms and their definitions in Clause 3 and update of some definitions; (6) inclusion of new definitions, including energy performance improvement; (7) clarification on exclusions of energy types; (8) clarification of “energy review”; (9) introduction of the concept of normalization of energy performance indicators [EnPI(s)] and associated energy baselines [EnB(s)]; (10) addition of details on the energy data collection plan and related requirements (previously energy measurement plan); (11) clarification of text related to energy performance indicators [EnPI(s)] and energy baselines [EnB(s)] in order to provide a better understanding of these concepts.

³²⁰ ISO 50001:2018 – Energy management systems – Requirements with guidance for use, International Organisation for Standardization.

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
	Сертификация ISO 50001 доступна для любой организации независимо от ее типа, размера, сложности, географического положения, организационной культуры или продуктов и услуг, которые она производит или предоставляет. Структура PDCA может быть адаптирована под конкретные требования организации, включая сложность её систем, степень документированной информации и доступные ресурсы. Сфера охвата СЭнМ применяется только к действиям, находящимся под контролем организации, и не распространяется на использование продукта конечными пользователями, на проектирование продукта вне объекта и не на оборудовании организации, на проектирование продукта с помощью систем и процессов использования энергии, находящихся вне контроля организации. ISO 50001 смоделирован на основе ISO 9001 ³²¹ и ISO 14001 ³²² , для того, чтобы он был совместим с обоими стандартами. В Великобритании Служба аккредитации Соединенного Королевства (UKAS) аккредитует службы по сертификации, чтобы они могли сертифицировать системы энергетического менеджмента в Великобритании в соответствии со стандартом ISO 50001. В настоящее время в Великобритании существует 14 аккредитованных служб по сертификации. ³²³
Инфраструктурное окружение	ISO 50001 может быть адаптирован к конкретным требованиям отдельной организации, независимо от её типа, размера и сложности. Таким образом, для сертификации не существует априорных требований к инфраструктуре, хотя некоторые организации могут полагаться на физическую (например, цифровую) инфраструктуру, чтобы приблизиться к достижению целей и требований СЭнМ.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Прогнозируется, что стандарт ISO 50001, в случае увеличения скорости сертификации, сможет обеспечить к 2030 г. глобальную экономию энергии в 62 эксаджоулей, что эквивалентно 600 млрд. долл. США. Таким образом, это приведет к сокращению выбросов CO ₂ эквивалентному удалению с дороги 215 миллионов пассажирских транспортных средств. ³²⁴

³²¹ Стандарт ISO по системам «качества» систем менеджмента, по которому организация должна продемонстрировать способность устойчиво поставлять продукцию, соответствующую требованиям клиентов и акционеров и любым применимым нормативным актам.

³²² Стандарт ISO, относящийся к «экологическим» системам менеджмента, по которому организация должна иметь системы улучшения ее экологического воздействия, одновременно соответствуя требованиям любых применимых нормативных актов.

³²³ UKAS (2019) *Energy*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.ukas.com/sectors/energy/> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

³²⁴ ISO (2016) *Does ISO 50001 Still Live Up To Its Promise?*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/2016/11/Ref2135.html> [Дата обращения: 21 января 2020 г.].

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	Для широкого обзора политической среды, связанной с выбросами CO ₂ и потреблением энергии в промышленности в Великобритании, включая конкретные инструменты см. таблицу « <i>Энергетика и углеродная интенсивность промышленности</i> ». С момента введения в 2001 г., CCL и вскоре после этого CCA подняли вопрос об энергоэффективности на уровне зала заседаний и поощрили лучшие практики в области энергоэффективности и СЭнМ. ³²⁵ Основные требования директивы о промышленных выбросах (IED) и схемы возможностей по экономии энергии (ESOS) могут быть выполнены путем получения сертификата ISO 50001. Из 7113 организаций, представивших свои отчёты о соответствии правилам ESOS до 31 мая 2018 года, 366 заявили, что всё их энергопотребление, а 116 указали, что часть их энергопотребления покрывается СЭнМ по сертификатам ISO 50001. ³²⁶
Политическая ситуация	Для обзора политической обстановки, связанной с выбросами CO ₂ и потреблением энергии в промышленности в Великобритании, см. таблицу « <i>Энергетика и углеродная интенсивность промышленности</i> ».

Источник: University College London.

6.3 Масштабы и опыт использования бумажных отходов в России

Оборот мирового рынка бумажных отходов в 2019 г. составил 42 млрд долл., к 2024 г. он вырастет до 50 млрд долл., увеличиваясь примерно на 3% в год.³²⁷ В Великобритании в 2017 г. было образовано 4,7 млн т бумажных отходов, из которых 3,75 млн т (79%) было утилизировано. В России соответствующие цифры равны 12 и 3,8 млн т (31%). В мире доля рециклирования бумаги выросла с 34% в 1990 г. до 44% в 2000 г. и до 55% в 2014 г.³²⁸

В России рынок бумажных отходов (макулатуры) в целлюлозно-бумажной промышленности является одним из самых развитых, емких и стабильно растущих сегментов циклической экономики и использования вторичного сырья. На начало 2018 г. в России насчитывалось 80 крупных и средних заводов, занимающихся переработкой бумажных отходов, с 35 тыс. занятых. Основные показатели (метрики) рынка использования бумажных отходов в производстве бумаги и картона приведены в табл. 6.4.

³²⁵ HoC (2008). *Reducing Carbon Emissions from UK Business: The role of the Climate Change Levy and Agreements*, House of Commons Environmental Audit Committee, London.

³²⁵ Carbon Market Watch (2016). *Industry windfall profits from Europe's carbon market*, Carbon Market Watch.

³²⁶ Environment Agency (2019). *Energy Savings Opportunity Scheme*, [Online] Доступно по ссылке:

<https://data.gov.uk/dataset/15eb8228-32e4-40e1-b722-b2efe571edd3/energy-savings-opportunity-scheme> [Дата обращения: 22 января 2020 г.].

³²⁷ <https://www.marketwatch.com/press-release/waste-paper-recycling-market-2019-global-industry-analysis-development-revenue-future-growth-business-prospects-and-forecast-to-2024-360-research-reports-2019-08-21>.

³²⁸ IEA. 2017. *Energy Technology Perspectives 2017. Catalysing Energy Technology Transformations*.

Таблица 6.4 Технология: использование бумажных отходов. Россия

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	В 2000-2017 гг. производство бумаги и картона в Российской Федерации увеличилось в 1,7 раза. Производство бумаги выросло с 3,3 до 5,3 млн т; картона – с 2 до 3,4 млн т. Объем сбора макулатуры увеличился более чем в 9 раз: с 0,35 до 3,25 млн т. Производственная мощность предприятий по переработке бумажных отходов выросла в 14 раз: с 0,3 до 4,25 млн т. ³²⁹ Доля использования бумажных отходов на производство бумаги и картона в 2017 г. составила 37,1%.
Рыночные перспективы	В разработанных ЦЭНЭФ-XXI обосновывающих материалах к «Основным направлениям стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» сделаны следующие предположения: объем сбора и переработки бумажных отходов к 2030 г. составит 4,7 млн т, а в 2050 г. – 7,6 млн т. Доля использования бумажных отходов на производство бумаги и картона будет соответственно равна 46,2% и 62,5%. Согласно «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления до 2030 года», производственная мощность предприятий по переработке бумажных отходов должна составить 8,1 млн т. В целом, следует ожидать роста рыночной ниши использования бумажных отходов для производства бумаги и картона при выполнении следующих условий: налоговое стимулирование для граждан, сдающих макулатуру (отмена НДС); увеличение нормативов утилизации бумажных отходов.
Технологические затраты	Капитальные затраты на строительство завода по переработке бумажных отходов с полным технологическим циклом зависят от многих факторов: компания-производитель, производственная мощность, комплектация, сложность проводимых работ и др. Обзор ценовых предложений на рынке и стоимость реализованных проектов позволяют определить следующие ценовые интервалы: мини-завод производительностью до 11,5 т/сутки – 50-90 тыс. долл. США в ценах 2018 г.; завод с полным технологическим циклом производительностью до 50 т/сутки – до 450 тыс. долл. США в ценах 2018 г. Удельные капитальные затраты на строительство завода полного технологического цикла по переработке бумажных отходов составляют 4-8 тыс. долл. США/т в сутки. В перспективе ожидается сокращение технологических затрат на реализацию проектов строительства заводов по переработке бумажных отходов за счет тенденции к снижению стоимости оборудования за рубежом и появления большего числа производителей оборудования, а также сервисных организаций на территории Российской Федерации.

³²⁹ Отраслевое аналитическое агентство «Центр системных решений» <http://centr-sr.com/>.

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Другие ключевые технологические характеристики	Низкая собираемость макулатуры для переработки бумажных отходов (дефицит сырья) обусловлена налоговым администрированием деятельности по сбору и реализации макулатуры. ³³⁰ В 2017 г. доля сбора макулатуры составила 28% от объемов бумажных отходов, пригодных для переработки (11,9 млн т). Уровень загрузки производственных мощностей предприятий по переработке бумажных отходов в среднем не превышал 73%. Другая проблема – физический и моральный износ оборудования и технологий, используемых на российских предприятиях по переработке бумажных отходов. По данным ассоциации «Лига переработчиков макулатуры», ³³¹ российская отрасль по переработке бумажных отходов отстает от мировых показателей на два технологических поколения.
Инфраструктурное окружение	Строительство завода или отдельных технологических линий по переработке бумажных отходов начинается с проектирования, что предполагает наличие специализированных проектных организаций, число которых невелико. При строительстве и эксплуатации завода по переработке макулатуры необходимо выполнение следующих условий: наличие организованных пунктов приема макулатуры вблизи предприятия; наличие доступа к водным ресурсам (для забора пресной воды для технологических процессов и сброса отработанной воды); наличие полигона вблизи предприятия для складирования мусора и отходов.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Использование заводов по переработке бумажных отходов позволяет получить следующие эффекты: <ul style="list-style-type: none"> • сократить потребление целлюлозы при производстве бумаги и картона (на 43% - уровень замещения целлюлозы к 2030 г.); • уменьшить расход древесины при производстве целлюлозы (на 40,5 млн м³, или на 12,7%, к 2030 г.); • сократить потребление воды (на 1620 млн м³ к 2030 г.); • получить экономию ТЭР при производстве бумаги и картона; • снизить выбросы ПГ и других загрязняющих веществ при производстве бумаги и картона; • уменьшить затраты на энергоснабжение предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Сектор сбора и переработки бумажных отходов при определенных условиях может принести мультипликативные эффекты, в т.ч.: создание 35-70 тыс. новых рабочих мест; увеличение налоговых поступлений на 22-45 млрд руб.; увеличение доходов населения от реализации макулатуры до 22 млрд руб.

³³⁰ В соответствии с налоговым законодательством Российской Федерации физические лица (население) обязаны заполнить налоговую декларацию и уплатить налог от полученной суммы за сдачу макулатуры. Заготовители не готовы принимать макулатуру у населения, так как именно они несут ответственность перед налоговыми органами в случае неуплаты физлицами НДС.

³³¹ СРО Ассоциация «Лига переработчиков макулатуры» <https://www.liga-pm.ru/about/analitika-i-issledovaniya-ryinka.htm>.

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	<p>В России перспективы развития сектора сбора и переработки бумажных отходов определены «Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 г. № 84-р). В этом документе определены целевые показатели развития сектора до 2030 года (мощность по переработке, уровень замещения в отношении целлюлозы, экономия древесины, экономия потребления электроэнергии и воды). Однако в нем не приведены перспективные технологии и инвестиционные проекты (технопарки) применительно к переработке макулатуры, а также не определено финансирование сектора переработки бумажных отходов и меры поддержки, включая налоговые льготы для населения и заготовителей макулатуры.</p> <p>В России для отходов от использования товаров и упаковки из бумаги и картона установлены нормативы в 3 раза ниже реального объема переработки.³³² Этот фактор отрицательно влияет на стимулирование развития переработки бумажных отходов.³³³</p>
Политическая ситуация	<p>В обосновывающих материалах к «Основным направлениям стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» сбор и переработка бумажных отходов рассматривается в качестве технологии, вносящей вклад в снижение уровня эмиссии парниковых газов.</p> <p>В целом, можно констатировать, что в России, как на федеральном, так и на региональном уровне есть потенциал для существенного расширения поддержки сектора сбора и переработки бумажных отходов. В этих целях можно использовать ресурсы таких организаций, как Лига переработчиков макулатуры, Центр системных решений и др. Это позволило бы многократно повысить позитивное экологическое, социальное и экономическое влияние сектора сбора и переработки бумажных отходов.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

³³² Отраслевое аналитическое агентство «Центр системных решений» <http://centr-sr.com/>.

³³³ В соответствии с законодательством Российской Федерации производитель товаров после утраты ими потребительских свойств обязан обеспечить утилизацию отходов в соответствии с нормативами утилизации или уплатить экологический сбор. Объем отходов, который требуется утилизировать в рамках ответственности производителя, рассчитывается как объем произведенной продукции, умноженный на норматив утилизации. Средства от экологического сбора должны быть потрачены на оптимизацию существующей системы обращения с отходами на территории региона.

Таблица 6.5 Технология: использование бумажных отходов. Великобритания

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Присутствие на рынке	В 2017 г. в Великобритании было произведено 4,748,000 тонн бумажных и упаковочных картонных отходов, из которых 3,754,000 тонн было переработано, что дает долю переработки 79% (выше целевого показателя ЕС – 60%). ³³⁴ Данные, полученные за 2012-2017 (за 2017 г. требуют уточнения) показывают, что Великобритания перевыполняет целевые установки ЕС по уровню переработки бумажных и картонных отходов с 2012 г.: 86,5% в 2012 г., 89,4% в 2013 г., 73,1% в 2014 г., 77,2% в 2015 г. и 81,9% в 2016 г. По сравнению с другими видами отходов, такими как пластик и стекло, бумажные и картонные отходы находятся наверху рейтинга и по объемам их производства, и по уровню переработки. В 2016 г. было произведено 2,399,000 тонн стекла, из которых 67,1% (1609 тыс. тонн) было переработано (выше целевого показателя ЕС – 60%); 2260 тыс. тонн пластика, из которых 44,9% было переработано (выше целевого показателя ЕС – 22,5%). Самое крупное предприятие по переработке бумажных отходов в Великобритании – Кемсли; на его долю приходится 30% переработки бумаги и картона. Кемсли производит более 825 тыс. тонн бумаги из вторичного сырья в год. ³³⁵
Рыночные перспективы	В соответствии с 25-летним экологическим планом Великобритании Стратегия управления ресурсами и отходами для Англии устанавливает амбициозную цель экономии материальных ресурсов путем минимизации отходов, повышения эффективности использования и продвижения в сторону циркуляционной экономики к 2050 г. ³³⁶ В соответствии с Пакетом циркуляционной экономики ЕС существуют целевые установки по снижению доли отходов, отправляемых на свалку, до не более 10% к 2035 г. и росту объемов переработки материалов повседневного спроса, таких как бумага и картонная упаковка. Общая цель по переработке упаковочных материалов – 65% к 2025 г. и 70% к 2030 г. Целевые показатели переработки отходов для муниципалитетов – 55% к 2025 г., 60% к 2030 г. и 65% к 2035 г. По мере выполнения Великобританией этой стратегии и с учетом выхода из ЕС страна примет решение о возможном пересмотре целевых показателей для обеспечения наиболее эффективного подхода к переработке. В Великобритании были на законодательном уровне приняты новые цели по переработке упаковочных материалов на 2018-2020 гг., в т.ч. 69,5% переработки бумаги/картона в 2017 г., 71% в 2018 г., 73% в 2019 г. и 75% в 2020 г. ³³⁷

³³⁴ DEFRA (2019). 'ENV23 -UK statistics on waste', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/env23-uk-waste-data-and-management>.

³³⁵ DS Smith (2019). 'Defra Visits UK's Largest Recycled Paper Mill', доступно по ссылке: <https://www.dssmith.com/paper/about/media-centre/2019/6/defra-visits-uks-largest-recycled-paper-mill>.

³³⁶ DEFRA (2018). 'Resources and waste strategy for England', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/resources-and-waste-strategy-for-england>.

³³⁷ Environmental Agency (2016). *National Packaging Waste Database, Packaging recycling and recovery targets 2018 to 2020 confirmed*. Доступно по ссылке: <http://npwd.environment-agency.gov.uk/> (Дата обращения: 22 февраля 2020 г.).

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	Производители бумаги и картона (все компании, производящие или использующие упаковку) обязаны принимать участие в финансировании переработки упаковочных материалов в новые продукты, чтобы Великобритания могла достичь целевых установок ЕС по переработке отходов упаковки. Предприятиям по переработке упаковочных материалов предоставляются финансовые стимулы для сбора и переработки (или экспорта) достаточных объемов бумаги и картона для достижения целевых показателей. Уведомления о переработке упаковочных материалов (£ за тонну) – это сертификаты, которые предприятия могут использовать в качестве подтверждения исполнения своих обязательств по переработке бумажной упаковки в новые продукты. Цена этих Уведомлений варьирует в зависимости от спроса и предложения, где предложение – это объем переработанных или экспортированных упаковочных отходов, а спрос – это целевые показатели для производителей упаковки. ³³⁸ В 2019 г. цена Уведомлений (£ за тонну) варьировала ежемесячно: £12-15 в январе; £14-17 в феврале; £17-23 в марте; £17-22 в апреле; £16-20 в мае; £20-23 в июне; £17-22 в июле; £9-16 в августе; £6,50-10 в сентябре; £4-9 в октябре; £3,5-5,5 в ноябре; £1-5 в декабре. Цена за тонну также зависит от вида бумажных и картонных отходов, собранных предприятиями по переработке внутри и за пределами страны и экспортерами.
Другие ключевые технологические характеристики	Переработка бумаги и картона может покрывать до 88% спроса на сырье для производства гофрированного картона. ³³⁹ Существуют технологии переработки, позволяющие использовать бумажное волокно для производства новой упаковки. Переработка включает 7 этапов: подготовка целлюлозы, просеивание, прессование, сушка, резка, хранение, распределение и производство новой упаковки.
Инфраструктурное окружение	Альтернативные технологии управления отходами включают биотехнологические решения для переработки биоотходов (способных разлагаться в анаэробных и аэробных условиях), которые рассматриваются для будущей инфраструктуры отходов. Биоотходы домохозяйств включают кухонные и садовые отходы, бумагу и картон, а также натуральные ткани. Заводы по переработке бумаги и картона – основные предприятия по переработке в Великобритании. Для производства продукции из картонных отходов их сначала прессуют в тюки в соответствии с требованиями различных перерабатывающих заводов.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Переработка бумаги и картона способствует снижению экологического воздействия отходов. Для повышения доли переработки в замкнутом цикле (бумага – в бумагу) необходимо лучше разделять бумажные и небумажные отходы на стадии их сбора. Бумажная упаковка и ее переработка способствует переходу к циркуляционной экономике, потому что она на 100% пригодна к переработке, имеет биологическую основу и биоразлагаема. Для производства продукции из бумажных отходов требуется меньше сырья и энергии, чем для производства первичной продукции, но определенные виды бумаги можно перерабатывать лишь ограниченное количество раз. В Великобритании ежедневно потребляется 7 млн бумажных стаканчиков, что приводит к образованию 30 тыс. тонн бумажных отходов в год (сюда также входит неперерабатываемый пластик). ³⁴⁰ Углеродный след от потребления бумажных стаканчиков в Великобритании составляет около 75 тыс. тСО _{2экв.}

³³⁸ Environment Media Group (2019). *PRN prices 2019*. Доступно по ссылке: <https://www.letsrecycle.com/prices/prns/prn-prices-2019/> (Дата обращения: 23 февраля 2020 г.).

³³⁹ VPK (2020). 'Paper recycling', доступно по ссылке: <https://www.vpkgroup.com/sustainability/paper-recycling>.

³⁴⁰ Foteinis, S. (2020). 'How small daily choices play a huge role in climate change: The disposable paper cup environmental bane', *Journal of Cleaner Production*, 255. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120294.

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
	<p>(что аналогично производству 11,5 тыс. автомобилей среднего размера). Бумажная промышленность не только вносит вклад в глобальную эмиссию парниковых газов, но и в нагрузку на окружающую среду, в т.ч. загрязнение воды и воздуха.³⁴¹ Оценка эффективности бумажной промышленности на основе долей переработки дает искаженные результаты. Она учитывает как выпуск продукции из переработанного сырья, так и из первичного волокна, поэтому увеличение масштабов переработки не означает пропорционального снижения потребления первичной целлюлозы, что является главной целью переработки.</p>
<p>Политический климат</p>	<p>Меры политики, касающиеся переработки бумаги и картона в Великобритании, включены в Пакет циркуляционной экономики ЕС, Механизм обращения с отходами, Директиву по свалкам и Стандарт качества переработанной бумаги. Директива ЕС по обращению с отходами устанавливает правила в целях повышения объемов переработки и качества перерабатываемых материалов с помощью ряда мер и инструментов регулирования. С 2015 г. сборщики отходов в Великобритании (частные и общественные) обязаны осуществлять раздельный сбор отходов, чтобы их можно было подвергать дальнейшей переработке, если это технически, экологически и экономически целесообразно. Те, кто производит отходы, по закону обязаны правильно избавляться от них в соответствии с иерархией требований³⁴² в законодательстве ЕС.³⁴³</p> <p>Сорта бумаги.³⁴⁴ Перечень стандартов по переработке бумаги и картона, составленный Конфедерацией европейских производителей бумаги (Confederation of European Paper Industries, CEPI), был утвержден в 1999 г. целлюлозно-бумажными предприятиями и поставщиками бумаги в Великобритании. Он включает 5 групп сортов бумаги, которые описывают качество переработанной бумаги и картона (низкое, среднее, высокое, крафт и особое). Предприятия бумажной промышленности имеют право получить от поставщика сведения о качестве материала.</p> <p>Уведомление о переработке упаковочных материалов (PRN). Это инструмент регулирования, требующий, чтобы производители упаковки гарантировали определенные доли переработки упаковочных материалов.</p> <p>Waste (England and Wales) Regulation.³⁴⁵ Нормативно-правовой акт, принятый в 2011 г., устанавливающий обязательства по управлению отходами и более широкому использованию отходов в качестве ресурса.</p> <p>План управления отходами для Англии (2013). Сводит управление отходами в единый национальный план без введения новых мер политики. Частью этого плана является политика планирования отходов Министерства по делам общин и местного самоуправления.</p>

³⁴¹ Van Ewijk, S., Stegemann, J. A. and Ekins, P. (2018). 'Global life cycle paper flows, recycling metrics, and material efficiency', *Journal of Industrial Ecology*, 22(4), pp. 686–693. doi: 10.1111/jiec.12613.

³⁴² Предотвращение отходов – главный приоритет, следом идут повторное использование, переработка и захоронение (свалки).

³⁴³ Environment Agency (2014). 'Separate collection of waste paper, plastic, metal or glass', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/separate-collection-of-waste-paper-plastic-metal-and-glass>.

³⁴⁴ Recycling UK Limited (2016). 'Paper Grades', доступно по ссылке: <https://recyclinguk.biz/material/paper-grades/>.

³⁴⁵ UK (2011) 'Statutory Instrument 2011 No.988', доступно по ссылке: <http://www.legislation.gov.uk/ukSI/2011/988/introduction/made>.

Тип показателя	Количественные оценки и комментарии
	<p>Расширенная ответственность производителя (EPR). Упаковка считается зрелой отраслью для расширенной ответственности производителя (EPR), но реформа направлена на то, чтобы затраты на сбор и переработку справедливо распределялись между теми, кто производит упаковочные материалы, и кто поставляет их на рынок.</p> <p>Наши отходы – наши ресурсы: Стратегия для Англии (2018). Направлена на удвоение ресурсопродуктивности и исключение ненужных отходов к 2050 г. на пути к циркуляционной экономике (повторное использование, повторное производство, ремонт, переработка), сокращая и тщательно управляя отходами и борясь со злоупотреблениями.</p>
Политическая ситуация	<p>Великобритания экспортирует отходы, включая бумажные и картонные, но существует ряд проблем в связи с недавно введенными странами-импортерами запретами и незаконными практиками британских компаний по сбору отходов. В 2018 г. правительство Китая запретило ввоз несортированной переработанной бумаги и сократило объемы импорта переработанной бумаги и пластика.³⁴⁶ Однако есть бумажные комбинаты, особенно в Китае, желающие приобретать отходы из Великобритании. Великобритания перенаправила часть своего экспорта отходов в Малайзию и Польшу, но последняя ввела новые правила, ужесточившие порядок импорта. Другие страны, например, Вьетнам, также ограничивают импорт. Если еще и другие страны введут ограничения, то в Великобритании разразится кризис сектора переработки, и под ударом окажутся местные власти. Это также может привести к росту незаконного избавления от отходов и более высоким уровням незаконных действий вроде тех, что предпринимались компанией Biffa Waste Services, которая по документам перевозила 25-тонными контейнерами переработанную бумагу, но в действительности сотрудники Экологического агентства обнаружили в фурах незаконные материалы, такие как обувь, пластик, кабели и прочие бытовые отходы.³⁴⁷ С учетом того, что PRN получают при экспорте отходов, и что экспорт составляет 63% PRN, число рынков, принимающих отходы, сокращается, что может привести к нехватке PRN, необходимых для того, чтобы производители могли выполнить свои обязательства.³⁴⁸</p>

Источник: University College London.

В России нет специальной политики по декарбонизации промышленности. Основными документами промышленной политики являются Федеральный закон № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» и Государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Разработаны стратегии развития отдельных отраслей промышленности, такие как «Стратегия развития черной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года»; «Стратегия развития цветной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года», «Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года» и др. Этими документами определены целевые показатели, формирующие масштабы использования отдельных энергоэффективных

³⁴⁶ Li, J., Mei, M., Han, Y., Hong, M., Man, Y. (2020). 'Life cycle cost assessment of recycled paper manufacture in China', *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, 119868.

³⁴⁷ Guardian (2019). 'UK waste firm exported 'offensive' materials including used nappies', доступно по ссылке: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jun/25/uk-waste-firm-exported-offensive-materials-including-used-nappies>.

³⁴⁸ Kate Dickinson (2019). PRN 'crisis' as UK could miss packaging recycling targets | *Resource Magazine*. Доступно по ссылке: <https://resource.co/article/prn-crisis-uk-could-miss-packaging-recycling-targets> (Дата обращения: 23 февраля 2020 г.).

промышленных технологий: увеличение доли производства стали в электропечах: до 42% к 2030 г.; увеличение доли разливки стали на МНЛЗ: до 95% к 2020 г. и до 98% к 2030 г.; сокращение энергоемкости готовой продукции (в расчете на 1 тонну стали) на 14-17% к 2020 г. и на 30-32% к 2030 г.

Сравнение параметров низкоуглеродного развития в России, Великобритании и в мире показано в табл. 6.5. В отдельных отраслях ставится задача выйти на передовые рубежи по удельному расходу энергии на новых установках. Так, ОК «РУСАЛ» поставил амбициозную цель: к 2020 г. снизить на электролизерах 2-го поколения РА-550 удельный расход электроэнергии до 12500 кВт-ч/т. Это ниже, чем на новых алюминиевых заводах в Китае.

Таблица 6.6 Сопоставление масштабов развития низкоуглеродных технологий в электроэнергетике

Наименование показателя	Ед. изм.	Россия		Великобритания		Другие страны	
		значение	%	значение	%	значение	%
Энергоемкость обрабатываемой промышленности (по валовому выпуску по РКВ)	Великобритания = 1	7,4		1			
Энергоемкость выплавки стали	кг.у.т/т	798		612		375-800	
Доля лома черных металлов в выплавке стали	%	52%					20%
Расход электроэнергии на производство первичного алюминия	кВт-ч/т	15623				14154	
Доля вторичного алюминия в выплавке алюминия	%		16%				32%
Удельный расход энергии на производство клинкера	кг.у.т/т	162				96-195	
Доля добавок в цементе	%		25%		29%		14-50%
Доля использования бумажных отходов на производство бумаги и картона	%		37,1%				

Источники: Рассчитано ЦЭНЭФ-XXI на основе данных Росстата и IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion online data service; WDI database <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators>; IIASA PFU Database <https://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/TransitiontoNewTechnologies/PFUDB.en.html>; WDI; SCIRO. 2019; IEA. 2017. Energy Technology Perspectives 2017. Catalysing Energy Technology Transformations; IEA. Energy efficiency 2018. Analysis and outlooks to 2040; IEA. 2018. Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry; SCIRO. 2019. Material flow database. <https://resourcewatch.org/data/explore/082e2262-c58e-46a0-b6b7-56083cfcbd34>).

Рынок уже требует движения в низкоуглеродном направлении, и поэтому теперь и российские компании начали маркетинг низкоуглеродных брендов, например, бренд ALLOW OK «РУСАЛ». «РУСАЛ» оказался единственной российской и единственной алюминиевой компанией, отмеченной CDP среди мировых лидеров в области управления выбросами парниковых газов по цепочке поставок.³⁴⁹

В России существуют разработки, которые могут оказать заметное влияние на динамику выбросов ПГ не только в России, но и в мире. Применение одностенных нанотрубок (производимых в России) может обеспечить существенное снижение выбросов ПГ во всем мире.³⁵⁰ Россия производит 1 млрд м³ водорода в год. Газпром работает над созданием полностью безуглеродных технологий производства водорода из природного газа с разложением природного газа в неравновесной низкотемпературной плазме на водород и углерод с последующим использованием водорода для энергетики, а углерода – для нужд химической промышленности.

Низкоуглеродная повестка для британской промышленности продвинута намного дальше. Принято 8 отраслевых планов по декарбонизации промышленности: цементная промышленность – снижение выбросов к 2050 г. на 33-62%; производство керамики – снижение выбросов к 2050 г. на 60%; химическая промышленность – снижение выбросов к 2050 г. на 79-88%; пищевая промышленность – снижение выбросов к 2050 г. на 66-75%; производство стекла – снижение выбросов к 2050 г. на 36%; черная металлургия – снижение выбросов к 2050 г. на 60%; нефтепереработка – снижение выбросов к 2050 г. на 60%; целлюлозно-бумажная промышленность – снижение выбросов к 2050 г. на 98%. Для стимулирования повышения энергоэффективности в промышленности используется несколько схем. Согласно схеме *Climate Change Agreement (CCA)*, более 3000 компаний-участников, на которые пришлось 53% потребления энергии в промышленности, подписали соглашения о целевых установках по повышению энергоэффективности или снижению выбросов ПГ и получают льготы по налогу на углерод. В рамках схемы *Carbon Reduction Commitment CRC Energy Efficiency Scheme (CRCEES)* велась работа с 1915 участниками с использованием набора инструментов стимулирования к повышению энергоэффективности, включая предоставление отчетности. Схема *Energy Savings Opportunity Scheme (ESOS)* – это программа обязательных энергоаудитов, а схема *The Industrial Energy Efficiency Accelerator (IEEA)* – это программа финансовой поддержки пилотных проектов в промышленности с бюджетом 9 млн фунтов.

³⁴⁹ <https://www.cdp.net/en/research/global-reports/changing-the-chain?#supplier-engagement>.

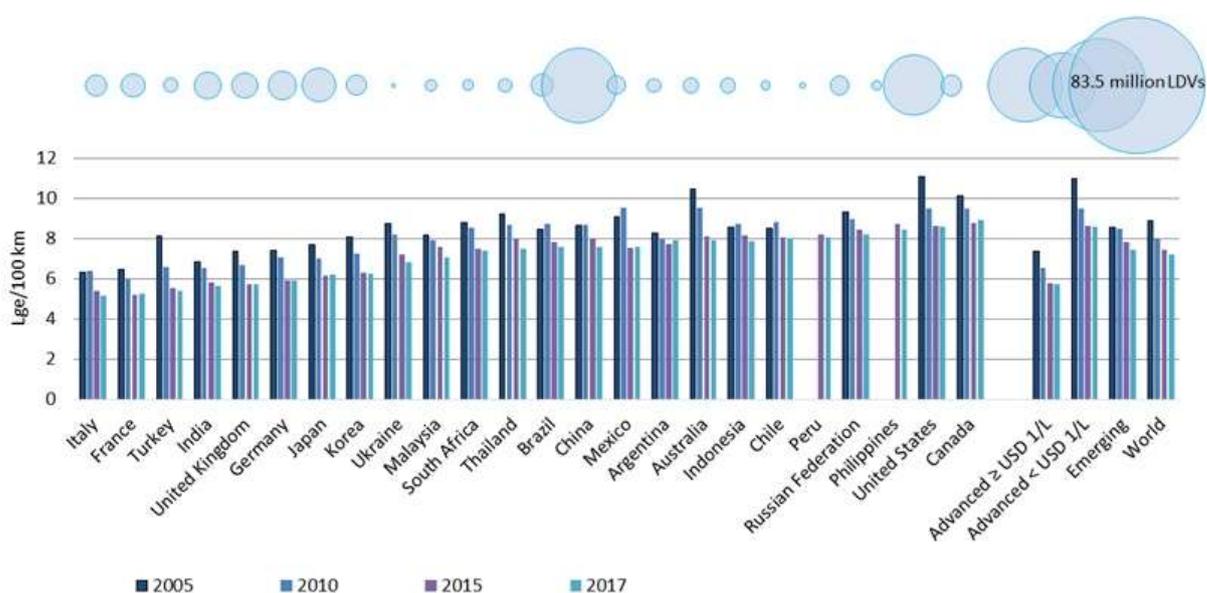
³⁵⁰ Центр энергоэффективности – XXI век (ЦЭНЭФ-XXI). ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ. Исследование влияния модификации (с помощью углеродных нанотрубок) базовых материалов на снижение глобальной антропогенной эмиссии парниковых газов. Этап III. Москва, 2015 г.

7 НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

7.1 Топливная экономичность автомобилей

Средняя топливная экономичность нового автомобиля в мире в 2017 г. составила 7,2 л/100 км против 8,8 л/100 км в 2005 г. (снижение на 1,8%).³⁵¹ Для выхода на целевую установку Global Fuel Economy Initiative (GFEI) к 2030 г. – 4,4 л/100 км – темп снижения должен быть повышен до 3,8% в год. Если в Великобритании этот показатель равен 5,8 л/100 км, то в России – 8,1 л/100 км, а в Италии и Франции – немногим больше 5 л/100 км (рис. 7.1).

Рисунок 7.1 Средняя топливная экономичность новых легковых автомобилей



Источник: <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2019/fuel-economy-of-cars-and-vans#abstract>.

Основные тенденции рынка автомобилей последних лет:

- рост доли продаж электромобилей и гибридов;
- снижение доли продаж дизельных автомобилей. В странах ЕС их доля упала на 5-15% после 2014 г.;
- рост спроса на автомобили с большим объемом двигателя.

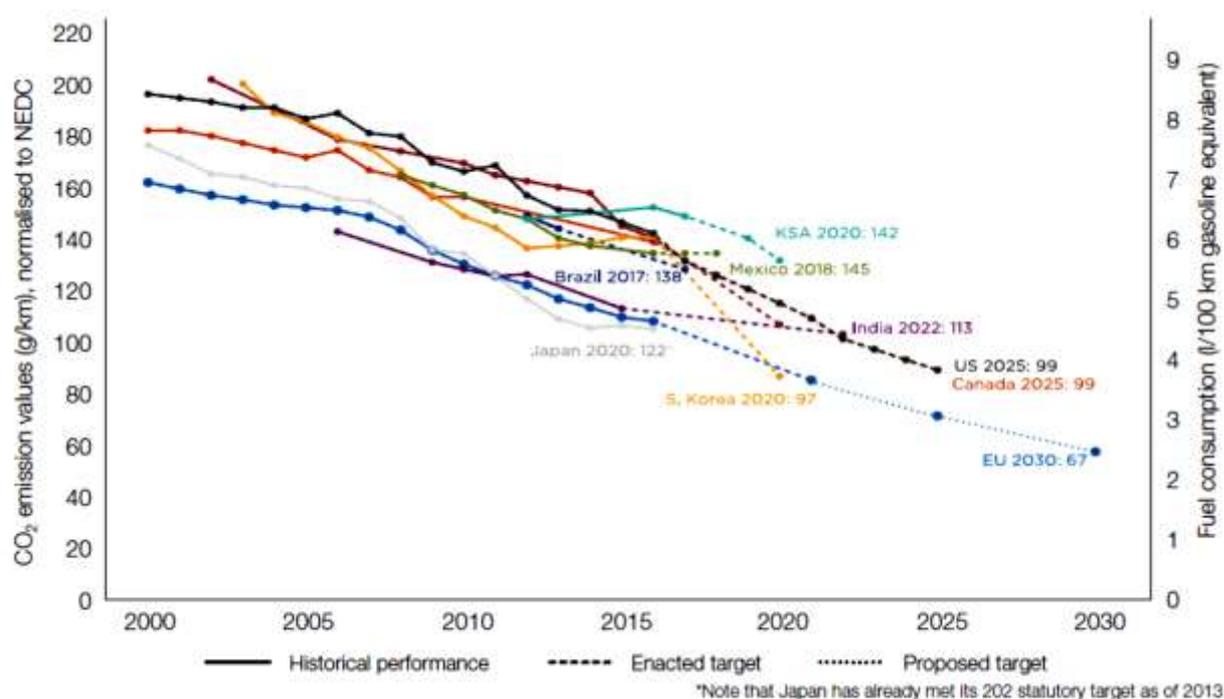
Во многих странах приняты жесткие стандарты топливной экономичности, требующие снижения удельного расхода на 4-6% в год.³⁵² Для достижения таких целевых уровней требуется существенное повышение доли электромобилей, топливная экономичность которых в 2,5 выше. Так, в Норвегии, где доля электромобилей в новых продажах достигла в 2018 г. 47%, топливная экономичность была равна 3,9 л/100 км, что на 10% превысило целевую установку Global Fuel Economy Initiative на 2030 г.

³⁵¹ <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2019/fuel-economy-of-cars-and-vans#abstract>.

³⁵² Стандарты определяются в лабораторных условиях, а в реальной эксплуатации удельный расход может быть существенно (до 50%) выше.

На фоне перехода большинства развитых стран на модель низкоуглеродного развития и поэтапного отказа ряда стран от производства и использования автомобилей с двигателями внутреннего сгорания с 2027-2030 гг. можно ожидать заметного сокращения производства ведущими производителями бензиновых и дизельных легковых автомобилей. Стандарты выбросов CO₂ в среднем по выпускаемым моделям автомобилей динамично снижаются во многих странах (рис. 7.2), и даже самые экономичные модели с двигателями внутреннего сгорания не будут им соответствовать. В Великобритании модели с удельными выбросами ниже 50 гCO₂/км (это соответствует примерно 3л/100 км) считаются безуглеродными. Это означает, что автомобильные парки стран, отстающих в технологической гонке, могут расти в основном либо за счет подержанных автомобилей, либо за счет переноса заводов, производящих автомобили по старым технологиям, на территорию этих стран. Емкость глобального рынка новых автомобилей – около 3 трлн долл. в год сегодня и около 4-8 трлн долл. в год в 2050 г. Значительная часть его в середине века – это электромобили и, возможно, автомобили на топливных (водородных) элементах. Отставание в технологической гонке равнозначно рискам потери даже имеющихся рыночных ниш, не говоря уже об их расширении.

Рисунок 7.2 Целевые установки по выбросам CO₂ на 1 км пробега



Источник: ICCT (2018). Overview of Global Fuel Economy Policies.

Таблица 7.1 Топливная экономичность легковых автомобилей. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>Росстат не учитывает легковые автомобили (кроме такси) при оценке пассажирооборота. При таком учете получается, что на автомобильный транспорт в целом в 2018 г. пришлось 55% пассажирооборота, а на легковые автомобили – 46%. Доля последних в 2000 г. составляла 31%. Транспортная работа легковых автомобилей в 2000-2018 гг. выросла в 2,5 раза: с 254 до 628 млрд пасс-км. Парк легковых автомобилей в 2000-2018 гг. вырос с 20,23 до 47,4 млн, а их средняя эксплуатационная норма расхода топлива – 10,8 л/100 км. По предварительным оценкам, продажи новых легковых автомобилей в России в 2018-2019 гг. составляли около 1,8 млн.</p> <p>МЭА оценивает среднюю топливную экономичность нового легкового автомобиля в России на уровне 8,1 л/100 км. По другим оценкам, для новых автомобилей на бензине эксплуатационные нормы расхода равны 8,8 л/100 км на бензине и 6,8 л/100км на дизельном топливе.³⁵³</p>
Прогнозные оценки	<p>Специальных мер политики стимулирования топливной экономичности легковых автомобилей в России нет. Россия импортирует повышение эффективности вместе с импортом новых автомобилей и сборкой на своей территории новых зарубежных моделей. Поэтому в перспективе динамика топливной экономичности будет определяться темпами роста парка, которые существенно замедляются, снижением среднего срока службы автомобиля, в т.ч. за счет развития каршеринга, роста доли гибридных автомобилей и электромобилей.</p> <p>В базовом сценарии к 2050 г. парк легковых автомобилей растет до 65,5 млн,³⁵⁴ средняя эксплуатационная норма расхода топлива для новых бензиновых автомобилей к 2050 г. снижается до 6,7 л/100 км, а дизельных – до 5,1 л/100 км. Их суммарная доля в парке составляет немногим менее 98%. В этом случае средняя эксплуатационная норма расхода топлива снижается до 7,4 л/100 км. В сценарии «1,5 градуса» она снижается до 3,35 л/100 км за счет более динамичного снижения эксплуатационных норм расхода для новых бензиновых автомобилей до 5,5 л/100 км, а дизельных – до 4,2 л/100 км, но главным образом – за счет роста доли электромобилей до 64%, а гибридных автомобилей – почти до 10%. На долю бензиновых и дизельных автомобилей в этом сценарии приходится только четверть парка. В этом сценарии за счет снижения развития активной мобильности парк легковых автомобилей выходит на пик, а затем снижается до 44 млн в 2050 г.</p>
Затраты на реализацию технологии	<p>Как показывает анализ по Великобритании (см. табл. 7.2), наиболее экономичные модели автомобилей стоят дешевле. Согласно условиям расчета, заметный рост доли электромобилей и гибридов в парке будет происходить только после того, как суммарные затраты на покупку и эксплуатацию станут меньше, чем для традиционных автомобилей. Меры по стимулированию приобретения низкоуглеродных автомобилей могут приблизить этот момент времени.</p>

³⁵³ Органы статистики не приводят данных о среднем расходе топлива автомобилями. Приведенные цифры – это оценки ЦЭНЭФ-ХХІ и МАДИ (Ю.В. Трофименко).

³⁵⁴ Замедление роста парка легковых автомобилей прогнозируется как в разработанных ЦЭНЭФ-ХХІ обосновывающих материалах к «Основным направлениям стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» (в части автомобильного транспорта – с привлечением МАДИ; Yu. Trofimenko *et al.* 2018. Problems and prospects of sustainable low carbon development of transport in Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 177 012014), так и другими авторами – Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю., Проворная И.В. Прогнозирование энерго- и нефтепотребления автомобильным транспортом в регионах Российской Федерации // Экономика региона. — 2017. — Т. 13, вып. 3. — С. 859-870. Прогноз МАДИ по парку легковых автомобилей на 2050 г. – 71,8 млн, прогноз ЦЭНЭФ-ХХІ – 65,5 млн, прогноз Эдера и др. на 2040 г. – 57 млн, но в нем занижен исходный уровень парка.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Прочие ключевые характеристики технологии	По оценкам, средняя мощность российского автомобиля выросла за 10 лет примерно на 20%: с 85 до 102 кВт, а средний объем двигателя новой машины почти не изменился (1,8 л в 2008 г. и 1,9 л в 2019 г.) ³⁵⁵ , что близко к параметрам в Великобритании (см. табл. 7.2).
Инфраструктурная среда	При введении стандартов топливной экономичности или стандартов на удельные выбросы ПГ потребуется создание сети лабораторий для определения соответствия и введение соответствующей системы маркировки.
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Снижение эксплуатационной нормы расхода на 1 л/100 км при годовом пробеге 10 тыс. км при цене топлива 45 руб./л дает годовую экономию затрат в размере 4500 тыс. руб. При парке автомобилей 50 млн это даст экономию для всех автомобилистов России в размере 225 млрд руб. в год.</p> <p>Снижение потребления ископаемого топлива легковыми автомобилями при переходе от базового сценария к сценарию «1,5 градуса» позволяет снизить к 2050 г. выбросы ПГ с 201 до 35 млн т CO_{2экв.}, а выбросы вредных веществ – с 10,3 до 1,7 млн т.</p>
Меры политики	Как уже указывалось, в России нет специальных мер политики по повышению топливной экономичности легковых автомобилей. Есть ряд фискальных мер, которые косвенно влияют на выбор автомобиля. Транспортный налог зависит от мощности. Размер налога определяется для каждого региона. В Москве при мощности от 70 до 250 лс – 150 руб. Этот налог не смог остановить рост средней мощности автомобиля.
Политические условия	<p>В 2008 г. Распоряжением от 22.11.2008 г. № 1734-р была принята «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года». Меры политики по ее достижению включают перевод значительной доли автомобильных парков на альтернативные виды топлива³⁵⁶ и переход на мировые экологические стандарты в отношении потребляемого топлива. Однако с тех пор никаких решений для реализации этой задачи не принято. Сравнительно низкие цены на автомобильное топливо сдерживают внедрение экономичных моделей, поэтому введение стандартов топливной экономичности особенно актуально.</p> <p>В разработанных ЦЭНЭФ-XXI обосновывающих материалах к «Основным направлениям стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» сформулированы следующие предложения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • введение стандартов для транспортных средств по уровню топливной экономичности или выбросов CO₂, соответствующих тенденциям нормирования в ведущих странах, и системы информирования потребителей об энергоэкологических характеристиках поступающих в обращение автотранспортных средств, включая методы их маркировки и идентификации в транспортных потоках; • введение экономических механизмов (дифференцированного налогообложения, пошлин, сборов, платежей), стимулирующих использование более экологически чистых и энергоэффективных автотранспортных средств (электромобилей, гибридов, газомоторных и др.). <p>Возможные сроки и формы реализации этих и подобных предложений остаются неясными.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

³⁵⁵ <https://www.kommersant.ru/doc/4012134>. По другим оценкам, средняя мощность составила 86 кВт <https://www.32cars.ru/world-news/date-18-10-2019/pikap-iz-vazovskoy-desyatki-i-volgi->.

³⁵⁶ Ожидается, что доля парка транспортных средств с гибридными, электрическими двигателями и двигателями на альтернативных видах топлива в общей численности парка транспортных средств в 2020 г. составит 26-29%, а в 2030 г. – 49-54%. Седьмое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. Москва, 2017.

Таблица 7.2 Топливная экономичность легковых автомобилей. Великобритания

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>В 2001 г. в лабораторных условиях³⁵⁷ было установлено, что в среднем в Великобритании новый автомобиль с бензиновым и дизельным ДВС потребляет 7,9 л/100 км и 6,2 л/100 км соответственно. К 2018 году эти значения снизились до 5,6 л/100 км (автомобили на бензине) и 4,9 л/100 км (автомобили на дизеле). В обоих случаях³⁵⁸ произошло снижение потребления примерно на треть. В 2001 г. 82% продаваемых автомобилей в Великобритании³⁵⁹ были оснащены бензиновыми двигателями, 18% - дизельными. В 2018 г. эти значения изменились и составили 62% и 31% соответственно (при этом продажи в общем и целом остались на том же уровне – 2,59 млн в 2001 г.³⁶⁰ и 2,31 млн в 2018 г.)³⁶¹.</p> <p>Средневзвешенная топливная эффективность новых ДВС легковых автомобилей, проданных в 2001-2018 гг., составила 7,59 л/100 км и 4,98 л/100 км для бензиновых и дизельных моторов соответственно.³⁶²</p> <p>В 2000-2018 гг. пробег легковых автомобилей в Великобритании вырос на 8,5%,³⁶³ в то время как уровень потребления бензинового и дизельного топлива снизился на 8,2%,³⁶⁴ средняя топливная экономичность автомобилей изменилась с 64,6 т топлива на 1 млн км до 54,3 т на 1 млн км.</p>
Прогнозные оценки	<p>Требования законодательства ЕС предполагают, что топливная эффективность новых бензиновых и дизельных легковых автомобилей составит 4,1 л/100 км и 3,6 л/100 км соответственно в 2021 г. (в рамках нового режима испытаний). Политика правительства Великобритании заключается в изъятии из продажи новых автомобилей с ДВС в 2040 г.</p> <p>Тем не менее, спрогнозировать топливную экономичность всего пассажирского транспорта в будущем сложно, и такой прогноз зависит от целого ряда взаимодействующих факторов, таких как структура продаж автомобилей на бензине, дизеле и на альтернативных видах топлива, обновление парка транспортных средств и постепенный переход от одного вида транспорта к другому. Из анализа, проведенного правительством, следует, что существующие барьеры на пути к переходу на альтернативные виды топлива приведут к тому, что ископаемые топлива будут играть ведущую роль в ближайшем будущем и среднесрочной перспективе (примерно 90% энергии, которая будет потребляться в секторе транспорта к 2035 г.).³⁶⁵</p>

³⁵⁷ Данные получены в тщательно контролируемых и неизменных лабораторных условиях и не отражают внешние факторы, такие как холодный запуск, разная манера вождения, разные нагрузки и т.д.

³⁵⁸ DfT (2019). TSGB0303 (ENV0103): Average new car fuel consumption, Department for Transport, London.

³⁵⁹ Данных для Великобритании с учетом Северной Ирландии нет.

³⁶⁰ Однако в 2011-2015 гг. было продано примерно равное количество бензиновых и дизельных автомобилей (по 50% в общем объеме продаж).

³⁶¹ DfT (2019). VEH0253: Cars registered for the first time by propulsion and fuel type: Great Britain and United Kingdom, Department for Transport, London.

³⁶² Эти цифры не включают гибридные автомобили, заряжаемые гибридные автомобили, электромобили на топливных элементах, легковые автомобили на газе и др. Такие транспортные средства составляли всего 0,11% и 6,24% в объеме продаж в 2001 г. и в 2018 г. соответственно.

³⁶³ DfT (2019). TRA0201: Road traffic (vehicle kilometers) by vehicle type in Great Britain, Department for Transport, London.

³⁶⁴ BEIS (2019). *DUKES 2019 Chapter 3: Petroleum*, Department of Business, Energy and Industrial Strategy, London.

³⁶⁵ BEIS (2019). *Road fuel consumption and the UK motor fleet*, Department of Business, Energy and Industrial Strategy, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Затраты на реализацию технологии	Средняя стоимость нового легкового автомобиля в Великобритании в 2005 г. составляла \$37000 (цены 2017 г.) и снизилась до \$34000 (цены 2017 г.) в 2017 г. (хотя при этом варьировала между \$32000 и \$41000 в указанный период). В ЕС средняя стоимость автомобиля на дизельном топливе на 9-21% выше, но такие автомобили на 27-37% экономичнее. Если взять автомобили одного сегмента, одного размера и мощности, с одинаковым типом силовой установки на основных мировых рынках легковых автомобилей, то можно отметить, что более высокая топливная эффективность не сопровождается более высокими ценами на автомобиль. Если взять 25% самых эффективных автомобилей, то они стоят на 5-7% дешевле, чем «средняя» машина, с которой их можно сравнить в этом сегменте. ³⁶⁶ Развитие других свойств автомобилей (о чём будет написано ниже) также влияет на цены и топливную экономичность.
Прочие ключевые характеристики технологии	Разные технические свойства и характеристики пассажирских автомобилей со временем менялись. В Великобритании в 2005-2017 гг. средняя мощность силовой установки выросла с 85 кВт (115 л.с.) до 104 кВт (141 л.с.). Средний объём двигателя уменьшился с 1804 см ³ до 1676 см ³ . Средняя снаряжённая масса выросла с 1345 кг до 1448 кг. Средний карбоновый след вырос с 4 м ² до 4,1 м ² . Большая часть современных тенденций развития автомобилей оказала негативный эффект на их топливную эффективность.
Инфраструктурная среда	Никакой специальной или дополнительной инфраструктуры для повышения топливной экономичности легковых автомобилей не требуется, кроме случаев когда это достигается путём перехода с ДВС на силовые установки, работающие на альтернативных видах топлива (например, на электромобили).
Экологические, экономические и социальные эффекты	Повышение топливной экономичности легковых автомобилей, при прочих равных условиях, приносит с собой дополнительные выгоды, такие как снижение цен на топливо и снижение уровня загрязнения воздуха. В Великобритании новая машина, приобретенная в 2015 г., в среднем позволяла экономить около 200 фунтов стерлингов в год по сравнению с новыми автомобилями, приобретёнными в 2000 г. ³⁶⁷ При этом изменение структуры продаж между бензиновыми и дизельными автомобилями в пользу последних привело к более высокому уровню загрязнения воздуха, чем если бы структура продаж не менялась (в частности, из-за несоответствия между «нормативными» и «реальными» выбросами новых дизельных автомобилей, что будет описано ниже). Только дизельные автомобили, приобретённые в Великобритании между сентябрём 2014 г. и апрелем 2016 г., могут привести к дополнительным издержкам для общества из-за воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека в течение срока службы транспортных средств в размере 3,6 млрд фунтов стерлингов (и 4,1 млрд фунтов стерлингов по сравнению с уровнем выбросов бензиновых автомобилей).

³⁶⁶ IEA (2019). Fuel Economy in Major Car Markets: Technology and Policy Drivers 2005-2017, International Energy Agency, Paris.

³⁶⁷ HM Government (2017). The Clean Growth Strategy: Leading the way to a low carbon future, HM Government, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Меры политики	<p>В Великобритании действуют следующие меры политики, направленные на повышение топливной экономичности легковых автомобилей:</p> <p>Европейские стандарты выбросов («ЕВРО») – С 1992 г. стандартами «Евро» для автомобилей был определён максимальный уровень допустимого диапазона разных веществ (кроме CO₂), загрязняющих воздух,³⁶⁸ часто с разными значениями для бензиновых и дизельных двигателей. Достижение установленных требований обеспечивается путём использования специальных технических средств, таких как каталитические нейтрализаторы, сажевые фильтры, и рециркуляции отработавших газов³⁶⁹, но не за счёт повышения топливной эффективности. Методология проведения исследований на соответствие стандартам выбросов (и правилам, касающимся выбросов CO₂, о которых написано ниже), в частности, метод лабораторных исследований «Новый европейский ездовой испытательный цикл» (NEDC), недостаточно точно отражает выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, производимые автомобилями, в сравнении с реальными условиями. Данные свидетельствуют о том, что реальные выбросы в атмосферу NO_x (оксида азота) дизельными автомобилями в 5-6 раз выше текущих ограничений, установленных стандартами ЕВРО. А порой эти значения даже в 12 раз выше (хотя бензиновые машины на практике в большинстве случаев всё же соответствуют установленным стандартам с точки зрения выбросов). Хотя научному сообществу уже некоторое время об этом было известно, широкая общественность узнала об этом из-за скандала 2015 г., известного как «Дизельгейт».³⁷⁰ С 2017 г. были введены новые процедуры испытаний, направленные на сокращение несоответствия между установленными и реальными выбросами.</p> <p>Стандарты топливной экономичности и Маркировка выбросов CO₂ – Ещё в 1977 г. в Великобритании были введены требования о предоставлении покупателям информации о топливной экономичности легковых автомобилей.³⁷¹ В 1999 г. была принята директива ЕС о «Маркировке автомобилей». Данные требования обязали правительства всех стран ЕС ввести или поправить существующие требования к маркировке автомобилей, в соответствии с которыми 1) данные о топливной экономичности должны: быть размещены на автомобиле или около него в месте продажи; 2) в точках продаж должен быть установлен плакат или экран, показывающий уровень потребления топлива, уровень выбросов CO₂ для новых автомобилей, которые предлагаются к продаже или к лизингу; 3) как минимум раз в год совместно с автопроизводителями должен составляться бесплатный гид по топливной экономичности и выбросам CO₂; 4) все рекламные материалы должны содержать информацию об уровне потребления топлива и уровне выбросов CO₂.³⁷² Введение этой директивы в Великобритании также предъясняет требования к наличию информации об акцизных сборах на данное транспортное средство с соответствующей ставкой (об этом написано ниже). Факты свидетельствуют о том, что в Великобритании подобные нормативные акты оказались эффективными для повышения осведомленности водителей</p>

³⁶⁸ В т.ч. CO, THC, NMHC, NO_x, HC+NO_x, PM и PN.

³⁶⁹ AA (2018). *Limits to improve air quality and health*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards> [Дата обращения: 24 января 2020 г.].

³⁷⁰ Оказалось, что Фольксваген отрегулировал технологию контроля выбросов таким образом, что она работала только во время проведения стендовых испытаний, что искусственно искажало картину реальных выбросов.

³⁷¹ The Passenger Car Fuel Consumption Order 1977.

³⁷² EC (2020) *Car labelling*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/labelling_en [Дата обращения: 24 января 2020 г.].

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>и сместили спрос в сторону новых автомобилей с большей топливной экономичностью и меньшими выбросами CO₂, особенно в сочетании с акцизными сборами.³⁷³</p> <p>Меры по регулированию уровня выбросов CO₂. В 1996 г. Совет Европы установил цель по снижению выбросов CO₂ от пассажирских автомобилей путём повышения топливной эффективности на 25% к 2005 г. Для достижения этой цели в 1998 г. Европейская Комиссия заключила добровольное соглашение с автопроизводителями о снижении выбросов загрязняющих веществ новыми автомобилями до 140 гCO₂/км. Но малый прогресс на пути к достижению этой цели привёл к объявлению о применении императивного подхода, который вступил в силу в 2009 г.³⁷⁴ В соответствии с требованиями, установленными в отношении автопроизводителей, уровень выбросов новыми легковыми автомобилями не должен превышать 130 гCO₂/км (что эквивалентно уровню потребления топлива примерно 5,6 л/100 км для автомобилей на бензине и 4,9 л/100 км для дизельных автомобилей). К этой цели поэтапно шли в 2012-2015 годы. Эта цель была достигнута уже в 2013 г., в то время как средние выбросы новых легковых автомобилей, проданных в 2018 г., составили 120,4 гCO₂/км.³⁷⁵ Отчасти эта цель была достигнута за счёт технических инноваций и улучшений, но также за счёт существенного сдвига в продажах автомобилей в пользу более эффективных дизельных автомобилей, о чём уже было написано выше, но на оба эти фактора повлияли меры по регулированию выбросов³⁷⁶ (вместе с другими механизмами, в частности, с акцизными сборами).³⁷⁷ Тем не менее, степень, в которой эти правила до настоящего времени выполнялись в реальных условиях, неясна, как уже было написано выше, но факты указывают на то, что разница между «зарегистрированными» и «реальными» выбросами CO₂ составила более 35% в 2014 г. В апреле 2019 г. Европейский Парламент принял новый правовой акт и установил цель по снижению выбросов на уровне 95 гCO₂/км (что эквивалентно потреблению топлива примерно 4,1 л/100 км для автомобилей на бензине, 3,6 л/100 км для дизельных автомобилей). Цель должна быть поэтапно достигнута за 2020 и 2021 гг.</p> <p>Транспортный налог (акцизные сборы (VED)) – Некоторые формы транспортного налога существовали в Великобритании ещё с 1888 г. Начиная с 1 марта 2001 г. уровень акцизных сборов на новые автомобили формировался в соответствии с уровнем выбросов CO₂, а не в соответствии с объёмом двигателя. В 2013 г. эта мера политики претерпела поправки, для того чтобы повысить ставки на первый год использования нового автомобиля, чтобы ещё сильнее стимулировать приобретение автомобиля с более низким уровнем выбросов CO₂ (и следовательно, более высокой топливной экономичностью), в частности дизельных автомобилей. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что транспортный налог, в том числе увеличение ставки первого года, было успешным для снижения уровня выбросов вредных</p>

³⁷³ Esposito et al. (2018). Evaluating the Implementation of the UK Passenger Car (Fuel Economy and CO₂ Emissions Information) Regulation, Low Carbon Vehicle Partnership & Transport and Environmental Policy Research.

³⁷⁴ Drummond, P. (2013). Choosing Efficient Combinations of Policy Instruments for Low-carbon development and Innovation to Achieve Europe's 2050 climate targets - *Country report: The European Union*, University College London, London.

³⁷⁵ ЕС (2020) *Reducing CO₂ emissions from passenger cars*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en [Дата обращения: 24 января 2020 г.].

³⁷⁶ Wadud, Z. (2014). New vehicle fuel economy in the UK: Impact of the recession and recent policies, *Energy Policy*, 74, 215-223.

³⁷⁷ Drummond & Ekins (2016). Tackling air pollution from diesel cars through tax: options for the UK, University College London, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>веществ. В апреле 2017 г. транспортный налог вновь был пересмотрен для того, чтобы ещё больше увеличить ставку первого года, но с установленной стандартной годовой ставкой для всех новых автомобилей.³⁷⁸</p> <p>Топливный налог – В 1993 г. правительство Великобритании представило меру «эскалатор цен на топливо», согласно которой ставки пошлин на топливо будут расти в соответствии с инфляцией плюс 3%, чтобы снизить спрос на перевозки, справиться с ростом выбросов на транспорте и уменьшить потребность в строительстве новых дорог. Впоследствии эта мера несколько раз подвергалась поправкам, включая поправки в соответствии с ростом инфляции начиная с 2000 г., и до тех пор пока данную меру не заменили в 2011 г. на новую – «топливный стабилизатор» (наряду с уменьшением существующей ставки топливной пошлины на 1 фунт стерлингов).</p> <p>Топливный стабилизатор вводит повышение топливной пошлины в соответствии с индексом розничных цен (ИРЦ), когда цены на нефть выше 75 долл. США за баррель, и на ИРП плюс 1 фунт стерлингов, когда цены ниже этого уровня в течение длительного периода. Тем не менее, каждое запланированное увеличение пошлины на топливо с 2011 года было отменено, в результате чего ставка заморозилась на уровне 0,5759 фунтов стерлингов за литр бензина и дизельного топлива, при этом ее значение снизилось в реальном выражении. Средние цены для конечных потребителей в 2019 г. на бензин и дизельное топливо составили 1,25 фунта стерлингов и 1,32 фунта стерлингов соответственно с топливной пошлиной, составляющей таким образом около 45% от цены этих видов топлива (ещё 20% цены составляет НДС). Хотя такие налоговые ставки и общие цены являются одними из самых высоких в ЕС, данные свидетельствуют о том, что их влияние на экономию топлива было относительно ограниченным, отчасти из-за того, что потребители придают мало значения экономии на топливе в ближайшей перспективе, а отчасти из-за минимальной разницы между стоимостью бензина и дизельного топлива на единицу пройденного расстояния, что дает мало стимулов для покупки более эффективного дизельного, а не бензинового, автомобиля.</p> <p>Еще три меры политики стали попыткой сократить выбросы и повысить топливную экономичность легковых автомобилей в Великобритании. Первая – это реорганизация механизмов налогообложения служебных машин в 2002 г. В соответствии с этой мерой уровень налоговой ставки на корпоративный автомобиль зависит от уровня выбросов CO₂ данным автомобилем, что поощряет покупку более экономичных автомобилей (ранее фиксированная ставка этого налога составляла 35%). Практически половина новых машин в Великобритании – это корпоративные автомобили, что оказывает влияние на уровень выбросов CO₂ при продажах более эффективных машин, а также при уменьшении пробега по служебной необходимости. Вторая мера политики – это утилизация старых автомобилей, введенная в 2009 г. Она была направлена на стимулирование покупки новых, более эффективных автомобилей при избавлении от старых, менее эффективных транспортных средств. Но при этом не было принято минимальных требований по эффективности новых автомобилей, и есть данные о том, что влияние на топливную экономичность автомобильного парка было незначительным. Третья мера политики – это зоны для платного въезда автомобилей в центр Лондона, и есть данные о том, что влияние на топливную экономичность автомобильного парка было незначительным. Факты свидетельствуют, что это привело к снижению выбросов CO₂ на 16%</p>

³⁷⁸ За исключением транспортных средств с нулевым уровнем выбросов, для которых ставки налога и в первый, и в последующие годы равны нулю.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	в области платного въезда в период с 2003 по 2006 гг. Это было достигнуто как уменьшением числа автомобилей, въезжающих в центр, и условиями эффективного вождения ввиду снижения интенсивности движения и заторов (хотя это было в некоторой степени компенсировано увеличением заторов из-за перемещения за пределы зоны). ³⁷⁹ В целом, данная мера вряд ли оказала серьезное влияние на средний уровень топливной экономичности в Великобритании.
Политические условия	<p>В 2017 г. правительство Великобритании объявило о «плане NO₂»,³⁸⁰ в соответствии с которым к 2040 г. должны прекратиться продажи новых автомобилей с обычными бензиновыми и дизельными двигателями, а стратегия «Дорога к нулю»³⁸¹ ставит промежуточную цель, в соответствии с которой к 2030 г. 50% продаваемых новых автомобилей должны быть с ультранизким уровнем выбросов. При этом правительство считает, что обе эти цели в основном достигнуты смещением приоритетов автопроизводителей и ростом потребительского спроса. В стратегии «Дорога к нулю» также указано, что после того как Великобритания покинет ЕС, правительство сохранит текущий подход и будет ставить новые цели по регулированию уровня выбросов, и эти цели будут не менее амбициозными, чем текущие обязательства.³⁸²</p> <p>За последние несколько лет осведомленность общественности и обеспокоенность по поводу загрязнения воздуха вредными веществами значительно возросли. Это отражается в резком изменении тенденции к увеличению доли дизельных машин в продажах новых автомобилей, о которой говорилось выше, после скандала с «Дизельгейтом», о котором также говорилось выше.</p>

Источник: University College London.

7.2 Электромобили

В 2018 г. мировые продажи электромобилей выросли на 68% до 1,98 млн, что превышает продажу всех легковых автомобилей в России. Парк электромобилей вырос до 5,12 млн, из них на долю электромобилей на батареях пришлось 3,3 млн, а на долю заряжаемых гибридов – 1,8 млн. В России парк электромобилей в 2019 г. был равен 4,6 тыс., а в Великобритании – 133 тыс.

Только в Китае в 2018 г. было продано более 1 млн электромобилей, еще 385 тыс. в Европе и 361 тыс. в США. На эти три региона пришлось более 90% всех продаж. В Норвегии доля электромобилей в продажах составила 46% в 2018 г., в Исландии – 17%, а в Швеции – 8%. К 2050 г. объем продаж электромобилей в мире может достичь 70-90 млн.

В России меры поддержки развития электротранспорта довольно скромные. В Великобритании переводу транспорта на низкоуглеродные траектории развития уделяется значительно больше внимания. Стратегия «*The Road to Zero. Next steps towards cleaner road transport and delivering our Industrial Strategy*» содержит план из 46 пунктов. Он включает запрет на продажи автомобилей на бензине и дизельном топливе после 2040 г.

³⁷⁹ TfL (2006). Central London Congestion Charging Scheme Impacts Monitoring: Fourth Annual Report, Transport for London, London.

³⁸⁰ «План NO₂» был разработан для снижения уровней выбросов NO₂ до допустимых пределов, определенных в Директиве ЕС об окружающем воздухе 2008 г.

³⁸¹ Эта стратегия нацелена на «превращение Великобритании в лидера разработки и внедрения транспортных средств с нулевым уровнем выбросов».

³⁸² HM Government (2018). *The Road to Zero*, HM Government, London.

Рассматривается возможность переноса этого срока на 2035 г. К 2050 г. весь парк легковых автомобилей должен стать безуглеродным (с выбросами менее 50 гСО₂/км). Предусматривается повысить долю добавок биотоплива в жидкое топливо до 7% к 2032 г., предоставлять компенсацию в размере £3500 за приобретение электромобиля, распространить эту схему на микроавтобусы, предоставлять гранты в размере £7500 для приобретения электромобиля-такси, предоставлять другие налоговые льготы. Предусмотрена реализация схемы поддержки перевода автобусов на низкоуглеродные модели и ускоренная амортизация для инвестиций в заправочную инфраструктуру. Ставится задача по переводу 25% парка правительственных автомобилей к 2022 г. на ультранизкие выбросы ПГ. Почта и UPS в Великобритании уже переходят на электромобили. Правительство заключает добровольные соглашения с бизнесом по снижению удельных выбросов грузовиками на 15% к 2025 г. от уровня 2015 г., выделяет 246 млн фунтов на разработку следующего поколения батарей и 400 млн фунтов на формирование Фонда зарядной инфраструктуры, в т.ч. беспроводной. Предусмотрено оказание поддержки местным правительствам по переходу к низкоуглеродному транспорту. Вводится нормативное требование по строительству всех новых зданий с системами зарядки для автомобилей. Парк электромобилей в Великобритании к 2050 г. может составить 31-34 млн.³⁸³ Помимо экологических соображений ставятся практические задачи по захвату рыночных ниш на рынке низкоуглеродных автомобилей, емкость которого достигнет 2 трлн долл. в год уже к 2030 г. и вырастет до 4-6 трлн долл. к 2050 г. К этому следует добавить рынок заправочной инфраструктуры. Для сравнения: нефтегазовый экспорт России в 2018 г. составил 254 млрд долл.

Из новых технологий мобильности в России наиболее активно развивается каршеринг. На долю парка каршеринговых автомобилей приходится уже 1,2%, что близко к Великобритании (1,5%) и ко многим развитым странам.

³⁸³ Future Energy Scenarios 2019 Data Workbook.

Таблица 7.3 Электромобили. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>По состоянию на 2018 г., по данным ГИБДД, в России было зарегистрировано 1252 электромобилей, или только 0,0025% парка. По данным «Автостата», число электромобилей в 2018 г. составило 2381, из которых 2237 – подержанные. К июлю 2019 г. парк электромобилей вырос до 4600.³⁸⁴</p> <p>Продажи новых электромобилей по итогам 2019 г. составили 353 единицы, что на 145% больше, чем в 2018 г. (144 шт.)³⁸⁵ и составляет 0,002% от всего объема продаж легковых автомобилей. По данным «Автостата», в 2019 г. были проданы автомобили 23 различных марок.³⁸⁶ Наиболее популярная марка – Nissan Leaf составляет более 80% текущего парка электромобилей в России (включая праворульную версию подержанных автомобилей из Японии). Поставки этой модели осуществляются только под заказ. По состоянию на январь 2020 года в Москве электробусы обслуживают 20 маршрутов. Сейчас на маршрутах Москвы функционируют 300 электробусов.</p>
Прогнозные оценки	<p>Существуют прогнозные оценки по парку электромобилей на 2050 г., сформированные ЦЭНЭФ-ХХІ и МАДИ. По этим оценкам, в базовом сценарии парк легковых электромобилей в 2050 г. не растёт, а в сценарии «1,5 градуса» растёт до 28,3-49,5 млн (64-81%), то есть к середине века электромобили будут доминировать как в продажах, так и в парке.</p>
Затраты на реализацию технологии	<p>В 2019 г. цена нового электромобиля составляла 3,5-4,5 млн руб., а подержанного автомобиля нового поколения (2016-2018 гг. выпуска) – примерно 1,5 млн руб. Средняя цена новой машины С-класса – 923 тыс. руб., автомобиля класса SUV (кроссовер или внедорожник) – 1,9 млн руб., D-класса (большие семейные седаны или универсалы) – 1,8 млн руб., E-класса (бизнес-седаны) – 2,3 млн руб. Расход энергии Nissan Leaf в смешанном цикле равен 18,7 кВт-ч/100 км. При зарядке по ночному тарифу 1,5 руб./кВт-ч годовая стоимость электроэнергии при пробеге 10 тыс. км в год составит 2,8 тыс. руб. Соответствующая стоимость бензина для автомобиля класса «Гольф» составит 36-45 тыс. руб. Для города расходы для Nissan Leaf составят 2,5 тыс. руб., а для топливных аналогов – 54-63 тыс. руб. Снижаются затраты на ремонт и содержание. Стоимость одного электробуса составляет примерно 32 млн руб. Стоимость одной ультрабыстрой зарядочной станции составляет 15 млн руб. Зарядка осуществляется за 24 минуты.</p>
Прочие ключевые характеристики технологии	<p>Электромобили уже могут отдавать электроэнергию в сеть и тем самым участвовать в выравнивании графиков нагрузки. В части использования сети для зарядки все зависит от суточного графика и тарифа на электроэнергию. В местах с высокой выработкой электроэнергии на ВИЭ и низкими ценами в дневное время зарядные станции могут быть расположены ближе к парковкам, офисам и предприятиям, в местах с низкими ночными тарифами – в жилых кварталах. Снижается потребность заезжать на заправку. Снижается уровень городского шума.</p>

³⁸⁴ <https://www.autostat.ru/infographics/41792/>.

³⁸⁵ <https://fingazeta.ru/transport/rynok/459941/>.

³⁸⁶ <https://www.kommersant.ru/doc/4127619>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Инфраструктурная среда	<p>Для развития электрифицированного легкового автомобильного транспорта нужна сеть зарядных станций. По данным Росстата, в России в 2018 г. на дорогах общего пользования имелось 24 зарядные станции. Число частных зарядных станций ЦЭНЭФ-XXI оценил в 7 тыс. Процесс динамично развивается. В рамках программы «Автодора» к 2020 г. будет установлено 71 электрочарядных станций, 55 участков УДС будет оборудовано интеллектуальными системами для движения беспилотников к 2024 г. В Москве в зоне платных парковок введено в эксплуатацию 33 зарядные станции для электромобилей. В Санкт-Петербурге работают 32 зарядные станции двух типов (быстрая и медленная зарядка). В сценарии «1,5 градуса» число зарядных станций общего пользования может вырасти до 21,3 тыс., а частных пунктов зарядки – до 1,3 млн.</p>
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Электромобили не дают прямых выбросов ПГ и загрязняющих веществ, что позволяет существенно снизить объем и концентрации вредных выбросов. Косвенные выбросы ПГ имеют место при производстве электроэнергии. В России средние выбросы ПГ при выработке электроэнергии в 2018 г. составили 363 гСО₂/кВт-ч, а значит, прямые и косвенные выбросы ПГ равны 68 гСО₂/км. Выбросы СО₂ от сжигания бензина и дизельного топлива равны 2,4-2,6 кгСО₂/л, или 192-260 гСО₂/км. Если учитывать потери в сетях в размере 10%, то удельные выбросы ПГ в месте зарядки электромобиля составят 76 гСО₂/км, а если учитывать выбросы ПГ по всей цепочке от скважины до бака, то косвенные выбросы ПГ на стадиях добычи, переработки, транспортировки и распределения жидкого топлива увеличиваются на 0,6 кг СО₂/л³⁸⁷, что доводит суммарные прямые и косвенные выбросы до 240-320 гСО₂/км, что в 3-4 раза больше прямых и косвенных выбросов от электромобиля. Если вся электроэнергия производится на угле и в расчет принимаются все выбросы, включая стадию производства автомобиля, то только тогда прямые и косвенные удельные выбросы ПГ автомобиля с двигателем внутреннего сгорания становятся равными выбросам электромобиля. Но в мире нет ни одной страны, где доля угля в генерации электроэнергии составляет 100%.</p> <p>На автомобильный транспорт приходится 11 млн т выбросов вредных веществ. При замене двух третей парка на электромобили эти выбросы могут быть сокращены на 67%, что позволит существенно снизить смертность от загрязнения воздуха, которая оценивается в диапазоне 30-150 тыс. чел. в год.</p> <p>Потенциальный глобальный рынок легковых электромобилей в 2050 г. – примерно 4-8 трлн долл. Россия еще не успела сильно отстать от мировых лидеров. Если упустить время и не оказывать поддержку этому рынку, то это со временем может привести к недогрузке мощностей российского автопрома. Примером может служить Москва, которая заказывает электробусы у российских компаний (КамАЗа и ЛиАЗа).</p>

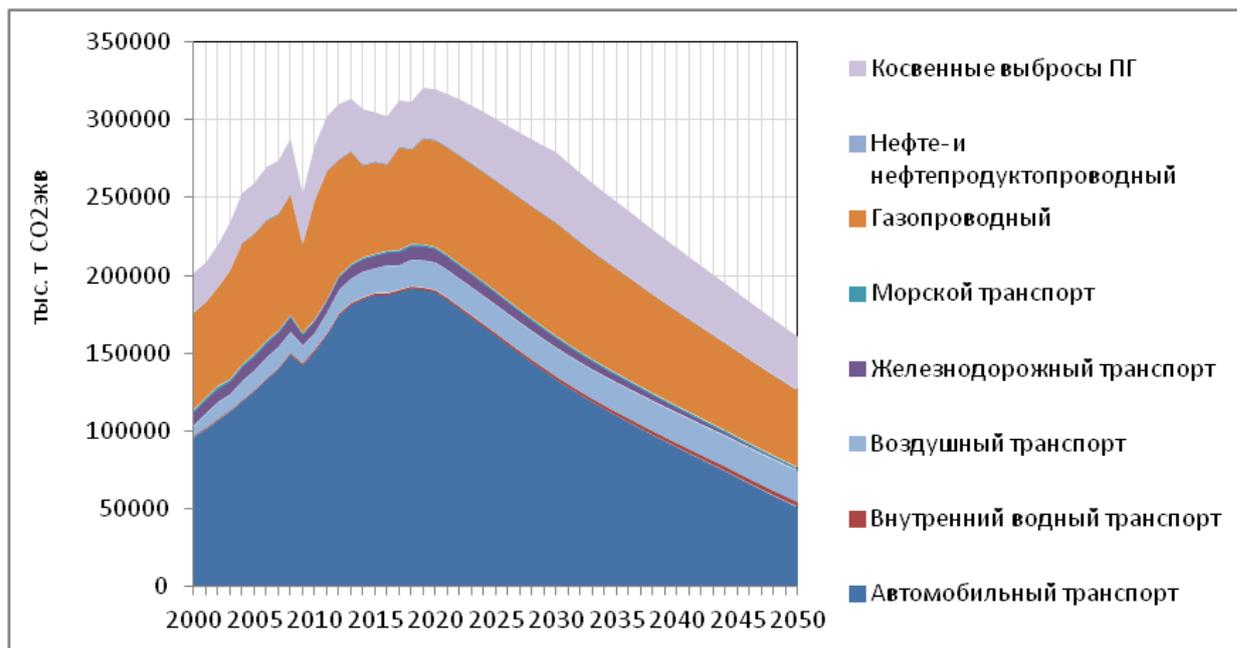
³⁸⁷ <https://www.lowcvp.org.uk/Hubs/leb/TestingandAccreditation/WTTFactors.htm>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Меры политики	<p>На федеральном уровне установлена возможность заряжать электромобили в помещениях, под навесами и на открытых площадках для хранения и стоянки транспорта (Постановление Правительства РФ от 18.11.2017 г. № 1393 «О внесении изменения в Правила противопожарного режима в Российской Федерации»). Возможность для владельцев автозаправочных станций оборудовать свои станции зарядными колонками и оказывать услуги по подзарядке транспортных средств с электродвигателями создаст стимул для развития экологически чистого транспорта и определена Постановлением Правительства России от 27.08.2015 г. № 890. Комплексный план мероприятий по поддержке производства и использования экологически чистого транспорта (поручение Заместителя Председателя правительства Российской Федерации Дворковича А.Д. № АД-П9-3076 от 28.04.2014) включает комплекс мер по созданию механизмов стимулирования производства и использования экологически чистого транспорта. Бесплатная парковка для электромобилей на платных парковочных местах определена Постановлением Правительства Москвы от 17.05.2013 № 289-ПП «Об организации платных городских парковок в городе Москве» и Постановлением Правительства Санкт-Петербурга № 417 от 31.05.2016 «О внесении изменений в некоторые постановления Правительства Санкт-Петербурга и изменении предмета деятельности СПб ГКУ «Городской центр управления парковками Санкт-Петербурга». Аналогичная мера политики существует в Казани. В Туле парковка для электромобилей платная, но со скидкой 50%.</p>
Политические условия	<p>В разработанных ЦЭНЭФ-XXI и МАДИ предложениях в рамках обосновывающих материалов к «Основным направлениям стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов ПГ до 2050 г.» сформулированы следующие предложения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • углубление электрификации транспорта, включая автомобильный, с доведением доли гибридов и электромобилей в парке всех автотранспортных средств до 70-75% к 2050 г. за счет существенного удешевления электромобилей и реализации фискальных и административных (бесплатная парковка, доступ к выделенным полосам) мер, стимулирующих покупку электромобилей, развитие зарядной инфраструктуры, в том числе с использованием мер финансовой поддержки; • перевод не менее 25% парка автомобилей федерального правительства к 2025 г. на ультранизкие выбросы ПГ; • установление квот для российских автопроизводителей на выпуск электромобилей с низкими уровнями выбросов ПГ (менее 50 г CO₂/км). <p>Возможные сроки и формы реализации этих и подобных предложений пока остаются неясными. Сравнительно низкие цены на топливо сдерживают роста парка электромобилей.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

В сценарии «1,5 градуса» удастся существенно снизить выбросы ПГ от автомобильного транспорта. В структуре выбросов ПГ от транспорта автомобильный транспорт уступает доминирующую роль газопроводному (рис. 7.3). Значение прямых выбросов ПГ в 2019 г. – 280 млн т CO_{2эКВ}. – оказывается пиковым и снижается до 126 млн т CO_{2эКВ}. в 2050 г. С учетом косвенных выбросов ПГ их уровень снижется до 161 млн т CO_{2эКВ}. в 2050 г.

Рисунок 7.3 **Динамика прямых и косвенных выбросов парниковых газов от транспорта в сценарии «1,5 градуса»**



Источник: Данные по прямым выбросам за 2000-2017 гг. – Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. Москва 2019. Оценки косвенных выбросов и прогнозные оценки – ЦЭНЭФ-XXI и МАДИ.

Таблица 7.4 Электромобили. Великобритания

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Потребление электричества дорожным транспортом в 2018 г. выросло до 0,2 ТВт-ч, что на 31% выше, чем в 2017 г. Этот рост обеспечен увеличением числа электромобилей ³⁸⁸ в структуре транспорта. Данный тренд был подтверждён в 2019 г. Во второй четверти 2019 г. в Великобритании было зарегистрировано на 5% больше автомобилей, работающих на альтернативном виде топлива ³⁸⁹ , чем в 2018 г. Их число уже достигло 38 тыс., но при этом количество зарегистрированных новых автомобилей со сверхнизким уровнем выбросов (ULEV) снизилось с 15847 до 14811 (на 7%). ³⁹⁰ И хотя число новых зарегистрированных автомобилей со сверхнизким уровнем выбросов снизилось, число зарегистрированных новых электромобилей (BEV) ³⁹¹ существенно выросло. В январе 2020 г. в Великобритании было зарегистрировано 4054 электромобилей, что на 204% выше уровня 2019 г. (1334 электромобилей). ³⁹² На данный момент в Великобритании уже есть 29 тыс. зарядных станций для электромобилей, которые находятся в 10,5 тыс. различных точек. ³⁹³ В 2018 г. в Великобритании было 14000 общественных зарядных точек для электромобилей. ³⁹⁴ В июле 2019 г. уровень продаж новых автомобилей снизился на 4% до 157198 шт. (самый низкий уровень с 2012 г.), но при этом продажи электромобилей почти утроились с 880 проданных в 2018 г. до 2271 в июле 2019 г. ³⁹⁵ В октябре 2019 г. на каждые 10 проданных автомобилей приходился один гибридный автомобиль или электромобиль. ³⁹⁶
Прогнозные оценки	Согласно сценариям «Энергии будущего национальной энергосистемы», рост числа электромобилей является наивысшим в сценариях «Два градуса» и «Возобновляемые источники энергии» (наиболее популярный вид транспорта к 2035 г.). В сценариях «Устойчивый прогресс» и «Потребительская эволюция» освоение электромобилей будет более медленным по сравнению с двумя предыдущими сценариями, и они станут самым популярным видом транспорта только в начале 2040-х годов. Согласно прогнозам, к 2030 г. на дорогах будет 10 млн электромобилей и 35 млн электромобилей к 2050 г. С точки зрения тарификации, в сценариях «Два градуса» и «Устойчивый прогресс» электромобили будут чаще заряжать на общественных зарядках, а в сценариях «Возобновляемые источники энергии» и «Потребительская эволюция» зарядка в большей степени будет проводиться в домохозяйствах. Последний вариант больше подходит для «умной зарядки» с дифференцированными тарифами, которая,

³⁸⁸ Department for Business, Energy and Industrial Strategy – BEIS (2019) ‘Digest of UK Energy Statistics (DUKES) 2019’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2019>.

³⁸⁹ Автомобили с силовыми установками, работающими на иных видах топлива, чем бензин и дизель – гибриды, электромобили, автомобили на газе, на био-газе, на водроде/топливных элементах.

³⁹⁰ Department for Transport (2019). ‘Vehicle Licensing Statistics: 2019 Quarter 2 (Apr-Jun)’ доступно по ссылке: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/830795/vehicle-licensing-statistics-april-to-june-2019.pdf.

³⁹¹ Автомобили, которые приводит в движение только электродвигатель, работающий от батареи, запас хода составляет до 320 км на одной зарядке.

³⁹² SMMT (2020). ‘Electric Vehicle and Alternatively Fuelled Vehicle Registrations January 2020 and Year-to-Date’, доступно по ссылке: <https://www.smmt.co.uk/vehicle-data/evs-and-afvs-registrations/>.

³⁹³ EDF (2020). ‘Electric car UK charging points.’ Доступно по ссылке: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/charging-points> (Дата обращения: 18 февраля 2020 г.).

³⁹⁴ OLEV (2019). ‘Reducing emissions from road transport: Road to Zero Strategy’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/reducing-emissions-from-road-transport-road-to-zero-strategy>.

³⁹⁵ SMMT (2019). ‘New car market declines in July but pure EV registrations almost triple’, доступно по ссылке: <https://www.smmt.co.uk/2019/08/new-car-market-declines-in-july-but-pure-ev-registrations-almost-triple/>.

³⁹⁶ FT (2019). ‘Electric and hybrid car sales jump to 10 per cent of UK total’, доступно по ссылке: <https://www.ft.com/content/d57efdf6-ffad-11e9-be59-e49b2a136b8d> (Дата обращения: 18 февраля 2020 г.).

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>по прогнозам, будет использоваться для более чем 75% всех электромобилей в 2050 г. В сценариях «Возобновляемые источники энергии» и «Потребительская эволюция» большинство людей будут использовать точки заряда электромобилей рядом с домом, а в сценарии «Два градуса» и «Устойчивый прогресс» приоритет будет у общественных зарядных станций. Во всех сценариях, согласно прогнозам, к 2050 г. «умные зарядки» (с дифференцированными тарифами) будут использоваться потребителями энергии в большей степени, чем технология «vehicle-to-grid» (подключение машины в общую электрическую сеть для подзарядки автомобиля с возможностью выдачи электроэнергии обратно в сеть). В то время как «умную зарядку» по сценарию «Потребительская эволюция» будут использовать 73% потребителей, технологией «vehicle-to-grid» будут пользоваться 13% потребителей. По сценарию «Возобновляемые источники энергии» «умную зарядку» будут использовать 78% потребителей, а «vehicle-to-grid» - 14%. В сценариях «Устойчивый прогресс» и «Два градуса» эти уровни составляют 61% и 65% соответственно для «умной зарядки» и 10% и 11% соответственно для «vehicle-to-grid».</p>
<p>Затраты на реализацию технологии</p>	<p>Стоимость зарядки электромобилей отличается в зависимости от того, используется ли домашняя зарядка или общественная зарядная станция.³⁹⁷ В первом случае расходы будут зависеть от выбора тарифа, от того насколько часто электромобиль заряжается дома по отношению к общественным зарядкам, и от типа зарядного устройства. Расходы будут включены в ежемесячные счета за электроэнергию, поэтому становится важным исследовать непиковые цены на электроэнергию и количество непиковых часов, доступных для периодов, в которые требуется зарядка транспортных средств (время зарядки зависит от модели электромобиля). Стоимость установки домашней точки зарядки составляет около 1000 фунтов стерлингов, но эта сумма может быть уменьшена на 50% в рамках гранта Управления по транспортным средствам с низким уровнем выбросов (OLEV) (подробнее см. ниже). Стоимость зарядки на общественных зарядных точках варьирует в зависимости от пункта зарядки, местоположения точки зарядки, номинальной мощности в зависимости от технологии (медленной, быстрой или ускоренной зарядки). Быстрая зарядка (позволяет зарядить 80% электромобилей в течение 20-40 минут), как правило, является самой дорогой и обычно встречается на станциях технического обслуживания, на автомагистралях. Быстрые зарядки также есть на парковках: Lidl (23 фунта/кВт-ч) и Tesco (24 фунта/кВт-ч), что составляет около 6-7 фунтов стерлингов за 30 минут зарядки, которой хватит примерно на 160 км. Стоимость электромобилей в Великобритании начинается с отметки примерно 25 тыс. фунтов стерлингов за новое транспортное средство с батареей мощностью 50 кВт и запасом хода до 400 км (новый Renault Zoe, который заменил более дешевую модель стоимостью около 14 тыс. фунтов стерлингов); и 22 тыс. фунтов стерлингов за большую семейную модель с запасом хода до 262 км. Модель среднего класса с запасом хода до 312 км стоит 29,5 тыс. фунтов стерлингов, в то время как стартовая стоимость электромобиля Tesla Model S составляет 77,7 тыс. фунтов стерлингов. Распространенной альтернативой покупке электромобиля является лизинг. Преимущество в этом случае заключается в том, что лизинговые компании также предлагают пакеты обслуживания. С точки зрения затрат на техническое обслуживание, электромобиль</p>

³⁹⁷ EDF (2020). 'How much it costs to charge & run an electric car.' Доступно по ссылке: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/costs> (Дата обращения: 18 февраля 2020 г.).

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>обходится дешевле, чем обычные транспортные средства, потому что у них меньше движущихся частей, а рекуперация энергии на торможениях накапливает некоторое количество электричества обратно в аккумулятор. Обслуживание электромобилей в среднем стоит на 23% дешевле, чем обслуживание бензиновых автомобилей.³⁹⁸</p>
<p>Прочие ключевые характеристики технологии</p>	<p>Электромобили можно разделить на подключаемые гибриды (PHEV) и на аккумуляторные электромобили (BEV). Многие факторы влияют на время, место и частоту зарядки электромобилей, которые связаны с транспортными потребностями и образом жизни. Это отражается на различных способах зарядки автомобилей и наличии зарядных станций для электромобилей. Пики спроса на зарядку в Великобритании приходятся на рабочие дни с 7 до 8 часов вечера, а в выходные дни общий спрос снижается на 25% и достигает пика на час раньше. На пиках преобладает зарядка электромобилей в домохозяйствах, а общественные зарядки создают меньший по размеру пик с 9 до 10 утра. Срок службы литий-ионной батареи, используемой в электромобилях, зависит от множества факторов, таких как уровень заряда, скорость зарядки, глубина разряда и температура, при этом на большинство аккумуляторных батарей для электромобилей дают восьмилетнюю гарантию.³⁹⁹ Основные барьеры для внедрения электромобилей связаны со сроком службы батарей, диапазоном и отсутствием полной цепочки их поставок, которая включает их повторное использование, восстановление и переработку.⁴⁰⁰</p>
<p>Инфраструктурная среда</p>	<p>Развитие необходимой инфраструктуры поможет поддержать интеграцию электромобилей в систему электроснабжения и раскрыть её преимущества. Эта сфера, включая микросети, электромобили и их зарядку, всё ещё находится на ранних стадиях. Зарядная инфраструктура является ключом для интеграции электромобилей в систему электроснабжения, особенно система «умной зарядки» (с дифференцированными тарифами). В жилых домах устанавливаются зарядные устройства с номинальной мощностью от 3 до 7 кВт, которые обеспечивают медленную зарядку; зарядные устройства, расположенные в районе рабочих мест, имеют зарядную мощность от 3 до 22 кВт; медленные/быстрые зарядные устройства доступны в таких местах, как автостоянки и супермаркеты, и имеют зарядную мощность ≤22 кВт; ускоренные общественные зарядки, которые также есть в общественных местах, имеют зарядную мощность ≥43 кВт и могут заряжать автомобиль примерно за 30 минут. Приложения для карт и навигаторов все чаще предоставляют более подробную информацию о местах расположения зарядных устройств, и владельцы электромобилей могут понять, какой тип зарядки доступен с точки зрения вида зарядного устройства, порта подключения и скорости зарядки.</p>
<p>Экологические, экономические и социальные эффекты</p>	<p>Более 70% нефтепродуктов потребляется на транспорте (дорожным и авиационным транспортом). Электромобили играют ключевую роль в снижении углеродного следа в транспортном секторе, так как нефтепродукты по-прежнему будут иметь важное значение для самолетов и крупнотоннажных транспортных средств. Оценки показывают снижение потребности в энергии для транспорта с 500 ТВт-ч в 2018 году до 200 ТВт-ч в 2050 году благодаря переходу на электромобили. Они также играют ключевую роль в снижении</p>

³⁹⁸ Fleetnews (2018). 'Electric vehicles cost 23% less to maintain than petrols, says Cap HPI.' Доступно по ссылке: <https://www.fleetnews.co.uk/news/fleet-industry-news/2018/10/16/electric-vehicles-cost-23-less-to-maintain-than-petrols-says-cap-hpi> (Дата обращения: 18 февраля 2020 г.).

³⁹⁹ Battery University (2019). 'BU-1003a: Battery Aging in an Electric Vehicle (EV).' Доступно по ссылке: https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_1003a_battery_aging_in_an_electric_vehicle_ev (Дата обращения: 18 февраля 2020 г.).

⁴⁰⁰ Innovate UK (2017). 'Future electric vehicles batteries: long-lasting, cleaner, better', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/news/future-electric-vehicle-batteries-long-lasting-cleaner-better>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>углеродного следа в области электроснабжения. Электромобили создают новые возможности для реагирования на спрос, они могут экспортировать энергию в сеть и помогают сократить расходы на электроэнергию, минимизируя необходимые объёмы новой генерации энергии и инвестиций в сети. Электромобили позволяют получить выгоду от более дешёвых цен на электроэнергию в моменты низкого спроса или во время высокого уровня экспорта энергии в сеть. Одна пятая потенциала солнечной генерации в Великобритании может быть раскрыта с помощью «умных зарядок» (с дифференцированными тарифами) для электромобилей. Однако аккумуляторы электромобилей, подключенные к нескольким элементам литиевой батареи, имеют высокое напряжение, поэтому они представляют опасность поражения электрическим током. Экологическая проблема в этой сфере связана с утилизацией аккумуляторов по окончании срока их службы. Большое разнообразие химикатов и элементов конструкции батарей, используемых в электромобилях, может образовать 250 тыс. т необработанных отходов. В секторе транспортных средств с низким уровнем выбросов в Великобритании занято более 15 тыс. чел. Литий, используемый в батареях для электромобилей, представляет собой редкоземельный тяжелый металл, что вызывает проблемы, связанные с устойчивой добычей полезных ископаемых. Существующие подходы являются медленными, химически интенсивными и производят большие объёмы отходов, при этом полмиллиона литров соляного рассола на тонну лития испаряется в процессе, что вызывает дополнительные проблемы, поскольку две трети мирового производства энергии извлекается из соляных растворов.⁴⁰¹</p>
<p>Меры политики</p>	<p>Управление по транспортным средствам с низким уровнем выбросов (OLEV) министерства транспорта и департамент бизнеса, энергетики и промышленной стратегии Великобритании имеет группу, работающую в нескольких правительственных органах для поддержки распространения транспортных средств со сверхнизким уровнем выбросов, и внедрение электромобилей в настоящее время поддерживаются следующими мерами политики в Великобритании:</p> <p>Транспортные средства со сверхнизким уровнем выбросов.⁴⁰² Управление по транспортным средствам с низким уровнем выбросов выделяет более 900 млн фунтов стерлингов для поддержки разработки, производства и использования автомобилей с низким уровнем выбросов.⁴⁰³ В его обязанности входит предоставление грантов для сокращения первоначальных затрат, исследование возможностей более широкого роста и распространения зелёных технологий, поддержку британского бизнеса в секторе ULEV и разработку национальной стратегии подзарядки.</p> <p>Создавая связи: стратегия инфраструктуры подключаемых транспортных средств (2011 г.).⁴⁰⁴ Определяет концепцию проведения пробных подключений для информирования разработчиков бизнес-моделей, устранения барьеров на</p>

⁴⁰¹ Flexer, V., Baspineiro, C., Galli, C. (2018). 'Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing', *Science of Total Environment*, vol. 639, 1188-1204, доступно по ссылке: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718318746>.

⁴⁰² OLEV (2011). 'Making the connections: the plug-in vehicle infrastructure strategy', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/making-the-connection-the-plug-in-vehicle-infrastructure-strategy>.

⁴⁰³ OLEV (2020). 'About Us', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/organisations/office-for-low-emission-vehicles/about>.

⁴⁰⁴ OLEV (2011). 'Making the connections: the plug-in vehicle infrastructure strategy', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/making-the-connection-the-plug-in-vehicle-infrastructure-strategy>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>рынке и улучшения среды для частных инвестиций и поддержки потребителей.</p> <p>Программа «Подключенные места» (2013).⁴⁰⁵ Главная тема программы – зарядка электромобилей. Программа обеспечивала совместное финансирование предприятий и партнеров из государственного сектора для разработки схем зарядки подключаемых транспортных средств. Правительство поддерживало 8 проектов «Подключенные места», в рамках которых к концу марта 2013 г. было установлено более 4 тыс. точек зарядки.</p> <p>Схема предоставления грантов на подключаемые транспортные средства (2014).⁴⁰⁶ Поощряет покупку транспортных средств с более низким уровнем выбросов, чем у подключаемых гибридных электромобилей.</p> <p>Схема «Переход на сверхнизкое потребление» (2015).⁴⁰⁷ Правительство и автомобильная промышленность финансируют эту схему стоимостью 35 млн фунтов стерлингов, которая представляет собой коммуникационную кампанию, направленную на популяризацию электромобилей. Ноттингем, Бристоль, Милтон Кинс и Лондон были успешны в процедуре подачи заявок на продвижение развертывания таких технологий, как центр быстрой зарядки.</p> <p>Схема зарядки электромобилей в домохозяйствах (2016/2018/2019).⁴⁰⁸ Финансирует до 75% суммы, необходимой на установку точек зарядки электромобилей, с планкой в 500 фунтов стерлингов.</p> <p>Закон об автоматизированных и электрических транспортных средствах (2018 год).⁴⁰⁹ Предоставляет возможность устанавливать требования к новым точкам зарядки электромобилей, в соответствии с которыми они должны иметь функцию «умной зарядки» (дифференцированных тарифов), чтобы гарантировать потребителям возможность заряжать свои электромобили при низких ценах на электроэнергию.</p> <p>Стратегия «путь к нулевым выбросам» (2018). Устанавливает цели по освоению электромобилей к 2030 и 2040 г., включая инфраструктуру пунктов зарядки и управление ее интеграцией в систему электроснабжения. Цель состоит в том, чтобы запретить продажу автомобилей и микроавтобусов с двигателями внутреннего сгорания к 2035 г., включая запрет на гибриды. К 2030 г., по крайней мере, 50% продаваемых новых автомобилей и 40% продаваемых новых микроавтобусов должны быть с очень низким уровнем выбросов. Чтобы снизить выбросы от существующих транспортных средств и поддержать использование самых чистых транспортных средств, будут приняты следующие меры политики:</p> <ul style="list-style-type: none"> • увеличение поставок низкоуглеродного топлива благодаря юридически обязательной 15-летней стратегии по обеспечению доли в 7% от автомобильного топлива к 2032 г.; • меры правового регулирования, направленные на исключение установки оборудования, занижающего данные об уровне выбросов; • расширение схемы аккредитации чистого транспортного средства (CVRAS) путём включения в неё фургонов, такси и арендуемых автомобилей;

⁴⁰⁵ OLEV (2013). 'Lessons learnt from the Plugged-in Places projects', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/lessons-learnt-from-the-plugged-in-places-projects>.

⁴⁰⁶ OLEV and Department for Transport (2014). 'Plug-in vehicle infrastructure grants: second round', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/plug-in-vehicle-infrastructure-grants-second-round>.

⁴⁰⁷ OLEV (2015). 'Go ultra low city scheme: guidelines for bidders 2015', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/go-ultra-low-city-scheme-guidelines-for-bidders>.

⁴⁰⁸ OLEV (2019). 'Customer guidance: Electric Vehicle Homecharge Scheme', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/customer-guidance-electric-vehicle-homecharge-scheme>.

⁴⁰⁹ UK (2018). 'Automated and Electric Vehicles Act 2018', доступно по ссылке: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/18/contents/enacted>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<ul style="list-style-type: none"> • ускорение процесса внедрения экономичных автомобилей в личном пользовании граждан и экономичных служебных автомобилей; • новые гранты для подключаемых автомобилей, микроавтобусов, такси и мотоциклов (электромобили, подключаемые гибриды, гибриды со вспомогательным блоком питания) до 2020 г.; • к 2022 г. автомобильный парк центрального правительства должен на 22% состоять из автомобилей со сверхнизким уровнем потребления энергии и на 100% - к 2030 г.; • реализация схемы «Переход на сверхнизкое потребление»; • консультативная группа по выбросам автомобильного транспорта, объединяющая правительство, отрасль автопромышленности и группу потребителей, цель которой заключается в донесении до потребителей чёткой и согласованной информации и рекомендаций по выбору топлива и технологий; • консультации по стратегии «Чистый воздух»; • новая конкурентоспособная программа развития электросетей, направленных на улучшение ключевых областей бизнеса для повышения производительности; • поддержка новых рынков, находящихся на ранней стадии, путём руководства, финансирования, обучения и изменения необходимой документации; • запуск сбора данных о вредных выбросах от шин, тормозов и износа дорожного покрытия; • следование технологии нейтрального подхода; • снижение выбросов от тяжёлых грузовиков и дорожных перевозок на 15% к 2025 г.; • самые большие инвестиции в истории Великобритании в исследования и разработки – 2,4% ВВП к 2027 г.; • распределение бюджета (246 млн фунтов стерлингов) в рамках проекта Faraday Battery Challenge; • создание британской цепочки поставок автомобилей со сверхнизким уровнем выбросов (ULEV); • расширение сбора данных через Национальный офис статистики; • инвестиционный фонд зарядной инфраструктуры размером 400 млн фунтов стерлингов; • принятие закона об автоматизации и электромобилях; • гарантированное оснащение новых домов инфраструктурой для зарядки электромобилей; • гарантированное оснащение новых систем уличного освещения зарядными точками для электромобилей; • предоставление гранта на разработку схемы домашней зарядки электромобилей к марту 2019 г.; • увеличение гранта по схеме «Зарядка на рабочем месте» с выделением на установку зарядного устройства от 300 фунтов стерлингов до оплаты 75% от стоимости установки (верхняя планка – 500 фунтов стерлингов); • инвестиции в размере 4,5 млн фунтов стерлингов в уличную систему зарядки для жителей до 2020 года; • включение оборудования для зарядки электромобилей в местное планирование и политику;

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<ul style="list-style-type: none"> • консультации по изменению строительных норм; • запуск программы исследования и разработок с бюджетом 40 млн фунтов стерлингов к лету 2018 г.; • стратегия развития дорожной сети для повышения числа электромобилей на дорогах; • создание целевой группы по энергетике и электромобилям для обеспечения связи между энергетической и автомобильной промышленностью; • предоставление фактической информации о последних исследованиях ключевых барьеров для перехода на автомобили со сверхнизким уровнем выбросов (ULEV); • второй поток финансирования местных властей объемом в общей сложности 6 млн фунтов стерлингов; • выездные презентации по всей Великобритании для распространения опыта лучших практик. <p>Грант на подключаемые машины и микроавтобусы (2011/2012/2018).⁴¹⁰ Впервые представленный в 2011 и 2012 годах и измененный в 2018 году, он обеспечил поддержку покупки более 160 тыс. новых автомобилей со сверхнизким уровнем выбросов (электромобили, подключаемые гибриды, гибриды со вспомогательным блоком питания) в течение первых 7 лет. Объявленные изменения в 2018 г. были направлены на поддержку покупки следующих 35 тыс. экологичных автомобилей. Эта программа снижает первоначальные затраты на автомобили со сверхнизким уровнем выбросов, предоставляя грант производителям и дилерам, которые дополнительно помогают покупателям получать различные скидки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • на автомобили с выбросами менее 50 грамм CO₂/км с запасом хода без выбросов как минимум 112 км: 35% от стоимости, но не более 3,5 тыс. фунтов стерлингов; • на мотоциклы с нулевыми выбросами CO₂ с запасом хода не менее 50 км между двумя зарядными точками: 20% от стоимости, но не более 500 фунтов стерлингов; • на мопеды с нулевыми выбросами CO₂ с запасом хода не менее 30 км между двумя зарядными точками: 20% от стоимости, но не более 1500 фунтов стерлингов; • на микроавтобусы с выбросами менее 75 гCO₂/км с запасом хода без выбросов как минимум 16 км: 20% от стоимости, но не более 8000 фунтов стерлингов; • на такси (специально построенные) с выбросами менее 50 гCO₂/км с запасом хода без выбросов как минимум 112 км: 20% от стоимости, но не более 7500 фунтов стерлингов; • на большие фургоны и грузовики, уровень выбросов которых на 50% меньше, чем у аналогичных моделей с двигателями внутреннего сгорания, работающих на топливе стандарта Евро VI, которые имеют ту же вместимость и с запасом хода без выбросов как минимум 16 км: грант на первые 200 заказов составит 20% от стоимости, но не более 20 тыс. фунтов стерлингов; после этого грант составит 20% от стоимости, но не более 8000 фунтов стерлингов.

⁴¹⁰ Department for Transport and OLEV (2018). 'Low emission vehicle eligible for plug-in grant', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/plug-in-car-van-grants/overview>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>Схема зарядки на рабочем месте (2018).⁴¹¹ Предоставляет поддержку для покрытия первоначальных затрат на покупку и установку зарядных устройств для электромобилей в сфере бизнеса, государственного сектора и для благотворительных организаций.</p> <p>Предоставление фактической информации о последних исследованиях ключевых барьеров, мешающих переходу на автомобили со сверхнизким уровнем выбросов (ULEV) (2018). Призыв собрать дополнительные данные о потенциальных барьерах, стоящих на пути электрификации автопарков. В сферу исследования входят электрофургоны, микроэлектромобили⁴¹² и грузовые мотоциклы с электромоторами, которые могут обеспечить более качественное обслуживание потребителей грузов. Проводится исследование масштабов потенциальных экологических выгод, стимулов для широкомасштабного повышения эффективности логистики, в том числе исследуются центры консолидации городских районов.</p> <p>Faraday Battery Challenge (2018). Инвестиция в размере 246 млн фунтов стерлингов, направленная на разработку и производство батарей для электромобилей. До 2018 г. было поддержано создание Института Фарадея за 78 млн фунтов стерлингов для ускорения исследований в области аккумуляторных технологий, благодаря чему 42 млн фунтов стерлингов уже инвестированы в проекты, связанные с продлением срока службы аккумуляторов, моделированием систем аккумуляторов, переработкой и повторным использованием, а также на создание нового поколения твердотельных аккумуляторных батарей.⁴¹³ Кроме того 60 млн фунтов стерлингов было направлено на решение вопросов, касающихся увеличения срока службы батарей, а также способов повторного использования, производства и переработки батарей по истечении срока их службы; 80 млн фунтов стерлингов было инвестировано в Британский центр индустриализации батарей для электрификации автомобилей.</p> <p>Предоставление консультации по «умной зарядке» (дифференцированным тарифам при зарядке электромобилей) (2019 г.).⁴¹⁴ Эта мера политики направлена на разработку новых правовых актов, в соответствии с которыми зарядные точки должны иметь функцию «умной зарядки» (с дифференцированными тарифами). Это гарантирует потребителям возможность заряжать свои электромобили при низких ценах на электроэнергию. Консультация проводилась с 15 июля по 07 октября 2019 г.</p> <p>Инфраструктурная схема для такси со сверхнизким уровнем выбросов (2019)⁴¹⁵ финансирует создание местными властями зарядных точек для такси с низкими выбросами.</p> <p>Предоставление консультации по зарядным точкам для электромобилей в жилых и нежилых зданиях (2019).⁴¹⁶ Изменение строительных норм, в</p>

⁴¹¹ OLEV (2019). 'Workplace Charging Scheme' доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/collections/government-grants-for-low-emission-vehicles#workplace-charging-scheme>.

⁴¹² >250 МВт.

⁴¹³ Innovate UK, EPSRC and UKRI (2018). 'Faraday battery challenge: Industrial Strategy Challenge Fund', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/collections/faraday-battery-challenge-industrial-strategy-challenge-fund>.

⁴¹⁴ OLEV and Department for Transport (2019). 'Closed Consultation on Electric Smart Charging', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/consultations/electric-vehicle-smart-charging>.

⁴¹⁵ OLEV (2019). 'Ultra Low Emission Taxi Infrastructure Scheme: winners', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/ultra-low-emission-taxi-infrastructure-scheme-round-2>.

⁴¹⁶ OLEV and Department for Transport (2019). 'Electric vehicle chargepoints in residential and non-residential buildings', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/consultations/electric-vehicle-chargepoints-in-residential-and-non-residential-buildings>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>соответствии с которыми в новых зданиях должны быть зарядные точки для электромобилей.</p> <p>Предоставление консультации по зелёным номерным знакам для автомобилей (2019).⁴¹⁷ В период между 22 октября 2019 года и 14 января 2020 года правительство проводило опрос общественного мнения о введении государственных номерных знаков зелёного цвета для идентификации экологичных транспортных средств.</p> <p>Создание целевой группы по энергетике и электромобилям (2019).⁴¹⁸ Объединяет правительство, энергетическую и автомобильную отрасли для обеспечения подготовки энергосистемы к работе электромобилей, особое внимание уделяется «умной зарядке». В последнем отчете за 2019 год поднимается несколько главных вопросов: срочность разработки стандартов и кодексов, эффективное национальное и региональное планирование и «умные тарифы».</p> <p>В других стратегиях, способствующих распространению электромобилей, предпринята попытка сократить выбросы на основе налогообложения транспортных средств (подробно в разделе «топливная экономичность легковых автомобилей»).</p>
Политические условия	<p>В рамках консультации по схеме «Smart Export Guarantee» участники согласились с важностью установления нормативных стандартов для электромобилей и устройств накопления энергии с целью защиты потребителей. Опрос, проведенный в 2016 г. Управлением национальной статистики, показал, что лишь 5% респондентов рассматривали возможность покупки электромобиля, а 55% заявили, что они не думали о покупке электромобиля или микроавтобуса.⁴¹⁹ В опросе 2018 г., проведенном с участием 10293 водителей, выяснилось, что молодые люди в большей степени принимают технологии электромобилей, но 85% респондентов заявили, что сейчас не хватает общественных точек зарядки, 76% считают, что электромобили слишком дороги и у них недостаточный запас хода, а 67% считают, что зарядка занимает слишком много времени, и отмечают, что модельный ряд электромобилей не может похвастать разнообразием.⁴²⁰ В феврале 2020 г. правительство предложило передвинуть запрет на продажу новых бензиновых, дизельных и гибридных автомобилей с 2040 г. (первоначально установленного в рамках программы «Дорога к нулевым выбросам») до 2035 г., что вызвало много разногласий. Международная организация «Друзья Земли» считает это решение правильным, и отмечает, что запрет нужно установить уже начиная с 2030 г. Однако автопроизводители раскритиковали данную меру и выразили крайнюю обеспокоенность, потому что пока не хватает ясности в вопросе поддержки автомобилестроения, в том числе неясно, как будут устраняться барьеры, связанные с затратами, инфраструктурой и материалами, и как будут решаться вопросы, связанные с доверием потребителей.</p>

Источник: University College London.

⁴¹⁷ OLEV (2019). 'Introduction of green number plates for ultra-low emission vehicle', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/consultations/introduction-of-green-number-plates-for-ultra-low-emission-vehicles>.

⁴¹⁸ Energy Task Force (2019). 'Energising our Electric Vehicle Transition', доступно по ссылке: <https://www.lowcvp.org.uk/projects/electric-vehicle-energy-taskforce.htm>.

⁴¹⁹ Department for Transport (2016). 'Public attitudes towards electric vehicles: 2016 (revised)', доступно по ссылке: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/551446/electric-vehicles-survey-2016.pdf.

⁴²⁰ Harrabin, R (2018). 'Survey: Half of young people want electric cars', доступно по ссылке: <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-44798135>.

7.3 Гибридные автомобили

Мировой парк заряжаемых легковых гибридных автомобилей в 2018 г. составил 1,8 млн.⁴²¹ В России их парк в 5 раз превысил парк электромобилей на батареях, однако в России нет никаких форм поддержки внедрения гибридов, а высокая разница в цене с традиционным автомобилем при сравнительно низких ценах на жидкое топливо сдерживает рост парка гибридов.

Таблица 7.5 Гибридные автомобили. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>По данным ГИБДД, на конец 2018 г. в России было зарегистрировано 21775 автомобилей с гибридной силовой установкой. Из них 19232 составляли легковые автомобили. Согласно оценке аналитического агентства «Автостат», за первые 10 месяцев 2019 г. было реализовано 266 новых легковых автомобилей с гибридной силовой установкой (ДВС и электромотор), или на 6% меньше, чем за тот же период прошлого года (282 шт.). Первую позицию по продажам гибридных автомобилей занимает марка Lexus (52%), на втором месте идёт Porsche, третья делят Land Rover и Mercedes-Benz.</p> <p>На рынке в основном представлены гибридные автомобили премиум-класса. Попытка внедрения на российский рынок гибридных автомобилей среднего класса, таких как кроссовер Mitsubishi Outlander, не увенчалась успехом. Стоимость автомобиля существенно превышала стоимость аналога без гибридной установки, и была близка к стоимости автомобилей премиум-класса с ДВС. В итоге было продано всего 94 автомобиля этой спецификации. С января 2019 г. в России прекратили продажи новых автомобилей Toyota Prius. За всё время официальными дилерами было продано 1051 машин. В России производится гибридная версия автомобиля Nissan Murano, это единственный гибридный автомобиль, который производится на территории России. Компания Renault намерена создать гибридные версии бюджетных автомобилей в 2023 г. В течение 2020 г. компания Fiat запускает в продажу две гибридные малолитражки – Fiat 500 Hybrid и Panda 500, которые будут электрифицированными версиями уже существующих моделей.</p>
Прогнозные оценки	<p>Существуют прогнозные оценки по парку гибридов на 2050 г., сформированные ЦЭНЭФ-XXI. По этим оценкам, в базовом сценарии парк может составить 26214 автомобилей (0,04% парка), а в сценарии «1,5 градуса» – 4,3 млн автомобилей (9%). В прогнозах МАДИ парк легковых гибридов может вырасти более значительно – до 5,5-8,4 млн.⁴²²</p>
Затраты на реализацию технологии	<p>До конца 2018 г. лидирующие позиции по продажам среди гибридов занимал автомобиль Toyota Prius, базовая цена которого составляла 2,3 млн руб.⁴²³ За первые 10 месяцев 2019 г. самой продаваемой маркой гибридных автомобилей стал Lexus (52% продаж).⁴²⁴ Стоимость самого доступного нового гибридного автомобиля – Lexus UX 250h AWD – начинается от 2,8 млн руб. Стоимость гибридной модели автомобиля Lexus NX составляет от 3,2 млн руб. (версия того же автомобиля без гибрида стоит от 2,5 млн руб.). В среднем, подобный разброс цен между машинами, оснащёнными только ДВС, в сравнении с аналогичными гибридными моделями, сохраняется и у других марок, и стоимость той же модели автомобиля с гибридом на 1 млн руб. выше, чем её же версия только с ДВС. У машин более дорогого класса,</p>

⁴²¹ <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2019/electric-vehicles#abstract>.

⁴²² Yu. Trofimenko *et al.* 2018. Problems and prospects of sustainable low carbon development of transport in Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 177 012014.

⁴²³ <https://www.kolesa.ru/article/est-li-zhizn-bez-priusa-vse-gibridnye-avtomobili-rossijskogo-rynka>.

⁴²⁴ <https://www.autostat.ru/news/41980/>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	таких как Porsche Cayenne (эти автомобили заняли второе место по продажам гибридных автомобилей за первые 10 месяцев 2019 г.), разница в цене больше. Гибридная версия Cayenne стоит от 7,3 млн руб., в то время как стоимость версии с ДВС начинается от 5 млн руб.
Прочие ключевые характеристики технологии	Новые гибридные бюджетные автомобили на данный момент на рынке не представлены. Одной из проблем является стоимость сертификации таких автомобилей на территории России, в результате которой автомобили, созданные как бюджетные, на самом деле, стоят дорого – гораздо дороже «бензиновых» и «дизельных» аналогов. Многие автолюбители утверждают, что Toyota Prius C – медленная модель.
Инфраструктурная среда	Инфраструктура для подключаемых гибридов соответствует инфраструктуре для электромобилей (см. табл. 7.3).
Экологические, экономические и социальные эффекты	Если провести сравнение между аналогичными моделями с бензиновым ДВС и гибридной силовой установкой, то в среднем выбросы в год на гибридном автомобиле снижаются на 30-70%, или на 80-160 гСО ₂ /км. В такой же пропорции снижаются и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.
Меры политики	В России отсутствуют меры политики, направленные на поощрение покупки и эксплуатации именно гибридных автомобилей, в отличие от Великобритании и стран ЕС, где предоставляются субсидии на покупку таких автомобилей.
Политические условия	Российские автомобилисты не готовы оплачивать разницу между обычным автомобилем и гибридным, поскольку эта разница кратно выше, чем в развитых странах, а цены на жидкое топливо заметно ниже.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 7.6 Гибридные автомобили. Великобритания

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Одна из причин, объясняющих снижение числа зарегистрированных автомобилей со сверхнизким уровнем выбросов, заключается в том, что во второй четверти 2019 г. количество зарегистрированных подключаемых гибридов снизилось на 41% по сравнению с прошлым годом. После того как в результате пересмотра условий гранта на подключаемые автомобили из него исключили большую часть подключаемых гибридов и после сокращения мер стимулирования (описано ниже), продажи подключаемых гибридов резко сократились. Тем не менее, с момента выхода на рынок в 2010 г. количество подключаемых гибридных автомобилей резко выросло с 300 штук в 2010 г. до 115500 в 2018 г. ⁴²⁵ Гибридные автомобили со вспомогательным блоком питания (REHV) ⁴²⁶ также последовали этой тенденции, и их число увеличилось с 500 в 2012 г. (когда они вышли на рынок) до 9500 в 2018 г. Гибридные электромобили без возможности подключения в сеть (HEV) ⁴²⁷ вышли на рынок в 2000 г. и с тех пор демонстрировали стабильный рост, достигнув 200 шт. в 2005 г., 82100 шт. в 2010 г. и 411700 шт. в 2018 г.

⁴²⁵ Department for Transport and Driver and Vehicle Licensing Agency (2019). ‘Statistical data set Cars (VEH02)’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/veh02-licensed-cars>.

⁴²⁶ Гибридные автомобили с увеличенным запасом хода, как правило, могут проехать 150 миль на одной зарядке, но у них также есть ДВС, который заряжает аккумулятор, когда тот достигает определенных уровней, вместо того чтобы заряжать автомобиль.

⁴²⁷ В них установлен бензиновый или дизельный двигатель и аккумуляторы, но двигатель заряжает как силовую установку, так и аккумулятор. Другими словами, электродвигатель применяется в дополнение к основному двигателю, вместо того чтобы независимо приводить автомобиль в движение.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>В 2018 г. примерно 59% зарегистрированных автомобилей в Великобритании были бензиновыми, 39% дизельными, 0,5% составляли подключаемые гибриды, электромобили, автомобили со вспомогательным блоком питания и автомобили, работающие на топливных элементах.⁴²⁸ В январе 2020 г. всего было 149279 новых зарегистрированных автомобилей, из которых 3% (4788) составляли подключаемые гибриды и 6% (8941) – гибридные автомобили без подключения в сеть. На данный момент в Великобритании есть 29000 зарядных станций для зарядки электромобилей более чем в 10500 различных точках, на которых могут заряжаться подключаемые гибридные автомобили и автомобили со вспомогательным блоком питания.⁴²⁹ В 2018 г. в Великобритании было 14000 общественных зарядных точек для электромобилей.⁴³⁰</p>
Прогнозные оценки	<p>В соответствии с новыми целями, установленными правительством Великобритании в феврале 2020 г., начиная с 2035 г. продажа новых гибридных автомобилей будет запрещена. Но оценки на ближайшую перспективу показывают рост регистрации новых подключаемых гибридных автомобилей на 58,5% (55000 шт.) в 2020 г., что повысит их долю на рынке до 2,5%.⁴³¹ В 2020 г. будет зарегистрировано 2,252 млн автомобилей. В 2021 г. прогнозируется регистрация 2,279 млн новых автомобилей, при этом рост регистрации подключаемых гибридов составит 55,9%, что приведет к увеличению их доли на рынке до 3,8%.</p>
Затраты на реализацию технологии	<p>Стоимость новых гибридных автомобилей находится в диапазоне от 29950 фунтов стерлингов (Hyundai IONIQ Plug-in) до 140870 фунтов стерлингов (Porsche Panamera turbo SE-Hybrid).⁴³² О стоимости зарядки, что актуально для подключаемых гибридов и автомобилей со вспомогательным блоком питания, написано в разделе «Электромобили».</p>
Прочие ключевые характеристики технологии	<p>Гибридные автомобили оснащены двигателем внутреннего сгорания и электродвигателем. У трёх видов гибридов (обычный, подключаемый и со вспомогательным блоком питания) разные уровни выбросов загрязняющих веществ. Запас хода без выбросов неподключаемого гибрида составляет в среднем от 1,5 до 3 км, запас хода без выбросов гибрида – 30-50 км, а гибридный автомобиль со вспомогательным блоком питания может проехать, не создавая выбросов, более 160 км. Показатели гибридных автомобилей и уровень выбросов зависят от того, как часто и как долго используется каждый из типов двигателей. Неподключаемые гибриды не относятся к автомобилям со сверхнизким уровнем выбросов. О сроке службы батарей, запасе хода и о доступных зарядках подробнее написано в разделе «Электромобили».</p>
Инфраструктурная среда	<p>Инфраструктура зарядных устройств для подключаемых автомобилей описана в разделе «Электромобили». Данная тема относится к подключаемым гибридным автомобилям и гибридным автомобилям со вспомогательным блоком питания.</p>

⁴²⁸ Hirst, D (2020). 'Briefing Paper Number CBP-7480 – Electric vehicles and infrastructure', доступно по ссылке: <http://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-7480/CBP-7480.pdf>.

⁴²⁹ EDF (2020). 'Electric car UK charging points', доступно по ссылке: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/charging-points>.

⁴³⁰ OLEV (2019). 'Reducing emissions from road transport: Road to Zero Strategy', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/reducing-emissions-from-road-transport-road-to-zero-strategy>.

⁴³¹ SMMT (2020). 'SMMT UK new car and LCV registrations outlook to 2021 – January 2020', доступно по ссылке: <https://www.smm.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/WEBSUM-SMMT-CARLCV-MARKET-OUTLOOK-Q1-20.pdf>.

⁴³² Electric Vehicle Database (2020). 'Cheapest plug-in hybrid', доступно по ссылке: <https://ev-database.uk/>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Все три вида гибридных автомобилей (REHV, PHEV и HEV) играют ключевую роль в декарбонизации транспортного сектора, особенно два типа гибридных автомобилей со сверхнизким потреблением топлива (подключаемые гибриды PHEV и гибриды со вспомогательным блоком питания REHV), которые являются одними из самых экологичных транспортных средств на автомобильном рынке. Но их использование всё равно оказывает влияние на окружающую среду. По сравнению с дизельными автомобилями неподключаемые гибриды обеспечивают снижение выбросов загрязняющих веществ на 5% и на 20% - по сравнению с бензиновыми автомобилями. Если проводить сравнение для подключаемых гибридов, то выбросы парниковых газов снижаются на 33% по сравнению с дизельными автомобилями и до 43% по сравнению с бензиновыми. Как и в случае с электромобилями, экологическая проблема в этой сфере связана с утилизацией аккумуляторов по окончании срока их службы (подробнее см. табл. «Электромобили»). В настоящее время предпринимаются усилия по улучшению законодательства, которое обеспечит защиту механиков и позволит поддержать уровень подготовки и повысить потенциал тех людей, которые занимаются сборкой электромобилей и гибридов. Электромобили и гибридные автомобили значительно тише, чем автомобили с двигателем внутреннего сгорания.</p>
Меры политики	<p>Нормативные акты ЕС по выбросам охватывают выбросы загрязняющих веществ на транспорте и выбросы CO₂, которые применяются к гибридам. В первом из них устанавливаются максимальные уровни выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, таких как углеводороды, оксид углерода, оксиды азота и твердые частицы. Второй налагает на автопроизводителей обязательство обеспечения соответствия целевым показателям средних выбросов CO₂ от продаж автомобилей. Когда Великобритания покинет ЕС, она официально оформит договоренности по улучшению качества воздуха на уровне, по крайней мере, таком же амбициозном, как тот, который установлен в соответствии с нормами ЕС. Основные меры политики, применимые к гибридным автомобилям, описаны ниже:</p> <p>Транспортный налог (акцизные сборы (VED)). Начиная с 2003 г. с помощью ежегодного налога за использование общественных дорог (VED) стали поощряться автомобили с низким уровнем выбросов. В период 2013-2017 гг. машины, уровень выбросов которых был ниже 100 гCO₂/км были освобождены от налога, что распространялось на гибридные автомобили. В 2017 г. планку уровня выбросов изменили на 50 гCO₂/км. Теперь этому показателю соответствуют уже только электромобили, так что данная мера политики перестала быть актуальной для гибридов.</p> <p>Управление по транспортным средствам с низким уровнем выбросов (OLEV) Министерства транспорта и Департамент бизнеса, энергетики и промышленной стратегии Великобритании имеют группу, работающую в нескольких правительственных органах, для поддержки распространения транспортных средств со сверхнизким уровнем выбросов и внедрения электромобилей, подключаемых гибридов и гибридов со вспомогательным блоком питания. Управление по транспортным средствам с низким уровнем выбросов выделяет более 900 млн фунтов стерлингов на поддержку разработки, производства и использования автомобилей с низким уровнем выбросов, к которым относятся подключаемые гибриды (PHEV) и гибриды со вспомогательным блоком питания (REHV).⁴³³ В обязанности Управления входит предоставление грантов для сокращения первоначальных затрат, исследования возможностей более широкого роста и распространения</p>

⁴³³ OLEV (2020). 'About Us', доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/organisations/office-for-low-emission-vehicles/about>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>зелёных технологий, поддержки британского бизнеса в секторе ULEV, разработки национальной стратегии подзарядки.</p> <p>Остальные меры политики, которые относятся к подключаемым гибридам (PHEV) и гибридам со вспомогательным блоком питания (RHEV), подробно описаны в таблице «Электромобили».</p>
Политические условия	<p>Основная дискуссия в сфере политики, касающаяся гибридных автомобилей, сейчас связана с предложением правительства Великобритании, озвученным в феврале 2020 г., которое заключается в переносе запрета на продажи новых бензиновых, дизельных и гибридных автомобилей с 2040 на 2035 год, что вызвало много разногласий. Международная организация «Друзья Земли» считает это решение правильным и отмечает, что запрет нужно установить, начиная с 2030 года. Однако автопроизводители раскритиковали данную меру и выразили крайнюю обеспокоенность, потому что сейчас не хватает ясности по вопросу о том, как будет поддерживаться отрасль автомобилестроения, как будут устраняться барьеры, связанные с затратами, инфраструктурой и материалами, и как будут решаться вопросы, связанные с доверием потребителей.</p> <p>Министр транспорта, Джиз Норман, объясняет изменение даты отражением повышенного внимания к нулевым выбросам на транспорте. В то же время Майк Хоус, главный исполнительный директор организации SMMT (Торговая ассоциация автомобильной промышленности) отметил: «Мы осознаём уровень давления на государственную казну, но, учитывая важность всех целей, касающихся окружающей среды, поразительно, что всего через три месяца после публикации амбициозного видения будущего с нулевыми выбросами правительство сократило тот срок достижения цели, который давал нам наилучшие условия для его выполнения. Промышленность усердно работает над решением проблем, связанных с выбросами CO₂ и качеством воздуха, но несмотря на то, что автомобильная промышленность способна создать необходимые технологии, она не может определить скорость внедрения. Мы постоянно говорим, что для того, чтобы Великобритания была готова к электрифицированному будущему, нам нужен набор стимулов и инфраструктура мирового уровня. Правительство должно пересмотреть свою политику, иначе его амбиции никогда не будут реализованы».</p> <p>В BEIS (комитет бизнеса, энергетики и промышленной стратегии) раскритиковали решение правительства как слишком поспешное и внезапное. Они рекомендуют не менять гранты до тех пор, пока стоимость электромобилей не снизится до цен, приближенных к автомобилям с двигателем внутреннего сгорания. Тем не менее правительство считает, что изменения грантов работают.</p>

Источник: University College London.

7.4 Автомобили на газе

В середине 2019 г. в мире насчитывалось 27,8 млн автомобилей на газе⁴³⁴ (сжиженном и сжатом), в т.ч. в Европе – 2 млн. В 2017 г. на Китай пришлось 5 млн, на Иран – 4 млн, на Индию и Пакистан – по 3 млн, на Аргентину – 2,3 млн. Ожидается, что рынок автомобилей на газе будет расти на 3-6% в год в 2018-2023 гг. По отдельным оценкам,⁴³⁵ парк автомобилей на газе может вырасти до 100 млн к 2030 г.

⁴³⁴ www.iangv.org/current-ngv-stats/.

⁴³⁵ Уржумцев С.Н. ООО «Газпром газомоторное топливо». Мировой опыт развития рынков газомоторного топлива. <https://docplayer.ru/27355075-Mirovoy-opyt-razvitiya-rynkov-gazomotornogo-topliva.html>.

В России транспорту на газе отдается предпочтение по сравнению с электромобилями. Реализуется подпрограмма «Развитие рынка газомоторного топлива» государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики», которая отражает требования «Комплексного плана мероприятий поддержки производства и использования экологически чистого транспорта» (утвержден 22 октября 2014 г. Председателем Правительства РФ, № 7116п-П9), распоряжения Правительства РФ «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива, в том числе природного газа в качестве моторного топлива» (распоряжение Правительства РФ от 13.05.2013 г. № 767-р), Комплексного плана мероприятий по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива (утвержден Заместителем Председателя Правительства РФ № 6819п-П9 от 14 ноября 2013 г.), распоряжения Правительства РФ от 28.04.2018 г. № 831-р «Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года» и других нормативных документов, которые предполагают перевод на газовое топливо значительной доли автобусного и коммунального транспорта. Основная цель этой подпрограммы – улучшение экологической обстановки в российских городах, а также увеличение сбыта природного газа внутри страны.

Таблица 7.7 Автомобили на газе. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	По данным ГИБДД, в России парк автомобилей на сжатом газе в 2018 г. составил 181,3 тыс., а на сжиженном – 1246,3 тыс., или соответственно 0,32% и 2,2% всего парка. По сравнению с 2000 г. эти доли практически не выросли. Для грузовых автомобилей эти доли составили 0,9% и 4,9%, для автобусов – 2% и 5,8%, а для легковых автомобилей – только 0,2% и 1,9%. В 2014-2017 гг. продано около 14 тыс. автомобилей на КПП. «Газпром» в рамках обновления собственного автопарка закупил 5586 единиц. Первым легковым автомобилем на КПП в заводском исполнении стала Lada Vesta CNG (двухтопливная). В 2019 г. началось серийное производство универсала Lada Largus CNG. ⁴³⁶ КамАЗ, ГАЗ и группа компаний «РариТЭК» изготовили первые образцы грузовой и пассажирской техники, использующей в качестве топлива СПГ. В основном же парк автомобилей на газе растет за счет переоборудования жидкотопливных автомобилей на газ.
Прогнозные оценки	В рамках подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» число автомобилей, переоборудованных на природный газ, до 2022 г. должно составить 74,5 тыс., что равно только 0,12% от ожидаемого в 2022 г. парка. Согласно оценкам ООО «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО», к 2024 г. парк автомобилей на сжатом газе вырастет до 431 тыс. ⁴³⁷ В базовом сценарии прогноза ЦЭНЭФ-XXI к 2050 г. парк автомобилей на газе (сжатом и сжиженном) составит 2 млн (2,5% парка), а согласно прогнозу МАДИ – 13,7 млн (17%). В сценарии «1,5 градуса» к 2050 г. парк автомобилей на газе растет до 1,2 млн в прогнозе ЦЭНЭФ-XXI и после некоторого роста снижается до нуля в прогнозе МАДИ.

⁴³⁶ Производственные мощности – порядка 3,6 тыс. автомобилей в год. Однако в октябре 2019 г. АвтоВАЗ временно прекратил выпуск модификаций Lada Largus CNG и Lada Vesta CNG. Причина остановки производства метановых моделей – в прекращении госпрограммы EcoGAZ, по которой субсидия на приобретение составляла до 115 тыс. руб.

⁴³⁷ М.В. ЛИХАЧЕВ. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПЛАНЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ООО «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО». ООО «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО». <https://minenergo.gov.ru/node/14447>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Затраты на реализацию технологии	<p>Эталонная стоимость переоборудования автомобиля на газ определена правительством – 90 тыс. руб. для легкового автомобиля. Анализ рынка показывает, что стоимость перевода легкового автомобиля на сжатый газ равна 40-90 тыс. руб. (с учетом оформления), а грузовика – около 175 тыс. руб. При нынешних ценах экономия на топливе составляет примерно 50%. При пробеге 10-20 тыс. км и эксплуатационной норме расхода топлива бензинового автомобиля 8 л/100 км экономия на топливе будет равна 18-36 тыс. руб. в год. То есть срок окупаемости при использовании эталонной стоимости равен 2,5-5 годам. В соответствии с принятым Постановлением Правительства Российской Федерации от 11.12.2019 № 1641 (Правила субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на строительство заправочной инфраструктуры и субсидий на переоборудование транспортных средств) в 2000-2022 гг. предполагается ежегодно переоборудовать на газ 24-25 тыс. автомобилей (всего за три года – 74,5 тыс.) и выделять на эти цели ежегодно субсидии в размере около 900 млн руб., в т.ч. 700 млн из федерального бюджета. В расчете на автомобиль субсидии составят 36,6 тыс. руб. (легковой – 27-42 тыс. руб., такси – 48 тыс. руб., автобус – 63-111 тыс. руб., грузовик – 114-200 тыс. руб., но не более трети от стоимости работ.</p> <p>На строительство газозаправочных станций (АГНКС) из федерального бюджета ежегодно выделяется 3,48 млрд руб., а из бюджетов субъектов РФ – еще около 1 млрд руб. в год. Еще ежегодно 800 млн руб. выделяется по направлению «Развитие производственной и заправочной инфраструктуры сжиженного природного газа». Всего в 2020-2022 гг. по программе субсидирования строительства газозаправочных станций и переоборудования автомобилей на газ выделяется 18,7 млрд руб. (из них 14,9 млрд руб. из федерального бюджета), или в среднем 6,2 млрд руб. в год.</p>
Прочие ключевые характеристики технологии	<p>Проблемы безопасности и возможности утечек газа, необходимость выделения места для газового баллона, снижение максимальной скорости движения. Существенно дороже обходится инфраструктура для заправки – в 4 раза дороже обычной АЗС в расчете на эквивалент 1 л заправки.⁴³⁸</p>
Инфраструктурная среда	<p>В 2018 г. насчитывалось 296 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), 3456 газозаправочных станций (АГЗС) и 22 криогенные газозаправочные станции (КриоГЗС). В рамках подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» планируется в 2020-2022 гг. построить еще 339 АГНКС. Средняя стоимость одной АГНКС равна 31 млн руб.</p>
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Выбросы ПГ по циклу от «скважины до колеса» для автомобилей на сжатом газе по сравнению с автомобилями на дизельном топливе ниже на 8-17%, а на сжиженном газе – на 1-11% (с учетом снижения топливной экономичности на газе на 7-12%). В сравнении с автомобилями на бензине снижение составляет около 8%. При использовании биогаза снижение выбросов может составить 80% (половина автомобилей на газе в Китае используют биогаз).⁴³⁹ По данным Natural and Bio Gas Vehicle Association (NGVA Europe), снижение выбросов CO₂ при переходе на газ (неясно, по какому кругу эффектов оно</p>

⁴³⁸ Ricardo Energy & Environment. 2016. The role of natural gas and biomethane in the transport sector. Final Report. Report for Transport and Environment (T&E) ED 61479. Issue Number 1. 16/02/2016 https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2016_02_TE_Natural_Gas_Biomethane_Study_FI_NAL.pdf.

⁴³⁹ NGV America. Fleets Run Cleaner on Natural Gas. Emissions and Environmental Benefits of Natural Gas Vehicles. https://www.ngvamerica.org/wp-content/uploads/2018/03/NGVAmerica-White-Paper-Fleets-Run-Cleaner-on-Natural-Gas_V2.pdf.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>оценено) равно 23% в сравнении с бензиновым автомобилем и 7% по сравнению с дизельным.⁴⁴⁰ По другим оценкам, сделанным для условий ЕС, при тщательном учете всех эффектов по циклу от «скважины до колеса» выбросы ПГ для автомобилей на сжатом газе по сравнению с легковыми автомобилями на дизельном топливе выше на 6-13%, а на бензине – ниже на 15-18%. Для автобусов и грузовиков удельные выбросы на сжатом газе выше. При использовании биогаза выбросы снижаются на 39-88%.⁴⁴¹</p> <p>Снижение выбросов окислов азота достигает 70% (в сравнении с дизельными автомобилями), а мелкодисперсионных частиц – 80-95%. Поэтому переход на использование газа в первую очередь позволяет решать проблему снижения вредных выбросов и загрязнения атмосферного воздуха и в существенно меньшей степени – снижения выбросов ПГ.⁴⁴² Кроме того, переход на газ позволяет заметно снизить стоимость топлива.</p>
Меры политики	<p>Основной формой поддержки газификации автомобильного транспорта является выделение 18,7 млрд руб. в 2020-2022 гг. в рамках подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики». Помимо выделения субсидий на строительство объектов газозаправочной инфраструктуры КПП и СПГ и на переоборудование автомобилей выделяются также субсидии на НИОКР и субсидии производителям техники.</p>
Политические условия	<p>Развитие транспорта на газе осуществляется при очень активной организационной и финансовой поддержке Правительства России, Минэнерго России и ПАО «Газпром».</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁴⁴⁰ <https://www.ngva.eu/policy-priorities/decarbonisation/>.

⁴⁴¹ Ricardo Energy & Environment. 2016. The role of natural gas and biomethane in the transport sector. Final Report. Report for Transport and Environment (T&E) ED 61479. Issue Number 1. 16/02/2016 https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2016_02_TE_Natural_Gas_Biomethane_Study_FINAL.pdf.

⁴⁴² В ряде работ делается вывод, что с учетом экологических эффектов стоимость развития транспорта на газе для общества выше в сравнении с дизельными автомобилями. Ricardo Energy & Environment. 2016. The role of natural gas and biomethane in the transport sector. Final Report. Report for Transport and Environment (T&E) ED 61479. Issue Number 1. 16/02/2016 https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2016_02_TE_Natural_Gas_Biomethane_Study_FINAL.pdf

Таблица 7.8 Автомобили на газе. Великобритания

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Начиная с 2010 г. наблюдалось устойчивое снижение числа газовых автомобилей (с 51000 в 2010 г. до 43200 в 2014 г. и 27800 в 2018 г.). ⁴⁴³ В 2018 г. они составляли лишь 0,1% от общего числа автомобилей, что является самой низкой долей среди всех типов ТС в транспортной структуре Великобритании: электромобили – 0,2%, подключаемые гибриды – 0,4%, неподключаемые гибриды – 1,3%, дизельные автомобили – 39,9%, бензиновые автомобили – 58,2%.
Прогнозные оценки	Согласно новым требованиям правительства Великобритании, установленным в феврале 2020 г., продажи дизельных и бензиновых автомобилей будут запрещены начиная с 2035 г. ⁴⁴⁴ Учитывая то, что тяжёлые грузовики преимущественно работают на дизельном топливе, им придётся переходить на более экологичное топливо, и поэтому в данном секторе рассматриваются возможности перехода на газ. Однако природный газ не обеспечивает чёткого перехода к полной декарбонизации. ⁴⁴⁵
Затраты на реализацию технологии	Экономическое обоснование для использования газа на автомобильном транспорте зависит от стоимости газа по отношению к конкурирующим видам топлива. Обычно это достигается введением более высоких пошлин на конкурирующие виды топлива. В Великобритании топливная пошлина на природный газ на 50% ниже, чем на дизельное топливо, и в 2018 г. правительство объявило, что эти пошлины (которые охватывают все альтернативные виды топлива) продлят до 2032 г. В сети супермаркетов Waitrose в Великобритании работают 60 специализированных грузовиков на сжатом газе. По утверждению компании, это позволяет им экономить от 75 до 100 тыс. фунтов стерлингов по сравнению с дизельным транспортным средством.
Прочие ключевые характеристики технологии	Природный газ (метан) – это ископаемый газ, который используется на небольшом количестве дорожных транспортных средств в Великобритании в виде сжатого природного газа (СПГ) или сжиженного природного газа (СПГ). Вероятно, в будущем будет наблюдаться рост числа тяжёлых грузовых автомобилей и автобусов, работающих на газе, если более эффективные двигатели смогут обеспечить значительное сокращение выбросов парниковых газов.
Инфраструктурная среда	Заправка природным газом может производиться на коммерческих заправочных станциях или на частных складах, на которых установлены заправочные станции. ⁴⁴⁶ В Великобритании создана инфраструктура импорта СПГ, и Катар является основным источником импорта СПГ в Великобританию. ⁴⁴⁷

⁴⁴³ Department for Transport and Driver and Vehicle Licensing Agency (2019) ‘Statistical data set Cars (VEH02)’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/veh02-licensed-cars>.

⁴⁴⁴ BEIS (2018). ‘The Road to Zero’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/reducing-emissions-from-road-transport-road-to-zero-strategy>.

⁴⁴⁵ OIES (2019). ‘A review of prospects for natural gas as a fuel in road transport’, доступно по ссылке: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2019/04/A-review-of-prospects-for-natural-gas-as-a-fuel-in-road-transport-Insight-50.pdf>.

⁴⁴⁶ Vehicle Hub (2020). *Refuelling, Refuelling*. Доступно по ссылке: <https://gasvehiclehub.org/is-natural-gas-right-for-me/refuelling/> (Дата обращения: 24 февраля 2020 г.).

⁴⁴⁷ BEIS (2020). ‘Energy Trends: UK Gas production, trade and demand, July to September 2019’, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/gas-section-4-energy-trends>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Экологические, экономические и социальные эффекты	Преимущества транспортных средств, работающих на природном газе, включают снижение выбросов парниковых газов и более тихую работу. Транспортные средства, работающие на природном газе, также имеют более низкие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, чем дизельное топливо, но выбросы NOx и твердых частиц аналогичны выбросам от бензиновых транспортных средств. Газовым автомобилям по-прежнему недостает эффективности для значительного сокращения выбросов парниковых газов. Недавнее исследование, проведенное в Великобритании, показало, что на 44-тонных тяжелых грузовых автомобилях на газе выбросы парниковых газов выше от 4% (CNG) до 20% (LNG) по сравнению с дизельными грузовиками. Для автобусов увеличение выбросов парниковых газов было на 12% по сравнению со стандартным дизельным автобусом в смешанном цикле.
Меры политики	Нормативные акты ЕС по выбросам охватывают выбросы загрязняющих веществ на транспорте и выбросы CO ₂ , которые применяются к гибридам. В первом из них устанавливаются максимальные уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, таких как углеводороды, оксид углерода, оксиды азота и твердые частицы. Второй налагает на автопроизводителей обязательство по обеспечению соответствия целевым показателям средних выбросов CO ₂ от продаж автомобилей. Когда Великобритания покинет ЕС, она официально оформит договоренности по улучшению качества воздуха на уровне, по крайней мере, таком же амбициозном, как тот, который установлен в соответствии с нормами ЕС. Стратегия «путь к нулевым выбросам» (2018). Правительство работает вместе с газовой автомобильной промышленностью над испытанием и разработкой газовых грузовиков, но только после результатов данных испытаний будут приняты решения о будущей государственной политике по поддержке и использованию природного газа для автомобильного транспорта.
Политические условия	Главный исполнительный директор Сети газовых транспортных средств в Великобритании выразил обеспокоенность по поводу недостаточной приверженности всех политических партий декарбонизации тяжелых грузовиков и коммерческих автопарков, отметив, что природный газ является хорошим вариантом снижения выбросов в этом секторе. ⁴⁴⁸

Источник: University College London.

7.5 Автомобили на биотопливе

Согласно оценкам МЭА, для реализации сценария «Устойчивое развитие» производство жидкого биотоплива для транспорта должно расти на 10%. До 2030 г. ожидается рост только на 4%, фактические темпы роста в 2010-2018 гг. составили 5%, а объем его потребления в 2018 г. достиг 88 мтнэ.⁴⁴⁹ Из них 36 мтнэ пришлось на США, 14 мтнэ – на ЕС, и 20 мтнэ – на Бразилию. Доля биотоплива в потреблении топлива автомобильным транспортом Бразилии достигает 20%, в Швеции – 16%, а в Аргентине и Франции – по 7%. Технологии производства биодизеля из отработанного масла и животного жира являются технически зрелыми, но обеспечили только 8% производства биотоплива в 2018 г. Обновленная Директива по возобновляемой энергии ЕС поставила задачу довести использование усовершенствованных видов биотоплива (непродовольственных) до 3,5% для новых автомобилей к 2030 г. Эта норма принята в Великобритании. Издержки производства такого топлива высоки, поэтому требуются меры господдержки. Основная

⁴⁴⁸ GVN (2019) ‘HGVS are “a blind spot for all political parties” says GVN CEO’, доступно по ссылке: <https://www.gvnetwork.co.uk/news/hgvs-are-a-blind-spot-for-all-political-parties-says-gvn-ceo>.

⁴⁴⁹ <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2019/transport-biofuels#abstract>.

часть биотоплива используется в качестве добавок к обычному топливу (до 10%). Доля автопарка с системами Flex Fuel невелика.

Таблица 7.9 Автомобили на биотопливе. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>ГИБДД не выделяет в парке автомобили на биотопливе. При этом в России оно производится. По данным Росстата, в 2016 г. было произведено только 280 т жидкого биотоплива. Использование топлив E-5, E-7 и E-10 (до 10% содержания этанола) разрешено всеми производителями автомобилей. С 2007 г. Кировский биохимзавод выпускает топливо E-85 (85% этанола, 15% бензина) из отходов деревообработки. Также из отходов деревообработки биотопливо производится на Тулунском гидролизном заводе. Производство биотоплива осуществляется также на заводе во Владикавказе.</p> <p>В 2008 г. три автомобиля Лада Калина, заправленные смесью биобутанола и бензина, проехали 4 тыс. км от Иркутска до Тольятти. Биотопливо для авто произвел Тулунский гидролизный завод из отходов лесопереработки.⁴⁵⁰ В ноябре 2010 г. прошел еще один тысячекilометровый автопробег Киров-Москва на биотопливе, также на автомобиле Лада Калина (биотопливо производства Кировского биохимзавода).⁴⁵¹ Затем этот автомобиль проходил испытание в городских условиях. В 2015 г. в качестве экспериментального образца была построена Лада Гранта, работающая на биотопливе.⁴⁵² На данный момент в России отсутствуют в продаже автомобили, работающие на биотопливе. Также отсутствует инфраструктура для функционирования таких автомобилей, в частности заправки с биотопливом. В АвтоВАЗе отмечают, что сейчас проект запуска автомобиля, работающего на биотопливе, в серийное производство мог бы стать привлекательным только при субсидировании со стороны государства.</p>
Прогнозные оценки	<p>В отдельных работах потенциал использования биодизеля в России оценивается в 7,5 млн т.⁴⁵³</p>
Затраты на реализацию технологии	<p>В автомобилях с системой Flex Fuel, способных работать на нескольких видах топлива, в частности, и на этаноле, и на бензине, обычно повышается удельный расход топлива из-за компромиссной системы его сжигания. При сгорании 1 л этилового спирта выделяется на 34% меньше энергии, чем при сгорании 1 л бензина. При этом цена на биодизельное топливо в России до последнего времени была выше цен дизельного топлива или бензина.</p>
Прочие ключевые характеристики технологии	<p>В обычный автомобиль, работающий на бензине, можно заливать смесь, которая содержит до 10% биотоплива. Под большой процент содержания биотоплива требуется изменение системы сжигания топлива. К недостаткам биотоплива можно отнести ограниченные сроки его хранения без потери потребительских свойств. При его производстве из сельхозкультур необходимо изъятие значительных посевных площадей.</p>

⁴⁵⁰ <https://rg.ru/2016/06/24/issledovanie-smozhet-li-biotoplivo-zamenit-benzin-dlia-avtomobilej.html>.

⁴⁵¹ <https://rg.ru/2010/11/15/reg-privolzhje/bio-anons.html>.

⁴⁵² <https://rg.ru/2015/06/23/granta-site-anons.html>.

⁴⁵³ Красникова Д.А., Евсеева А.А., Панферов О.Д. Актуальные проблемы применения биотоплива в России. Приложение 13. «Современные научные исследования. Выпуск 3». <https://e-koncept.ru/2015/85706.htm>.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Инфраструктурная среда	<p>В России отсутствуют заправки с биотопливом, что делает практически невозможным эксплуатацию дорожных автомобилей, работающих на биотопливе. Также подобные автомобили отсутствуют в продаже.</p> <p>В 2004 г. введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 52201-2004 – «Этанольное моторное топливо для автомобильных двигателей с принудительным зажиганием. Бензолы. Общие технические требования». Разработан ряд технических условий на эту продукцию.⁴⁵⁴ В Общероссийский классификатор продукции внесена подгруппа 02 5140 «Альтернативные виды топлива» с выделением позиции 02 5142 «Этанольное моторное топливо с содержанием этанола свыше 5% по объему для двигателей внутреннего сгорания с принудительным зажиганием».</p>
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Новое поколение биотоплива позволяет снижать выбросы ПГ на 75-95% по сравнению с ископаемым топливом. Выбросы ПГ по цепочке «от скважины до бака» для биоэтанола выше, чем для бензина или дизельного топлива, а для биодизеля – на 40-57% ниже без учета изменений в землепользовании. Однако если в анализ эти изменения включаются, то использование некоторых видов биотоплива может приводить к росту выбросов ПГ за счет выбросов от изменения в землепользовании при вовлечении в оборот новых земель для производства продовольствия, чтобы компенсировать вывод части земель для выращивания биотопливных культур. При рассмотрении таких косвенных эффектов выбросы ПГ при замене ископаемого топлива могут составлять для этанола (на основе переработки кукурузы) от -20% до +93%, а для целлюлозного этанола - от -70% до +50%.⁴⁵⁵ Если биотопливо производится на основе древесных отходов, то снижение выбросов ПГ может достигать 70-75%.</p>
Меры политики	<p>В России отсутствуют меры политики, направленные на поощрение покупки и эксплуатацию автомобилей, работающих на биотопливе. Отсутствуют меры политики, направленные на создание инфраструктуры, необходимой для функционирования таких автомобилей.</p>
Политические условия	<p>В 2006 г. согласно изменениям к ФЗ № 171 «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции» и к главе «Акцизы» Налогового кодекса РФ топливо, содержащее более 1,5% спирта, было признано спиртосодержащей продукцией, а значит, его изготовление и реализация подлежат лицензированию и специальному контролю со стороны налоговых органов, а спиртосодержащие добавки обложены акцизом.</p> <p>В ноябре 2018 г. были внесены изменения в ФЗ № 171, согласно которым действие этого закона не распространяется на производство и (или) оборот автомобильного бензина, произведенного с добавлением этилового спирта или спиртосодержащей продукции. Введено понятие «биоэтанол», под которым понимается денатурированный этиловый спирт, произведенный из пищевого и (или) непищевого сырья растительного происхождения, денатурация которого осуществляется с соблюдением требований, установленных законом о госрегулировании этилового спирта, и содержащий не более 1% воды.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁴⁵⁴ <https://a-forester.livejournal.com/130759.html>.

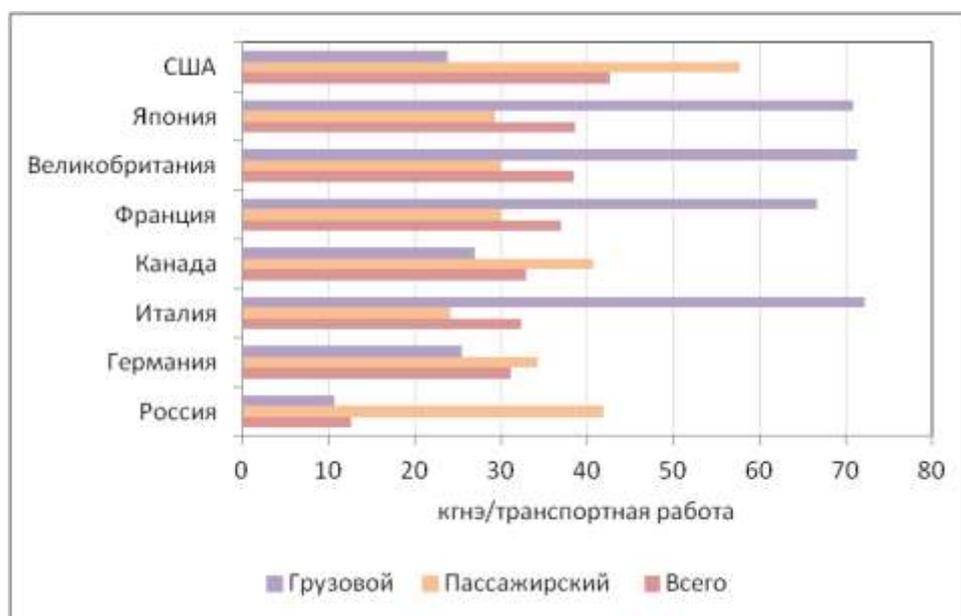
⁴⁵⁵ biofuel.org.uk/biofuel-facts.html.

7.6 Общественный и активный пассажирский транспорт

На единицу транспортной работы в целом Россия использует энергию более эффективно, чем страны G7 (рис. 7.4). Россия занимает среднее положение по энергоёмкости на транспорте при расчете на единицу ВВП. В части пассажирского транспорта – выигрывая в рациональности структуры пассажироперевозок (более высокая доля общественного транспорта: в России – 45%, в Великобритании – 15%), Россия проигрывает странам ЕС и Японии в топливной экономичности автомобилей. Средний расход топлива по парку легковых автомобилей в ЕС равен 6,9 л/100 км и варьирует от 5,9 л/100 км в Италии до 8,5 л/100 км на Кипре. По оценке ЦЭНЭФ-XXI, которая получена на основе детального анализа структуры парка легковых автомобилей по моделям, в России средний эксплуатационный расход топлива равен 11 л/100 км.⁴⁵⁶ Более высокое значение для России объясняется большими долями автомобилей с длительными сроками эксплуатации и с большим объемом двигателя,⁴⁵⁷ а также с низкой средней скоростью поездки в пробках. В итоге, удельный расход энергии на 1 пасс-км в России заметно выше, чем в Великобритании.

Считается, что причина высокой энергоёмкости для стран с большой территорией – это высокая средняя дальность перевозок. Однако размер страны влияет на энергоёмкость транспорта не прямо, а косвенно – за счет удержания низких цен на топливо. Поскольку в ценах жидкого топлива велика доля налогов, страны с большой территорией (Россия, Канада и США) часто не решаются существенно повышать налоги на жидкое топливо, сохраняя цены низкими.

Рисунок 7.4 Россия и страны G7. Удельный расход энергии на единицу транспортной работы* в 2015 г.



* Сумма т-км и пасс-км. Для грузового транспорта на т-км, а для пассажирского – на пасс-км.

Источник: Для России – по данным ЕТЭБ ЦЭНЭФ-XXI за 2015 г. и по данным Росстата по пассажирообороту и грузообороту. Оценка пассажирооборота личного автомобильного транспорта – ЦЭНЭФ-XXI. Для стран МЭА – IEA. 2017. Energy efficiency indicators. HIGHLIGHTS. 2017.

⁴⁵⁶ biofuel.org.uk/biofuel-facts.html.

⁴⁵⁷ Средний объем двигателя для новых легковых автомобилей в России равен 1,87 л, в США – 2,9 л, в Великобритании – 1,68 л, в Германии – 1,74 л, во Франции – 1,54 л, в Италии – 1,5 л. IEA. 2017. INTERNATIONAL COMPARISON OF LIGHT-DUTY VEHICLE FUEL ECONOMY 2005-2015. Ten years of fuel economy benchmarking. Working Paper 15.

По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, в 2018 г. доля личного автомобильного транспорта в пассажирообороте в России составляла 55%. Это заметно ниже, чем во многих странах. В ЕС она равна 81%, в Великобритании и Германии – 85%, в Италии и Франции – 81%, в США – 78%, в Канаде – 70%.⁴⁵⁸ Доля общественного транспорта в России в 2000-2018 гг. упала с 62 до 45%, что привело к существенному ухудшению экологической обстановки в российских городах и заметному приросту выбросов ПГ – примерно на 100 млн тСО_{2экв.} в 2000-2018 гг. Переключение пассажирооборота на общественный транспорт способно заметно ограничить выбросы как ПГ, так и вредных веществ (табл. 7.10 и 7.11).

Таблица 7.10 Общественный и активный пассажирский транспорт. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Традиционно в статистике Росстата по пассажирообороту не учитываются ни личные автомобили, ни активный пассажирский транспорт (поездки на велосипеде, самокатах или передвижение пешком). ЦЭНЭФ-XXI оценил динамику пассажирооборота с учетом личных и служебных автомобилей, двух- и трехколесных моторизованных транспортных средств и поездок не велосипедах. В итоге получается, что в 2000-2018 гг. доля легковых автомобилей выросла с 38 до 55%, воздушного транспорта – с 7 до 21%; доля автобусов снизилась с 21 до 9%, железнодорожного транспорта – с 20 до 9%, городского электрического транспорта – с 12 до 4%, а доля велосипедных поездок оставалась примерно на уровне 1%. То есть в эти годы имела место явно выраженная тенденция опережающего развития энергоемких и углеродоемких видов пассажирского транспорта.
Прогнозные оценки	Согласно прогнозу МЭР, пассажирооборот общего пользования в 2018-2036 гг. вырастет на 80,5%, в т.ч по видам транспорта: железнодорожный – на 48,7%; автобусный – на 22,1%; внутренний водный – на 18,8%; воздушный – на 126,7%; городской электрический – на 38,4%; морской – на 49,5%. ⁴⁵⁹ Таким образом, транспортная мобильность населения заметно вырастет. В базовом сценарии ЦЭНЭФ-XXI предполагается, что тенденция роста доли личного автомобильного транспорта в пассажирообороте будет остановлена и останется на уровне 45-46% до 2050 г. Это определяется также тем, что в России заканчивается период «взрывной» автомобилизации по мере роста дохода, и так же, как и в других странах со сходным уровнем дохода, начинается период умеренного роста обеспеченности автомобилями. Доля воздушного транспорта растет до 24%; доля железнодорожного транспорта перестает снижаться, доля автобусного транспорта снижается до 7,5%, городского электрического – до 3,3%, а доля велосипедных поездок остается около 1%. В сценарии «1,5 градуса» приняты допущения о заметном изменении структуры пассажирооборота, который смещается в сторону железнодорожного, городского электрического рельсового транспорта, автобусного (электробусы), водного и немоторизованного транспорта. Кроме того, интенсивно развиваются процессы совместного использования легковых автомобилей (такси, каршеринг, карпулинг), на которые, по оценкам МАДИ, уже к 2030 г. может приходиться 15-17% суммарного количества поездок на легковых автомобилях. В итоге к 2050 г. доля железнодорожного транспорта растет до 15,7%; автобусного – до 9,7%; метрополитена – до 4,3%; легкого рельсового транспорта (трамваев) – до 0,9%; воздушного – до 24,2%;

⁴⁵⁸ Для России – оценка пассажирооборота личного автомобильного транспорта ЦЭНЭФ-XXI. Для стран МЭА – IEA. 2017. Energy efficiency indicators. HIGHLIGHTS. 2017; Energy transport and environmental indicators. 2015 Edition. Eurostat. 2015; <http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/transport-eu.pdf>

⁴⁵⁹ Минэкономразвития России «Прогноз долгосрочного социально-экономического развития России до 2036 г.» и прогнозы ЦЭНЭФ-XXI.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	велосипедного и средств «малой мобильности» – до 4%. Такие изменения позволяют снизить долю личного автомобильного транспорта с 46,2% до 29,6%, что немного ниже уровня 2000 г.
Затраты на реализацию технологии	Обобщающих данных о затратах на развитие общественного транспорта в России нет даже в проекте «Стратегии развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта Российской Федерации на период до 2030 года». В 2016 г. по России в целом инвестиции в автобусный транспорт составили 18 млрд руб., в городской электрический – 136 млрд руб., в воздушный – 44 млрд руб., в железнодорожный – 359 млрд руб. (основная часть последних может быть отнесена к грузовому транспорту). ⁴⁶⁰
Прочие ключевые характеристики технологии	Эксплуатационная длина железных дорог равна 86,6 млн км, доля пассажирооборота на электротяге – более 82%; эксплуатационная длина линий метро – 580 тыс. км, число вагонов – 8,1 тыс., доля вагонов со сроком эксплуатации свыше 20 лет – 52%; эксплуатационная длина трамвайных путей – 2,4 тыс. км, число вагонов – 7,7 тыс., доля вагонов, в т.ч. со сроком эксплуатации свыше 20 лет, – 67%; эксплуатационная длина троллейбусных маршрутов – 5,1 тыс. км, число троллейбусов – 7,7 тыс., доля вагонов со сроком эксплуатации свыше 10 лет – 55%; число гражданских воздушных судов – 7 тыс., занятость пассажирских кресел – 84%. Парк автобусов общего пользования равен 170 тыс., из которых 48% находятся в эксплуатации более 10 лет.
Инфраструктурная среда	Развитие инфраструктуры является основой для развития общественного транспорта и активной мобильности. Для этого необходимо совершенствование градостроительной политики и приведение её в соответствие с провозными возможностями транспортной системы, внедрение механизмов управления транспортным спросом населения, стимулирование перехода к использованию общественного и немоторизированного транспорта, связанной велосипедной и безопасной пешеходной инфраструктур. Во многих российских городах в этих направлениях уже делаются шаги. Например, организован прокат велосипедов, выделены велосипедные дорожки, однако доступность и связность веломаршрутов остаются проблемой, как и наличие специальных велосипедных дорожек для деловых, трудовых и бытовых поездок. В Москве приняты меры по развитию велосипедной инфраструктуры: построено или выделено 230 км велосипедных полос и дорожек (90 км на улично-дорожной сети и 140 км – в парках); 1867 парковок на 11656 мест и 430 станций велопроката с 4300 велосипедами. ⁴⁶¹ Примером по развитию велосипедной инфраструктуры для многих российских городов может служить г. Альметьевск.
Экологические, экономические и социальные эффекты	Экологические эффекты от использования общественного транспорта можно проиллюстрировать следующим образом: в расчете на пасс-км выбросы CO ₂ на личном автомобиле (в среднем 1,6 пассажира на поездку) равны 133-183 гCO ₂ /пасс-км; на автобусе – 55-69; на метро – 65; на троллейбусе – 42, на железной дороге- 14-60, на самолете – 285, а на пассажирском судне – 245-530. ⁴⁶² Таким образом, поездка на наземном общественном транспорте вместо автомобиля позволяет снизить выбросы ПГ в 3-10 раз и примерно в такой же пропорции – вредные выбросы в атмосферу и в итоге заметно снизить негативное воздействие транспорта на окружающую среду. Повышается клиентоориентированность транспорта, транспортная доступность, мобильность населения, средняя скорость движения, сокращаются потери времени в пробках, сокращается протяженность перегруженных участков. Как показано ниже на примере Великобритании, рост доли велосипедного и пешего транспорта позволяет укрепить здоровье.

⁴⁶⁰ Федеральная служба государственной статистики. 2019. Транспорт в России – 2018 г.

⁴⁶¹ <https://greenpeace.ru/blogs/2018/09/20/velosipednye-goroda-v-rossii-nesbytochnaja-mechta/>.

⁴⁶² https://www.co2nnect.org/help_sheets/?op_id=602&opt_id=98.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Меры политики	<p>Отдельные меры государственной политики по развитию общественного транспорта реализуются в рамках Программы «Развитие транспортной системы», «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года»; «Стратегии развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта Российской Федерации на период до 2030 года»; «Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года». Однако эти документы не ставят задач по существенному наращиванию доли общественного транспорта в пассажирообороте, не запускают реальные механизмы, позволяющие решать такие задачи. На практике их решением в основном занимаются региональные и муниципальные власти. Например, в Москве доля жителей, пользующихся городским транспортом, выросла с 62% в 2010 г. до 68% в 2017 г., и ожидается ее рост до 71% в 2020 г.⁴⁶³ То есть за 10 лет прирост составил почти 10%. Ежегодно Правительство Москвы выделяет более 500 млрд руб. на: продление, интеграцию и строительство новых линий метро, развитие МЦК и пригородных железных дорог; развитие городского такси и краткосрочной аренды автомобилей; строительство новых и восстановление ранее демонтированных трамвайных линий, транспортно-пересадочных узлов и перехватывающих парковок; организацию единой парковочной системы; строительство новых дорог и развязок; развитие сети маршрутов городского транспорта; развитие альтернативных видов транспорта; внедрение выделенных линий для городского транспорта и обособленных трамвайных путей; оптимизацию расписания и сокращение интервалов движения городского транспорта; внедрение Интеллектуальной транспортной системы (ИТС) и Комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД). Смещение транспортного спроса с личных транспортных средств на общественный транспорт, такси, каршеринг и райдшеринг рассматривается как магистральное направление развития перспективных транспортных систем в Москве и во многих других городах.⁴⁶⁴</p>
Политические условия	<p>Многие нововведения по развитию общественного транспорта – введение выделенных полос, платной парковки и др. – встречают негативную реакцию со стороны автомобилистов. Только 37% москвичей ежедневно садятся за руль, в городах-миллионниках – 52%, в остальных городах – 49%, в селах – 47%.</p> <p>Согласно исследованию аналитического центра НАФИ (ноябрь 2019 г.),⁴⁶⁵ 54% москвичей ежедневно пользуются автобусами, троллейбусами, трамваями против 27% по России в целом. 37% москвичей ежедневно пользуются метро. 81% москвичей довольны работой общественного транспорта, а в целом по стране – 62%. Основные жалобы на работу общественного транспорта: редко ходит (7%), переполнен (5%), грубость кондукторов и водителей (5%), высокая стоимость проезда (3%).</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁴⁶³ www.report2010-2017.transport.mos.ru/pdf/ar/ru/transport-complex_transport-strategy.pdf.

⁴⁶⁴ <https://i.moscow/futureTech/2>.

⁴⁶⁵ Всероссийский опрос НАФИ проведен в ноябре 2019 г. Опрошено 1600 человек в 150 населенных пунктах в 52 регионах России. Возраст: 18 лет и старше. Статистическая погрешность не превышает 3,4%. <https://nafi.ru/analytics/kakimi-vidami-transporta-polzuyutsya-rossiyane/>.

Таблица 7.11 **Общественный и активный пассажирский транспорт. Великобритания**

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Спрос на пассажирские перевозки значительно вырос с 1952 г., когда впервые были собраны статистические данные: с 218 до 808 млрд км в 2018 г. В 1952 г. 30% пассажиро-километров приходилось на легковые автомобили в личной собственности граждан, микроавтобусы, такси и мотоциклы, а оставшиеся 70% приходились на общественный и велосипедный транспорт (42% - на автобусы, 17% - на железнодорожный транспорт ⁴⁶⁶ , 11% - на велосипедный транспорт). К 1994 г. это соотношение изменилось следующим образом: 87,5% пассажиро-километров приходилось на личные автомобили, микроавтобусы и мотоциклы, и лишь 11,7% - на общественный транспорт (6% - на автобусы, 5,2% - на железнодорожный транспорт, и 1% - на велосипедный транспорт). ⁴⁶⁷ Начиная с 1995 г. общая тенденция стала меняться. На легковые автомобили, микроавтобусы, такси и мотоциклы пришлось 84% пассажиро-километров в структуре пассажирских перевозок, на общественный транспорт – 15% (4% составили автобусы, 10% - железнодорожный транспорт, и 1% - велосипедный транспорт). ^{468,469} В 2002 и 2016 годах в Англии среднегодовая дистанция на одного человека по пешему движению на расстояния короче мили составили 331,5 км и 338 км (в указанный период число варьировало между отметками 306 км и 346 км). ⁴⁷⁰ Для пешего движения длиной на расстояния больше мили значения составили 188 км и 156 км в 2002 и 2016 гг. соответственно (в указанный период число варьировало между отметками 153 км и 193 км). ⁴⁷¹ Стоит учесть, что существует значительный разброс данных по всей стране, особенно между крупными городами и сельскими районами. Например, в Лондоне в 2000 г. 48% перевозок совершались на личном транспорте, 27% - на общественном транспорте, 1,2% - на велосипедном транспорте, и 24% приходилось на пешее движение. К 2018 г. доля личного транспорта в структуре пассажирских перевозок уменьшилась до 27%, а доли общественного транспорта, велосипедного транспорта и пешего движения выросли до 36%, 2,5% и 25% соответственно. ⁴⁷²
Прогнозные оценки	При использовании средних предполагаемых значений для вероятного развития ключевых определяющих факторов, ⁴⁷³ согласно прогнозам правительства, пассажирские перевозки на легковых автомобилях в Англии и в Уэльсе вырастут на 17,1% к 2030 г. (по отношению к уровню 2015 г.) и на 34,2% к 2050 г. На общественном транспорте (например, на городских и пригородных автобусах) – сократятся на 8,9% и останутся на том же уровне до 2050 г. ⁴⁷⁴ По этим же оценкам, пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте вырастут на 2,6% в год в период с 2015 по 2040 гг.,

⁴⁶⁶ Включая Национальные железные дороги (франчайзи – только до 2008 г., суммарно франчайзи и не-франчайзи – начиная с 2009 г.), городское метро и современные трамваи.

⁴⁶⁷ Значения даны без учета внутренней авиации, но с учетом 0,1%, 0,8% и 1,2% пассажиро-километров в 1952, 1995 и 2018 годах соответственно.

⁴⁶⁸ DfT (2019) *Modal comparisons (TSGB01)*, Department for Transport, London.

⁴⁶⁹ DfT (2019) *Modal comparisons (TSGB01)*, Department for Transport, London.

⁴⁷⁰ На основе выборки из 14369 чел. в 2002 г. и 14150 чел. в 2018 г.

⁴⁷¹ На основе выборки из 14369 чел. в 2002 г. и 14150 чел. в 2018 г.

⁴⁷² TfL (2019) *Travel in London: Report 12*, Transport for London.

⁴⁷³ Включая прогнозы роста ВВП и населения, цены на топливо и развитие технологий.

⁴⁷⁴ DfT (2018) *Road Traffic Forecasts 2018*, Department for Transport, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	если спрос не будет сдерживаться предложением (или на 1,6% в год, если этот фактор будет сдерживаться ограниченным предложением). ⁴⁷⁵ При том что результаты региональных инициатив теряются на национальном уровне, что также сказывается на прогнозах. В Лондоне доля общественного транспорта в соответствии с прогнозами вырастет до 68% к 2041 г. даже без новых мер политики.
Затраты на реализацию технологии	Доход от пассажирских перевозок на всех видах железнодорожного транспорта в 2018 г. в Великобритании составил примерно 13,4 млрд фунтов стерлингов. ^{476,477} Средняя цена поездки составила 0,167 фунтов стерлингов за км, данная сумма отражает рост с 2000 г. на 10%. Доходы от перевозок на автобусном транспорте в 2018 г. составили 2,3 млрд фунтов стерлингов, ⁴⁷⁸ при этом средняя стоимость составила 0,14 фунтов стерлингов на км. ^{479,480} Стоимость поездок на велосипедном транспорте очень разнообразна и касается только затрат на покупку и содержание велосипеда, пешее движение не несёт прямых затрат.
Прочие ключевые характеристики технологии	Средний возраст подвижного состава Ассоциации железнодорожных транспортных компаний Великобритании в 2018 г. составил 19,5 лет; совокупная протяжённость железнодорожных путей, используемых для пассажирских перевозок, составила 15847 км (из которых 61% электрифицированы), на них функционируют 2566 железнодорожных станций. В 2018 г. 86,3% поездов прибыли по расписанию, ⁴⁸¹ средний объем перегруженности транспорта составляет примерно 3,5% и обычно приходится на будние дни осенью в городах. В Великобритании одна из самых перегруженных и активно используемых железнодорожных систем в Европе. ⁴⁸² В Великобритании используется 9 легкорельсовых систем, в рамках которых функционируют 418 станций. В метро Лондона функционируют 270 станций, общая протяжённость путей лондонского метро составляет 413 км, в 2018 г. подвижной состав насчитывал 4319 вагонов. В метрополитене Глазго работают 15 станций, подвижной состав насчитывает 40 вагонов. В 2018 г. в Великобритании в парке местных фирм, ⁴⁸³ которые занимаются автобусными перевозками, было 39600 автобусов, 7300 пригородных автобусов и 1900 микроавтобусов. Подобная информация по велосипедному транспорту и пешему движению отсутствует, информацию на этот счёт можно найти ниже в разделе «Инфраструктурная среда».

⁴⁷⁵ Preston, J. (2018). *The UK passenger rail system: how and why is it changing*, Government office for Science, London.

⁴⁷⁶ Суммы за покупки билетов Национальных железных дорог (только франчайзи), метро Лондона и Глазго, трамваи Эдинбурга (все значения в ценах 2018/19 гг.), и легкого метро и трамваев в Англии (реальные цены).

⁴⁷⁷ DfT (2019). *Public Transport (TSGB06)*, Department for Transport, London.

⁴⁷⁸ Включает только оплату услуг операторов автобусного сообщения.

⁴⁷⁹ Данные по пассажиро-километрам имеются только для уровня страны, а данные по выручке – только для Англии.

⁴⁸⁰ Приведенные здесь данные по выручке не включают выручку и доход от прочих источников, в т.ч. в общественном секторе, которые могут быть существенными. Например, совокупная поддержка правительством железнодорожной отрасли в 2018 г. превысила £7 млрд.

⁴⁸¹ Поезд считается прибывшим по расписанию, если он прибыл на станцию назначения не позднее чем через 10 минут после времени, указанного в расписании для поездов дальнего сообщения и не позднее чем через 5 минут для всех остальных поездов.

⁴⁸² DfT (2017). *Connecting people: a strategic vision for rail*, Department for Transport, London.

⁴⁸³ Сюда относятся все операторы, занимающиеся местными автобусными перевозками, в т.ч. осуществляющие перевозки по частным контрактам и школьным договорам.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Инфраструктурная среда	<p>В 2018 г. 42% людей старше 5 лет обладали велосипедом или имели к нему доступ. Большая часть поездок на велосипедах (58%) совершается по второстепенным дорогам в черте города и 25% - по второстепенным сельским дорогам.⁴⁸⁴ Изначально утверждённая в 1995 г. национальная сеть велосипедных дорог Великобритании насчитывает 26675 км размеченных маршрутов. Около 68% маршрутов пролегают по дорогам, 32% - по специальным дорожкам без движения другого транспорта. В 2018 г. состояние 54% дорог в рамках маршрутов было оценено как «хорошее» или «очень хорошее», а 42% дорог сети находятся в «очень плохом» состоянии.⁴⁸⁵ Только в Лондоне находится 2000 км велосипедных дорог, на которых установлены 58000 маршрутных указателей и знаков. В Лондоне в общей сложности 146000 парковочных мест для велосипедов,⁴⁸⁶ в данную инфраструктуру в последние несколько лет были направлены значительные инвестиции. Если говорить о пешеходных передвижениях, то в этой области не требуется какая-то специальная инфраструктура, и проследить подобную зависимость сложно, к тому же в этой области доступно мало данных.</p>
Экологические, экономические и социальные эффекты	<p>Увеличение доли общественного транспорта в структуре пассажирских перевозок обеспечивает целый ряд преимуществ. Например, инвестиции в ремонт железной дороги «Главной Линии Западного Побережья»,⁴⁸⁷ протяжённость которой составляет 643 км, позволили увеличить её пропускную способность и сократить время поездки, что привело к снижению числа поездок на автомобилях на 7 млн и к уменьшению количества перелётов между Лондоном и Манчестером на 5 тыс. в 2004-2017 гг. (что позволило снизить уровень выбросов на 60 тыс. тCO₂). Эта мера также позволила расширить коммуникационные возможности между крупными городами, что вносит свой вклад в экономический рост и в размер и профиль доступных рынков труда.⁴⁸⁸ Целый ряд выгод также спрогнозирован для высокоскоростной железной дороги HS2, когда она будет полностью запущена в эксплуатацию.⁴⁸⁹</p> <p>Среди таких прогнозов – снижение пробега автомобилей на 2 млн км в день (что обеспечивает снижение уровня выбросов примерно на 40 тыс. тCO₂), появление 10 тыс. новых рабочих мест в связи со строительством линии и 500 тыс. рабочих мест для её эксплуатации. Но такие оценки подвергаются критике. Есть мнение, что экологические и экономические последствия будут негативными, особенно при существенном увеличении затрат (подробнее ниже).⁴⁹⁰ Разногласия относительно стоимости и преимуществ</p>

⁴⁸⁴ CyclingUK (2020). *cycling UK's Cycling Statistics*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.cyclinguk.org/statistics> [Дата обращения: 30 января 2020 г.].

⁴⁸⁵ Sustrains (2018). *Paths for everyone: Sustran's review of the National Cycle Network 2018*, Sustrans, Bristol.

⁴⁸⁶ TfL (2019). *Cycling Infrastructure Database*, [Online] Доступно по ссылке: <https://data.london.gov.uk/dataset/cycling-infrastructure-database> [Дата обращения: 30 января 2020 г.].

⁴⁸⁷ Одна из основных железнодорожных магистралей в Великобритании, соединяющая Лондон с Глазго и Эдинбургом и проходящая через все главные города на этом пути.

⁴⁸⁸ Campaign for Better Transport (2018). *Transformation of the West Coast Mainline: How rail investment in benefitting people, the environment and the economy*, Campaign for Better Transport, London.

⁴⁸⁹ HS2 (или High Speed 2) – это новая высокоскоростная железнодорожная магистраль протяжённостью 345 миль между центрами городов Лондон, Бирмингем, Манчестер, Лидс и др., которая после полного ввода в эксплуатацию будет перевозить около 100 млн пассажиров в год. Первая ее очередь – от Лондона до Вест Мидлэндс будет введена в эксплуатацию в 2028 г., вторая – от Вест Мидлэндс до Лидса и Манчестера – в 2035 г. (источник: HS2 (2019) *What is HS2*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.hs2.org.uk/what-is-hs2/> [Дата обращения: 30 января 2020 г.]. Первоначально затраты были оценены в £55 млрд, но сейчас, вероятно, превысят £108 млрд (источник: BBC (2020) *HS2 costs out of control, says review's deputy chair*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.bbc.co.uk/news/business-50995116> [Дата обращения: 30 января 2020 г.].

⁴⁹⁰ STOPHS2 (2020). *The Case against HS2*, [Online] Доступно по ссылке: <http://stophs2.org/facts> [Дата обращения: 31 января 2020 г.].

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>проекта HS2 привели к его пересмотру, который начался в августе 2019 г. (Oakervee Review). По итогам пересмотра комиссией правительство примет решение относительно продолжения или закрытия проекта HS2. На момент написания данной работы отчёт об итогах пересмотра проекта ещё не опубликован, но, скорее всего, комиссия будет настойчиво просить не закрывать этот проект.⁴⁹¹ Активное движение (велосипедное и пешее) имеет ряд прямых и косвенных экологических, экономических и социальных выгод. Согласно оценкам, национальная сеть велосипедных дорог Великобритании позволила сэкономить 88 млн фунтов стерлингов за счёт уменьшения пробок на дорогах и только через сектор туризма обеспечила вклад в местную экономику в размере 2,5 млрд фунтов стерлингов. С увеличением велосипедного движения в городах до уровня Дании польза для здоровья в течение 20 лет позволит сэкономить Национальной службе здравоохранения около 17 млрд фунтов стерлингов.⁴⁹²</p>
Меры политики	<p>Целый ряд мер политики и стратегий оказывает влияние на использование общественного и активного транспорта в Великобритании. Ниже представлены главные меры политики:</p> <p>«Соединяя людей: стратегическое видение развития железнодорожного транспорта» – данная стратегия была опубликована в ноябре 2017 г., она состоит из пяти основных целей и различных основополагающих мероприятий. Среди этих целей: 1) «Повышение надёжности железнодорожных перевозок» (включая инвестиции в размере до 34,7 млрд фунтов в 2019-2024 гг. на модернизацию железнодорожной сети и 450 млн фунтов на цифровые инструменты управления); 2) «Расширение сети» (включая открытие ранее закрытых железнодорожных линий, создание новых маршрутов, включая Crossrail⁴⁹³ (система железной дороги в Лондоне, строится с 2009 г.) и HS2); 3) «выгодные предложения для пассажиров» (‘умные билеты’ и увеличение скидок на билеты⁴⁹⁴ по всей железнодорожной сети к концу 2018 года, реформирование системы франшизы железнодорожных перевозок); 4) «Современный персонал» (включая создание Национального колледжа скоростных железных дорог); 5) «Продуктивный и новаторский сектор» (включает в себя инвестиции в размере 40 млн фунтов стерлингов на проведение конкурсов инноваций, создание научно-инновационной сети по исследованиям и новаторским решениям на железнодорожном транспорте, внедрение экологических принципов развития в будущие договоры франшизы и поиск экспортных возможностей).</p>

⁴⁹¹ Burrige, T (2020). *HS2: Government review ‘advises against cancelling project’*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.bbc.co.uk/news/business-51319261> [Дата обращения: 31 января 2020 г.].

⁴⁹² Jarrett *et al* (2012). Effect of increasing active travel in urban England and Wales on costs to the National Health Service, *The Lancet*, DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60766-1.

⁴⁹³ Строительство Crossrail (сейчас известной как Elizabeth Line) было начато в 2009 г. Сейчас это крупнейший в Европе инфраструктурный проект, в результате которого появится 100 км новой железнодорожной магистрали из Ридинга (на западе Лондона) в Эбби Вуд (на востоке Лондона) с 42 км новых туннелей под Лондоном. Он будет включать 41 станцию (в т.ч. 10 новых), будет полностью интегрирован в существующую транспортную сеть Лондона и увеличит железнодорожные мощности Центрального Лондона на 10% (перевоза 200 млн пассажиров ежегодно). Она будет полностью введена в эксплуатацию в 2021 г. (источник: Crossrail (2020) *Crossrail in numbers*, [Online] Доступно по ссылке: <http://www.crossrail.co.uk/news/crossrail-in-numbers> [Дата обращения: 30th января 2020 г.]. По нынешним оценкам, совокупные затраты составят £18,25 млрд (источник: Farrell, S. & Topham, G. (2019). *Crossrail faces further delays and will cost more than £18bn*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.theguardian.com/uk-news/2019/nov/08/crossrail-faces-further-delays-and-will-cost-more-than-18bn-tfl> [Дата обращения: 30 января 2020 г.].

⁴⁹⁴ Разным категориям и владельцам «железнодорожной карты» предоставляются различные скидки в размере по крайней мере 1/3 от большинства тарифов.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>«Выгодное предложение для пассажиров автобусов» – В этом руководстве, опубликованном в сентябре 2019 г., изложен ряд обязательств правительства на ближайшие годы в сфере перевозок пассажиров автобусным транспортом в Великобритании. Среди этих обязательств: 1) разработка и создание национальной автобусной стратегии для Великобритании в соответствии с местными потребностями; 2) пересмотр системы грантов для автобусных перевозчиков (BSOG)⁴⁹⁵ для обеспечения повышения уровня экологичности и улучшения качества перевозок; 3) инвестиции в размере 20 млн фунтов стерлингов в новые меры по поощрению использования автобусного транспорта в Уэст Мидлендс; 4) инвестиции в новые дороги для улучшения автобусной инфраструктуры; 5) совершенствование государственного руководства для местных органов власти по приоритизации автобусов; 6) инвестиции в размере до 50 млн фунтов стерлингов в перевод целого города на электробусы; 7) введение сетей «супербас» с 2020 года, которые будут интегрированы с другими видами общественного транспорта (например, с железнодорожным), преимущественно в сельских районах; 8) снижение тарифов.⁴⁹⁶</p> <p>Стратегия инвестиций в велосипедное и пешее движение – Опубликованная в 2007 г. стратегия направлена на удвоение велосипедной активности и значительное увеличение пешеходного движения к 2025 г. при поддержке государственных инвестиций в размере около 1,2 млрд фунтов стерлингов в 2016-2021 гг. Эта мера будет поддержана разработкой локальных планов по развитию велосипедной и пешей инфраструктуры, которые смогут опираться на указанные выше ресурсы. Кроме того данная стратегия включает в себя целый ряд конкретных мер и инициатив (как уже существующих, так и новых), направленных на повышение количества передвижений на велосипедном транспорте и увеличение пешего движения, включая такие инициативы, как «Амбициозные велосипедные города»⁴⁹⁷ и «На велосипеде на работу»⁴⁹⁸. Ещё до введения этих инициатив правительственные инвестиции в велосипедное движение в Англии выросли с 2 фунтов на человека в 2010 г. до 6 фунтов на человека в 2016 г.⁴⁹⁹</p> <p>Впрочем, условия для реализации мер политики в области активного движения определяются на локальном уровне (например, городском). Различные меры, введённые в Лондоне, внесли вклад в формирование мер политики, которые были описаны выше. Плата за въезд в центр Лондона (LCC)⁵⁰⁰ и плата, взимаемая с наиболее загрязняющих окружающую среду</p>

⁴⁹⁵ BSOG – это грант, выдаваемый операторам некоторых автобусных маршрутов и транспортным организациям в комьюнити для возмещения им части затрат на топливо для поддержания цен на невысоком уровне и оказания ими услуг, которые иначе были бы нерентабельны. Сумма, выделяемая каждому оператору, зависит от годового потребления топлива. Источник: DfT (2019). *Bus services: grants and funding*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/collections/bus-services-grants-and-funding> [Дата обращения: 30 января 2020 г.].

⁴⁹⁶ DfT (2019) *A better deal for bus users*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/a-better-deal-for-bus-users/a-better-deal-for-bus-users#superbus-networks> [Дата обращения: 30 января 2020 г.].

⁴⁹⁷ Программа грантов (всего в размере £191 млн) до конца 2019 г. под разработку планов развития велосипедных поездок через расширение велосипедных маршрутов между центрами городов, местными общинами и ключевыми рабочими местами и магазинами.

⁴⁹⁸ Система предоставления преимуществ работникам, введенная в 1999 г. Работодатели могут давать сотрудникам до £1 тыс. в виде займов для аренды велосипедов и оборудования для защиты. В конце срока займа работодатель может предложить продать сотруднику велосипед, но по полной рыночной стоимости. По оценкам, сегодня около 150 тыс. велосипедов в год (4% всего объема продаж) реализуется по этой схеме.

⁴⁹⁹ DfT (2017) *Cycling and Walking Investment Strategy*, Department for Transport, London.

⁵⁰⁰ Плата составляет £11,50 за день вождения автомобиля в платной зоне Центрального Лондона в интервале между 07:00 и 18:00 с понедельника по пятницу.

Вид метрики	Метрика и комментарии
	<p>транспортных средств в центре Лондона (зона ультранизкого уровня выбросов – ULEZ),⁵⁰¹ привели к сокращению использования личного транспорта и повышению доли использования общественного и «активного» транспорта (велосипедный транспорт, пешее движение) в центре Лондона. Эти меры были поддержаны целым рядом других стратегий и инициатив, среди которых инвестиции в развитие общественного транспорта, включавшие в себя доходы от платного въезда в центр Лондона, и значительные инвестиции, вложенные в последние несколько лет в новую инфраструктуру для велосипедного движения. Мэр Лондона поставил цель повысить долю активного транспорта в структуре общественного транспорта с 63,5% в 2018 г. до 80% в 2041 г.</p>
Политические условия	<p>В Великобритании политическая среда вокруг видов общественного транспорта сложна. Общественное мнение жителей Великобритании относительно использования автобусного транспорта разделилось пополам (хотя в Лондоне превалирует позитивное мнение, доля которого составляет 63%). При этом более чем две трети граждан позитивно относятся к поездкам на поезде.⁵⁰² Несмотря на это, политическая среда вокруг железнодорожного транспорта в Великобритании неоднозначна. Хотя примерно 80% пассажиров в целом довольны качеством поездок, этот показатель серьезно варьирует по всей стране, и лишь около половины пассажиров считают, что билеты имеют хорошее соотношение цены и качества, и примерно две трети пассажиров поддерживают идею ре-национализации ради повышения качества услуг.⁵⁰³ Хотя консервативная партия выступала против национализации, в январе 2020 г. было объявлено, что «Северная железнодорожная франшиза» будет национализирована после ряда проблем. Вторая франшиза будет национализирована в течение двух лет.⁵⁰⁴ Как уже было написано выше, политическая среда вокруг новых проектов, таких как железная дорога HS2, также непростая. Лишь небольшая часть населения считает, что она будет иметь хорошее соотношение цены и качества, и большая часть граждан считает, что этот проект скорее стоит отменить.⁵⁰⁵ Пешее движение позитивно оценивают 84% граждан Великобритании. Но при этом лишь 40% положительно относятся к передвижению на велосипедах как к виду транспорта.</p>

Источник: University College London.

⁵⁰¹ Зона ULEZ функционирует круглосуточно каждый день (кроме праздника Рождества) в тех же границах, что и зона платного въезда. £12,50 взимается с автомобилей, мотоциклов и микроавтобусов грузоподъемностью до 3,5 т, не соответствующих стандартам выбросов.

⁵⁰² Smith, M. (2019). *Half of Brits don't like tacking the bus*, [Online] Доступно по ссылке: <https://yougov.co.uk/topics/transport/articles-reports/2019/02/07/half-brits-dont-taking-bus> [Дата обращения: 31 января 2020 г.].

⁵⁰³ Transportfocus (2020). *National Rail Passenger Survey: Main Report Autumn 2019*, [Online] Доступно по ссылке: <https://d3cez36w5wymxj.cloudfront.net/wp-content/uploads/2020/01/27181442/Main-Report-Autumn-2019-240120.pdf> [Дата обращения: 31 января 2020 г.].

⁵⁰⁴ Powley, T. and Pickard, J. (2020). *Northern rail franchise to be nationalized, says UK government*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.ft.com/content/42a20344-429b-11ea-abea-0c7a29cd66fe> [Дата обращения: 31 января 2020 г.].

⁵⁰⁵ Savanta:ComRes (2019). *QuickSilver Media – HS2 Poll Feb 2019*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.comresglobal.com/polls/quicksilver-media-hs2-poll-feb-2019/> [Дата обращения: 31 января 2020 г.].

7.7 Недорожный грузовой транспорт

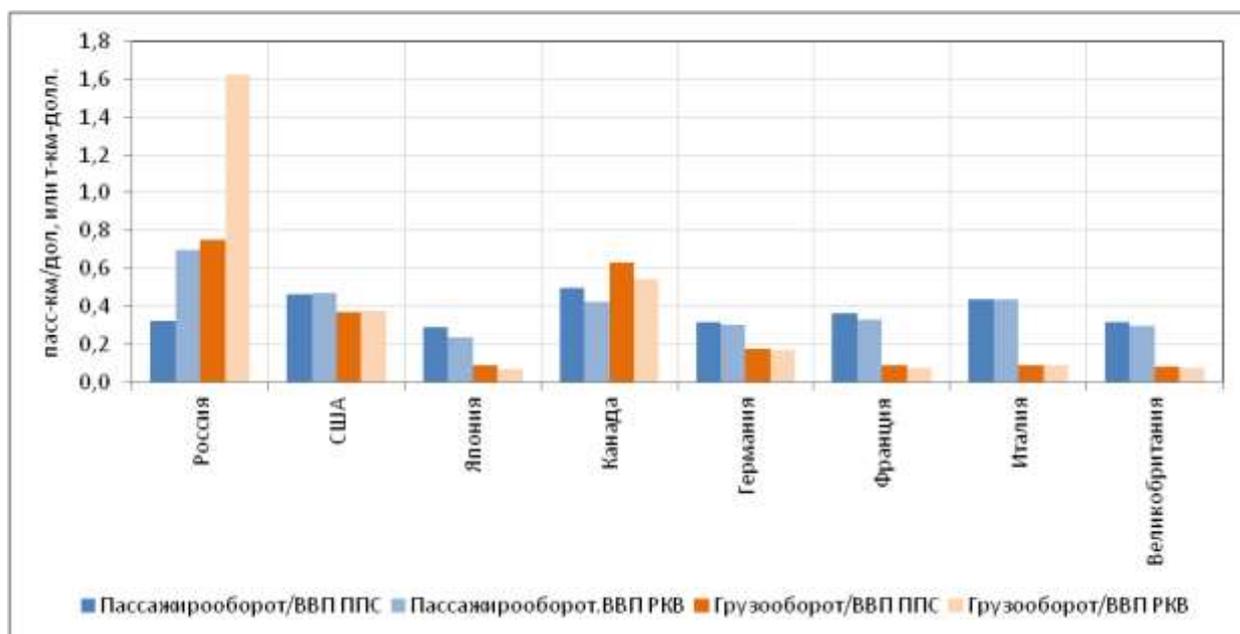
Удельный расход энергии на единицу грузооборота в России существенно ниже, чем в странах G7 (рис. 7.5). Разница в уровнях энергоёмкости на единицу ВВП на транспорте для отдельных стран складывается за счет различий в:

- показателях транспортной работы на единицу ВВП;
- долях разных видов транспорта в совершении транспортной работы;
- удельных расходах энергии на единицу транспортной работы одинаковых видов транспорта.

Более высокие показатели транспортной работы (в первую очередь по грузообороту) на единицу ВВП для России объясняют, почему Россия занимает среднее положение по энергоёмкости на транспорте при расчете на единицу ВВП. Разница определяется:

- для стран с высокой материалоемкостью и большими размерами территории – высоким отношением грузооборота к ВВП;
- для стран с высокими уровнями автомобилизации – высокой долей автомобильного транспорта;
- уровнем средних цен на энергию.

Рисунок 7.5 Транспортная работа* на единицу ВВП в 2015 г.: Россия и страны G7



* Для грузового транспорта без трубопроводного транспорта – т-км. Для пассажирского – пасс-км.

Источник: По данным Росстата по пассажирообороту и грузообороту. Оценка пассажирооборота личного автомобильного транспорта – ЦЭНЭФ-XXI. Для стран МЭА – IEA. 2017. Energy efficiency indicators. HIGHLIGHTS. 2017.

Российский грузовой транспорт спасает эффективная структура грузоперевозок. Удельный расход энергии на железной дороге многократно ниже, чем на автомобильном транспорте. Средний удельный расход энергии на единицу транспортной работы зависит от структуры ее выполнения по видам транспорта. Поэтому в качестве одного из индикаторов эффективности структуры грузоперевозок проект ODYSSEE-MURE

использует долю железнодорожного транспорта. В России в 2018 г. она была равна 46%, тогда как в странах ЕС – 24%, а в США – 31%. Доля трубопроводного транспорта в России равна 47%, в США – 17%, в Великобритании, Германии, Италии и Франции – по 4-7%. Трубопроводный транспорт транспортирует только энергоресурсы. Железнодорожный – на 94% загружен сырьевыми товарами и на 55% – энергоресурсами. Поэтому высокая энергоёмкость экономики и ее сырьевая ориентация определяют кратко более высокую «грузоёмкость» российской экономики и низкую долю энергоёмкого грузового автомобильного транспорта, которая в России равна 4,6%, тогда как в Китае – 32,8%, в США – 47%, а в Японии и крупных странах ЕС – 50-80%.⁵⁰⁶ В Великобритании высока доля автомобильного транспорта, а в России – железнодорожного и трубопроводного. Поэтому в России удельный расход энергии на единицу транспортной работы ниже, чем в Великобритании и в мире в целом, но на единицу ВВП он выше, чем в Великобритании, как при расчете по ППС, так и по курсу валют. Структура грузопотока и используемых для его перемещения видов транспорта не являются независимыми параметрами. Тем не менее, усилия по снижению доли автомобильного транспорта способны дать существенный климатический и экологический эффекты (см. табл. 7.12 и 7.13).

Таблица 7.12 Недорожный грузовой транспорт. Россия

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	Доля дорожного грузового транспорта в грузообороте в 2000-2018 гг. варьировала в диапазоне 4-5%. Доля железнодорожного транспорта выросла с 38 до 46%, трубопроводного – снизилась с 53 до 47%, а водного – с 5 до 2%.
Прогнозные оценки	В базовом сценарии ЦЭНЭФ-XXI прогнозирует сокращение доли дорожного грузового транспорта в грузообороте к 2050 г. до 3% за счет некоторого роста доли водного транспорта, в т.ч. за счет транспорта СПГ. В сценарии «1,5 градуса» грузоёмкость ВВП к 2050 г. снижается на 43%, однако структура грузооборота по видам транспорта меняется мало, и удастся удерживать долю дорожного транспорта в пределах 4%.
Затраты на реализацию технологии	По данным Росстата, расходы консолидированного бюджета Российской Федерации на развитие транспорта в 2017 г. составили 826 млрд руб., в т.ч. федеральный бюджет – 231 млрд долл. ⁵⁰⁷ В 2018 г. федеральные расходы на развитие транспортной инфраструктуры составили 222 млрд руб. Из них 58% пошло на автомобильную инфраструктуру, 17% - на железнодорожный транспорт. На государственную поддержку покупки транспортных средств в 2018 г. было выделено 43,3 млрд руб., из которых более половины выделено воздушному транспорту и только 13% - железнодорожному. ⁵⁰⁸ На компенсации из бюджета двух третей ставки процента на строительство или лизинг судов ежегодно в 2020-2022 гг. выделяется по 3,8 млрд руб. ⁵⁰⁹ Инвестиции в основной капитал по железнодорожному транспорту в 2016 г. составили 359 млрд руб., в нефтепроводную систему в 2018 г. – 311 млрд руб., а в газопроводную – 231 млрд руб., на распределение газообразного топлива по газораспределительным сетям – 80 млрд руб. В 2015 и 2016 годах инвестиции в трубопроводный транспорт составляли 716 и 663 млрд руб.

⁵⁰⁶ IEA. 2017. Energy efficiency indicators. HIGHLIGHTS. 2017; <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html>.

⁵⁰⁷ Федеральная служба государственной статистики. 2019. Транспорт в России – 2018 г.

⁵⁰⁸ ИПЕМ. Апрель 2019. Железнодорожный транспорт России: вызовы до 2025 года. Ведомости. www.ipem.ru/files/files/research/20190405_rail_2025_report.pdf.

⁵⁰⁹ Коммерсантъ. 05.02. 2020.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Прочие ключевые характеристики технологии	Доля электротяги поездов в совершении транспортной работы превышает 82%, транспорт нефти и нефтепродуктов полностью электрифицирован, транспорт природного газа – на 14%. ⁵¹⁰ При снижении углеродоемкости электроэнергетики возможно заметное снижение выбросов ПГ от грузового транспорта. Средний уровень износа локомотивов – 61%.
Инфраструктурная среда	Сеть недорожного транспорта хорошо развита. Эксплуатационная длина железных дорог равна 86,6 млн км, протяженность магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов равна 70,5 тыс. км, а магистральных газопроводов – 179 тыс. км. Среднее расстояние транспортировки нефти и газа превышает 2300 км.
Экологические, экономические и социальные эффекты	Экологические эффекты от использования недорожного транспорта можно проиллюстрировать следующим образом: в расчете на единицу приведенной транспортной работы расход энергии (гнэ/т-км) на автомобильном транспорте равен 94, на железнодорожном - 2,7, на трубопроводном – 10,6, на водном – 6-9. Таким образом, для недорожного транспорта потребление энергии и соответственно выбросы ПГ и загрязняющих веществ – на порядок меньше.
Меры политики	<p>Помимо прямого бюджетного финансирования государственная поддержка железнодорожного транспорта включает: обнуление НДС на перевозку пассажиров и багажа во внутригосударственном сообщении; предоставление скидок перевозчикам на услуги инфраструктуры для перевозок пассажиров в пригородном сообщении в размере 25 млрд руб. ежегодно, а также меры закупочной и тарифной политики государственных компаний (ОАО «РЖД» и других).⁵¹¹</p> <p>Государство регулирует деятельность госкомпаний и активно помогает при строительстве нефтепроводов и газопроводов. Суммарный объем инвестиций «Газпрома» в газификацию регионов России в 2005-2018 гг. составил 361 млрд руб. (37 млрд руб. в 2018 г.). Эти средства ООО «Газпром межрегионгаз» использует для финансирования проведения проектно-изыскательских работ и строительства межпоселковых газопроводов, а региональные власти обеспечивают строительство внутрипоселковых сетей и готовят к приему газа квартиры, домовладения и котельные.</p>
Политические условия	<p>Государство активно поддерживает развитие недорожного грузового транспорта и выделяет значительные ресурсы на его развитие.</p> <p>В ряде случаев возникают социальные протесты, связанные с экологическими последствиями перевалки перевезенного по железной дороге угля в морских портах. Среди них выделяется проблема загрязнения воздуха угольной пылью в Приморье, которую не могут решить уже несколько лет. Жители Приморского края протестуют против открытой перевалки угля в местных портах. Чтобы наладить работу закрытых терминалов, требуется около 5 лет и не менее 150 млрд руб.⁵¹²</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁵¹⁰ Васильев Б.Ю. Исследование эффективности современных электроприводных газоперекачивающих агрегатов. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 4. <http://www.ogbus.ru>.

⁵¹¹ ИПЕМ. Апрель 2019. Железнодорожный транспорт России: вызовы до 2025 года. Ведомости. www.ipem.ru/files/files/research/20190405_rail_2025_report.pdf.

⁵¹² <https://vladivostok.sm-news.ru/problemy-primorya-neobходимо-reshat-vmeste-8906/>.

Таблица 7.13 Недорожный грузовой транспорт. Великобритания

Вид метрики	Метрика и комментарии
Рыночные ниши и тренды	<p>В 1990 г. объём внутренних грузоперевозок в Великобритании составил 214 млрд т-км. В их структуре 61% составили грузоперевозки дорожным транспортом, 26% водным, 7% железнодорожным, и 5% трубопроводным. К 2000 г. объём внутренних грузоперевозок вырос до 247 млрд т-км, и при этом вышеуказанная структура по большей части не претерпела изменений. К 2018 г. объём внутренних грузоперевозок в Великобритании снизился до 193 млрд т-км. В структуре внутренних грузоперевозок произошли изменения: 79% составили грузоперевозки дорожным транспортом, водный транспорт сократился до 13%, железнодорожный вырос до 9%.⁵¹³ В период 2000-2018 гг. абсолютный уровень грузовых перевозок (в млрд т-км) дорожным и железнодорожным транспортом оставался примерно на одном уровне, в то время как грузовые перевозки на водном транспорте сократились примерно на две трети. Во многом это произошло из-за существенного снижения перевозок угля, необходимого для выработки энергии.⁵¹⁴</p> <p>В 2018 г. 20% грузоперевозок на железнодорожном транспорте приходились на долю сельскохозяйственной продукции, лесоматериалов и других сырьевых товаров, 35% - на продукты химической промышленности,⁵¹⁵ 1% - на механизмы, оборудование и потребительские товары длительного пользования,⁵¹⁶ оставшиеся 40% - на «другую продукцию».⁵¹⁷ На водном транспорте эти цифры составляют 27%, 20%, 0% и 53% соответственно.</p>
Прогнозные оценки	<p>Согласно относительно консервативным оценкам, примерно 16% перевозок на дорожном грузовом транспорте в Великобритании могут перейти на железнодорожный.⁵¹⁸ Согласно оценкам исследования, проведённого в 2015 г., при использовании набора мер политики, примерно 20% грузоперевозок можно перевести с дорожного транспорта на железнодорожный. Правительственная стратегия грузовых железнодорожных перевозок, о которой написано ниже, основана на предложениях этого исследования.⁵¹⁹</p>
Затраты на реализацию технологии	<p>Стоимость грузоперевозок в Великобритании составляет примерно 80 млрд фунтов в год, что эквивалентно примерно 4% ВВП. Из них примерно 1 млрд фунтов стоят грузоперевозки железнодорожным транспортом и около 20-30 млрд фунтов – грузоперевозки водным транспортом. Железнодорожные грузоперевозки чрезвычайно капиталоемкие, большую часть стоимости составляют локомотивы и вагоны (но их модульность позволяет делать увеличение вместительности не такой дорогой), при этом цены на топливо относительно небольшие. Обратные грузы позволяют сделать перевозку больших объёмов однородных грузов более экономичной. В общем и целом, железнодорожному грузовому транспорту сложнее конкурировать с дорожным, если речь идёт о расстояниях в 160 км и меньше, но при расстояниях менее 100 км он всё же может быть экономически эффективным для полных грузовых партий, перемещающихся между двумя железнодорожными узлами.</p>

⁵¹³ После 2013 г. нет данных по трубопроводному транспорту.

⁵¹⁴ DfT (2019) *Freight (TSGB04)*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/tsgb04-freight#domestic-freight-transport> [Дата обращения: 5 февраля 2020 г.].

⁵¹⁵ Включая с/х продукцию, уголь и лигнит, металлические руды и прочие ископаемые ресурсы.

⁵¹⁶ Включая оборудование, транспортные средства, мебель и др.

⁵¹⁷ Включая разные виды отходов: упаковку посылок, пустые контейнеры и пр. виды упаковочных материалов, бытовые и офисные отходы, некатегоризируемые отходы и др. виды отходов.

⁵¹⁸ Vivid Economics (2019). *The value of freight*, Vivid Economics, London.

⁵¹⁹ DfT (2016). *Rail Freight Strategy: Moving Britain Ahead*, Department for Transport, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
<p>Прочие ключевые характеристики технологии</p>	<p>В 2016-2017 гг. около 15800 км железнодорожной сети Великобритании были доступны для грузовых перевозок, причем около 1300 км из них доступны только для перевозки грузов (остальная часть используется для пассажирских перевозок). Сектор железнодорожных грузоперевозок фактически является единственным полностью приватизированным элементом железнодорожной отрасли Великобритании с грузовыми операционными компаниями (FOC), которых в настоящее время насчитывается пять,⁵²⁰ конкурирующих друг с другом на открытом рынке. Грузовые перевозки на железнодорожном транспорте осуществляются по требованию, но, как правило, такие составы работают как регулярные поезда (но могут не работать при недостаточном спросе). Основные потоки железнодорожных грузоперевозок в будние дни сосредоточены на Главной линии западного побережья (более подробно см. таблицу <i>Общественный и активный пассажирский транспорт</i>) между двумя глубоководными контейнерными портами Феликсстоу и Саутгемптон, и портом Иммингем. Существует три категории железнодорожных терминалов: «Терминалы для массовых грузов» (обычно располагаются на частных подъездных путях, принадлежащих или арендуемых грузоотправителем и получателем грузов, используемые для передачи сыпучих грузов), «Интермодальные терминалы» (предназначенные для перевозки грузов между железнодорожным и автомобильным транспортом) и стратегические железнодорожные грузовые развязки (SRFI) (крупные разработки на одной площадке с интермодальным терминалом, часто с несколькими распределительными центрами для различных типов грузов, обслуживающих более широкий регион – в настоящее время на территории Великобритании их 13).⁵²¹</p> <p>Железнодорожные перевозки в Великобритании вполне надежны: 94% поездов прибывают в диапазоне 15 минут от запланированного времени, при этом надежность повышается (задержки на железнодорожных грузоперевозках за последние 10 лет сократились вдвое, однако скорость и надежность системы железнодорожных грузовых перевозок ограничена приоритетом пассажирских поездов). При этом существующая железнодорожная инфраструктура в Великобритании представляет некоторые ключевые ограничения для грузовых перевозок. Например, количество интермодальных терминалов невелико (36), и всего 16% существующей сети способны вместить глубоководные контейнеры.</p> <p>Большая часть внутренних водных грузовых перевозок в Великобритании осуществляется между портами вдоль побережья или по основным внутренним водным путям, таким как Манчестерский канал. Грузопотоки идут и по другим широким рекам и каналам, которые используются для внутреннего судоходства, однако нет грузов, перевозимых баржей по узким каналам.</p>
<p>Инфраструктурная среда</p>	<p>См. раздел <i>«Прочие ключевые характеристики технологий»</i>.</p>
<p>Экологические, экономические и социальные эффекты</p>	<p>На грузовые перевозки в настоящее время приходится около 6% от общего объема выбросов парниковых газов в Великобритании, причем подавляющее большинство из них приходится на автомобильные грузовые перевозки. Железнодорожные грузовые перевозки более энергоэффективны, чем автомобильные грузоперевозки, хотя в Великобритании один из самых низких показателей электрификации железных дорог в ЕС (около 34%), при этом дизельное топливо остается доминирующим. Доля железнодорожных грузоперевозок на электротяге ниже примерно на 9%. Несмотря на это, железнодорожные перевозки производят меньше выбросов CO₂, (около 33 гCO₂/т-км), по сравнению с тяжёлыми грузовыми автомобилями (около 138 гCO₂/т-км). По оценкам, каждый поезд позволяет убрать с дорог до 76 тяжёлых грузовиков, в результате чего работа дорожного грузового транспорта снижается на 1,6 млрд т-км в год, и железнодорожный транспорт обеспечивает повышение производительности, снижение загруженности дорог и экологические выгоды на сумму более 1,6 млрд фунтов стерлингов в год.⁵²²</p>

⁵²⁰ DB Cargo, Freightliner, GB Rail Freight, Direct Rail Services (DRS) и Colas Rail.

⁵²¹ GOfS (2019). *Understanding the UK Freight Transport System*, Government Office for Science, London.

⁵²² Butcher, L. (2016). *Rail Freight*, House of Commons Library, London.

Вид метрики	Метрика и комментарии
Меры политики	<p>В 2016 г. правительство опубликовало «<i>Стратегию железнодорожных грузоперевозок</i>», цель которой – сформулировать «<i>видение того, как могут продолжать расти железнодорожные грузоперевозки и как более широкий сектор логистики и железнодорожная отрасль могут сотрудничать и внедрять инновации, чтобы помочь снизить давление на железнодорожную сеть</i>». Стратегия определяет 26 действий и шагов, предпринимаемых правительством, различными ведомствами и отраслью грузоперевозок, которые направлены на решение проблем, стоящих перед самой отраслью. Среди них – способы использования пропускной способности сети, потенциал для инноваций, недостаток навыков в секторе и общественное восприятие железнодорожных грузоперевозок. Сеть HS2 (более подробно см. таблицу «<i>Общественный и активный пассажирский транспорт</i>»), по оценкам Группы железнодорожных перевозок (RFG), сможет привести к сокращению количества грузовых автомобилей на 500 000 на основных автомагистралях, что даст экологические выгоды стоимостью более 45 млн фунтов (включая сокращение выбросов на 65 тыс. тCO₂) в год.</p> <p>Схема поддержки доходов при смене режимов (MSRS), эксплуатируемая министерством транспорта Англии и правительством Шотландии, помогает компаниям покрывать эксплуатационные расходы, связанные с эксплуатацией железнодорожного грузотранспорта или внутреннего водного грузотранспорта вместо автомобильного, когда железнодорожный или внутренний водный транспорт дороже. Это позволяет стимулировать смену вида транспорта. Уровень гранта зависит от специфики маршрута (например, начальной и конечной точек), уровня экологической выгоды (рассчитывается с использованием установленной методологии и денежных значений) и финансовой потребности в гранте. Ожидается, что MSRS будет работать как минимум до 2025 года.⁵²³</p> <p>Грант на водные грузоперевозки (WFG) направлен на оказание помощи компаниям в покрытии эксплуатационных расходов, связанных с использованием водного грузового транспорта вместо автомобильного грузового транспорта, когда перевозка по воде обходится дороже. Грант распространяется на прибрежные и короткие морские перевозки и может предоставляться в течение максимум 3 лет. Предложения по грантам ограничиваются наименьшей стоимостью экологических выгод, финансовой потребностью в гранте, определяемой разницей между использованием автомобильного и водного грузового транспорта, и покрывает 30% общих эксплуатационных расходов на транспортировку по воде соответствующего груза, составляя 2 млн евро.</p> <p>Кандидаты на обе схемы должны демонстрировать хорошее соотношение цены и качества через соотношение выгод и затрат (BCR) не менее чем 2 к 1 и иметь минимальный доход в 5 тыс. фунтов стерлингов, при этом приоритет между заявками распределяется по соотношению цены и качества. Самые последние гранты были присуждены в декабре 2019 года, и как ожидается, это позволит сократить число поездок на грузовых автомобилях на 24713 и обеспечить соотношение экологических выгод к затратам свыше 8,1 к 1 в период с января по март 2020 г.⁵²⁴</p>
Политические условия	См. раздел «Меры политики».

Источник: University College London.

⁵²³ DfT (2020). Guide to Mode Shift Revenue Support (MSRS) Scheme, Department for Transport, London.

⁵²⁴ DfT (2020). *Mode Shift Revenue Support and Waterborne Freight Grant applications and background information*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/department-for-transport-delivers-more-grant-funding-to-transport-freight-by-rail/mode-shift-revenue-support-and-waterborne-freight-grant-applications-and-background-information> [Дата обращения: 6 февраля 2020 г.].

8 НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗДАНИЯХ

8.1. Пассивные здания для энергетической революции

Глобальный рынок строительства зданий оценивается в 7,5-8,5 трлн долл. в 2017 г.⁵²⁵ На 2020 г. его можно оценить в размере 8,4-9,5 трлн долл. К 2030 г. он вырастет до 15,5 трлн долл.,⁵²⁶ а к 2050 г. можно ожидать его роста до 25-30 трлн долл. Для сравнения: глобальный рынок топлива в 2019 г. равен примерно 7,5 млрд долл. и к 2050 г. не превысит 15 трлн долл. в традиционных сценариях и 7-9 млрд долл. – в низкоуглеродных.

Объем рынка «зеленых» строительных материалов уже к 2022 г. может достичь 365 млрд долл.⁵²⁷ Они будут применяться при строительстве примерно 10% зданий. Эта доля превысит 50% уже к 2030 г., а к 2050 г. – 80-90%. Если к этому еще добавить оборудование, которое используется при строительстве зданий с низким потреблением энергии (NZEB) – «пассивных» и «активных» зданий, – то рынок «зеленых» материалов, оборудования и услуг для их строительства в 2050 г. можно оценить равным 10-17 трлн долл. Здания начинают превращаться в электростанции, и на базе этой концепции создаются здания с нулевыми выбросами ПГ (*Zero Emission Buildings*).

В мире насчитывается не менее 60 тыс. зданий, почти не потребляющих энергию (с расходом энергии на отопление примерно на 90% ниже существующих зданий и на 75% ниже новых «традиционных» зданий). Их доля в фонде зданий еще мала: в 2018 г. их было введено 300 млн м² (немногим менее 5% всех новых зданий). В 2025 г. эта доля вырастет до 37%, а в 2030 г. превысит 50%. Такие здания имеются уже во многих регионах мира (рис. 8.1). Во Франции все новые здания строятся по стандарту с низким потреблением энергии, а в Австрии, Бельгии и Италии доля таких зданий в 2018 г. превысила 20%.⁵²⁸ В Германии уже построено 20 тыс. таких зданий. С 2021 г. в ЕС новые здания должны быть NZEB. В Нью-Йорке принят закон, согласно которому все здания площадью более 25 тыс. кв. футов после капитального ремонта должны стать «пассивными». В Китае строятся целые кварталы пассивных зданий, а в Канаде уже построено 4200 таких зданий.⁵²⁹ В Великобритании, согласно базе данных по «пассивным» домам,⁵³⁰ их насчитывается не менее 167.

Согласно прогнозам МЭА, в 2030 г. будет введено 4 млрд м² зданий с низким потреблением энергии, или более 50% (см. табл. 8.1). В ряде стран действуют программы поддержки строительства пассивных зданий. В Германии государственный банк развития KfW предлагает кредиты под льготный процент размером свыше 50 тыс. евро на строительство пассивных домов. В Швейцарии введены правила маркировки зданий с высокими параметрами энергетической эффективности, что повышает их рыночную стоимость. Во Франции введено требование, запрещающее с 2013 г. строительство зданий (включая общественные) по более низким стандартам.

По сравнению с Германией количество пассивных домов в Великобритании (164) и в России (53-116) крайне мало, но они есть. Оценки базируются на данных из разных

⁵²⁵ <https://www.businesswire.com/news/home/20200102005422/en/Global-Building-Construction-Industry-Report-2014-2019-2023>; <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-construction-market-was-estimated-to-be-around-17140-billion-as-of-2017-300713756.html>.

⁵²⁶ <https://www.ice.org.uk/ICEDevelopmentWebPortal/media/Documents/News/ICE%20News/Global-Construction-press-release.pdf>.

⁵²⁷ <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-green-building-materials-market>.

⁵²⁸ <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/building-envelopes#abstract>.

⁵²⁹ <https://buildsmartna.com/2020/01/07/passive-house-past-passive-house-future/>.

⁵³⁰ <https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en>.

источников. Органы статистики не выделяют такие здания в отдельную категорию. Государственные стандарты, нормативно-правовые акты и другие документы, регулирующие сферу пассивного домостроения, не разработаны. Меры государственной поддержки в том или ином виде также не применяются ни на одном из уровней власти. Вопрос о стимулировании процесса строительства зданий с высокими показателями энергетической эффективности на повестке дня не стоит. А он должен стоять! Более подробно результаты по технологии «пассивные здания» для Германии, Российской Федерации и других стран представлены в табл. 8.2 и 8.3. Для сравнения выбрана Германия, так как Великобритания в плане строительства зданий с низким потреблением энергии продвинулась не намного дальше России.

Рисунок 8.1 Региональное распределение зданий с низким потреблением энергии



Источник: Ürge-Vorsatz, D., R. Khosla, R. Bernhard, D. Vérez, and L. F. Cabeza, 2020: Turning buildings into power plants? Global advances towards net zero and energy plus buildings. *Annu. Rev. Environ. Resour.*

Таблица 8.1 Сравнение метрик по пассивным зданиям

Метрика	Показатели ед. изм.	Великобритания		Россия		Другие страны	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Рыночная ниша	кол-во пассивных домов, ед.		164	53	116 ¹	2361 ²	20000 ³
Рыночные перспективы на 2030 г.	ввод/млн м ² /год	16	23 ¹¹	0,1	0,5	4000 ⁴	
Рыночные перспективы на 2050 г.		16	30	0,3*	110	6000	10000
Разница в цене с традиционным домом	%	1,1	4,4	15 ⁵	180 ⁶	3 ³	15 ⁶
Приростные капитальные затраты	долл./м ²	17	89	248 ⁷	2310 ⁷	39 ⁶	230 ⁸
Экологическое, социальное и экономическое влияние	экономия ТЭР в пассивных зданиях к базовому уровню, %	80	85	60-75**	-	60 ⁹	90 ¹⁰

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в РФ в 2017 году, стр. 43, и оценки ЦЭНЭФ-XXI на основе опроса компаний.

2. <https://passivehouse-database.org/>.

3. https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=79 (2017 г.); <https://passivehouseplus.ie/magazine/insight/the-cost-of-building-passive>.

4. <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/building-envelopes> (строительство в 2030 г. в целом по миру).

5. <http://ppu-house.ru/>.

6. Стоимость строительства 1346 долл./м². https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5432.

7. Стоимость строительства 1902 и 3594 долл./м². http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=524.

8. Стоимость строительства 1766 долл./м² <https://zeroenergyproject.org/2018/07/20/passive-house-busts-high-cost-myth-2/>.

9. <https://www.motherearthnews.com/green-homes/home-design/passive-house-zm0z11zphe>.

10. <https://idr-group.ru/vazhno-znat/energoeffektivnost-doma/>.

11. Предполагается, что с 2025 г. все здания в Великобритании не будут присоединяться к газовым сетям и будут иметь низкое потребление энергии на цели отопления на уровне 15-20 кВт·ч/м²/год. Committee on Climate Change. UK housing: Fit for the future? February 2019.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 8.2 «Пассивные» здания. Германия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>Впервые 4 пассивных дома были построены в 1991 г. в Дармштадте в рамках исследования по проведению сравнения этих зданий с изначально объявленными целями низкого потребления энергии, финансируемого четырьмя заказчиками из частного сектора, а также Министерством экономики и технологии и Департаментом окружающей среды земли Гессен.⁵³¹ Ниже в разделе «Другие важные характеристики технологии» дано техническое определение «пассивного» здания.</p> <p>Надежных данных об энергоэффективности зданий в Германии (как и во всем мире) немного. База данных по пассивным зданиям⁵³² включает 2361 пассивных здания, построенных в Германии (примерно половина всех таких зданий в мире), но, по новостным сообщениям, к 2011 г. их было построено 13 тысяч (около двух третей от всех таких зданий в мире),⁵³³ а по оценкам 2012 г. для Германии – 20 тыс. (т.е. 54% от всех пассивных зданий в мире).⁵³⁴ При всей противоречивости оценок очевидно, что на Германию приходится большая доля пассивных зданий в мире, но поскольку в 2016 г. в Германии было около 42 млн жилищ,⁵³⁵ они составляют лишь очень малую долю жилищного фонда.</p>
Рыночные перспективы	<p>В литературе (за исключением прогноза МЭА) практически нет конкретных прогнозов в отношении темпов продвижения пассивных зданий на рынок – ни в плане доли от общего объема строительства, ни по конкретному количеству таких зданий. Однако с учетом проводимой в настоящее время и вероятной будущей политики (см. ниже) вполне возможно, что их количество сильно вырастет (в особенности как доля от общего объема строительства). Например, в Великобритании принимается решение о необходимости с 2025 г. строить все новые здания с низким потреблением энергии и запретить их присоединение к газовым сетям.⁵³⁶</p>
Технологические затраты	<p>По оценкам, в 2012 г. строительство пассивного дома в Германии обходилось на 3-8% дороже, чем строительство здания, соответствующего требованиям энергетической эффективности того времени.⁵³⁷ Вероятно, средние значения затрат с тех пор снизились, так как строительные нормы ужесточились, а затраты на технологию и прочие затраты уменьшились.⁵³⁸ Затраты на доведение существующего жилого здания до стандарта пассивного дома заметно различаются. Однако с учетом получаемой экономии энергии чистые затраты (включая стоимость финансирования) становятся нулевыми примерно через 30 лет и отрицательными (т.е. генерируется чистая экономия затрат)</p>

⁵³¹ Passipedia (2019) The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, [Online] Available at: [https://passipedia.org/examples/residential_buildings/multi-family_buildings/central_europe/the_world_s_first_passive_house_darmstadt-kranichstein_germany?s\[\]=kranichstein](https://passipedia.org/examples/residential_buildings/multi-family_buildings/central_europe/the_world_s_first_passive_house_darmstadt-kranichstein_germany?s[]=kranichstein)

⁵³² Эта база данных является совместным проектом Института пассивных домов, the Passivhaus Dienstleistung GmbH, the IG Passivhaus Deutschland и the iPHA (Международной ассоциации пассивных домов) и их подразделений. Вся приводимая информация основана на данных, полученных зарегистрированным пользователем (планировщиком или владельцем здания) (Passive House Database (2019) Information, [Online] Доступно по ссылке: <https://passivehouse-database.org/#information>.

⁵³³ DW (2011). Germany leads the charge in low-energy homes, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.dw.com/en/germany-leads-the-charge-in-low-energy-homes/a-14815730>.

⁵³⁴ NHBC Foundation (2012). Lessons from Germany's Passivehaus experience, NHBC Foundation, Milton Keynes.

⁵³⁵ ODYSSEE Database.

⁵³⁶ Committee on Climate Change. UK housing: Fit for the future? February 2019.

⁵³⁷ Cutland, N (2012) Lessons from Germany's Passivehaus experience, NHBC Foundation, Milton Keynes.

⁵³⁸ Там же.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	примерно через 30 лет как для новых, так и для модернизируемых зданий в Германии (в зависимости от допущений о динамике цен на энергоресурсы), а для модернизируемых зданий это наблюдается для зданий, построенных в 1950-е или 1960-е годы, требующих капитального ремонта, который будет проводиться в любом случае. ^{539,540}
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Пассивный дом определяется как «здание, тепловой комфорт⁵⁴¹ в котором... может быть обеспечен исключительно подогревом или охлаждением воздушной массы, необходимой для поддержания требуемого качества воздуха в помещениях, без дополнительной циркуляции». Насколько это возможно, тепловой комфорт достигается с помощью пассивных мер, таких как теплоизоляция, утилизация тепла, пассивное использование солнечной энергии и внутренних источников тепла, при очень низком уровне активного потребления энергии.⁵⁴²</p> <p>Чтобы здание считалось пассивным, его тепловая нагрузка не должна превышать 10 Вт/м² жилой площади. В климатических условиях Центральной Европы это эквивалентно максимальному потреблению энергии около 15 кВт/м²/год (в более холодном климате это значение будет выше, в более теплом – ниже). Любое из этих двух значений может использоваться для подтверждения соответствия критериям пассивного здания.⁵⁴³</p> <p>Ключевым фактором для выполнения вышеуказанных требований является чрезвычайно низкое значение теплопроводности элементов ограждающих конструкций здания. В климатических условиях Центральной Европы значение общего коэффициента теплопроводности непрозрачных элементов не должно превышать 0,15 Вт/м²К⁵⁴⁴, а для окон (остекление и рамы) – 0,80 Вт/м²К. Кроме того, здание должно иметь низкую воздухопроницаемость, чтобы кратность воздухообмена не превышала 0,6 в час, а разница давлений была не более 50 Па. Мостиков холода не должно быть вовсе.⁵⁴⁵</p>
Инфраструктурное окружение	Строительство новых пассивных зданий (или модернизация существующих до стандарта пассивного здания) обычно не связано с какими-либо инфраструктурными требованиями или ограничениями по сравнению со строительством (или модернизацией) обычных зданий.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Экологическое воздействие строительства пассивного здания в значительной мере обусловлено его индивидуальными характеристиками (в т.ч. размером, локацией, строительными материалами). Однако анализ жизненного цикла здания, проведенный в 2011 г. для сравнения нового жилища, построенного по стандарту пассивного дома, и здания, построенного в соответствии с существующими требованиями в Норвегии, показал, что пассивное здание дает на 20% меньше выбросов ПГ за весь жизненный цикл, а его воздействие по всем прочим параметрам экологического вреда на 10-20% меньше (за исключением загрязнения пресной воды, где пассивное здание может оказывать несколько большее воздействие). ⁵⁴⁶

⁵³⁹ Cutland, N (2012) Lessons from Germany's Passivehaus experience, NHBC Foundation, Milton Keynes.

⁵⁴⁰ IBO (2016) *Details for Passive Houses: Renovation*, Birkhäuser, Basel.

⁵⁴¹ Defined by ISO 7730.

⁵⁴² Passipedia (2018). The Passive House – definition, [Online] Доступно по ссылке: https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_definition

⁵⁴³ Там же.

⁵⁴⁴ Уровень теплопередачи (в ваттах) на 1 м² ограждающей конструкции 1°К (или 1°С) разницы температур.

⁵⁴⁵ IPHA (2019). Passive House Guidelines, [Online] Доступно по ссылке: https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=80.

⁵⁴⁶ Dahlström, O. (2011). Life Cycle Assessment of a Single-Family Residence built to Passive House Standard, Norwegian University of Science and Technology.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Общее социальное и экономическое воздействие также зависит от характеристик здания и параметров строительства. Хотя пассивные дома потребляют очень мало энергии, и поэтому платежи за энергию их обитателей невелики, их строительство обычно обходится дороже (что приводит к более длительным срокам окупаемости в зависимости от допущений, о которых шла речь выше). Таким образом, суммарный эффект зависит от того, кто получит выгоду от невысоких счетов за энергию, и кто будет нести высокие затраты на строительство (например, застройщик, владелец, жилец или правительство – при использовании займов с низкой ставкой процента или грантов, например, таких, какие предоставляет KfW). Более широкое макроэкономическое воздействие частично зависит от уровня стимулирования и участия собственной промышленности. Никаких оценок (макро)экономического влияния строительства пассивных домов в Германии найти не удалось, однако оказалось, что из 598 элементов ограждающих конструкций, зарегистрированных Институтом пассивных зданий, 254 производятся в Германии.⁵⁴⁷</p>
Политический климат	<p>В октябре 2010 г. Бундестаг одобрил правительственную Энергетическую концепцию экологически ответственного, надежного и доступного энергоснабжения, которая является руководящим механизмом климатической и энергетической политики Германии до 2050 г. и включает обязательство по разработке плана снижения выбросов ПГ на 40% к 2020 г. и на 80% к 2050 г. от уровней 1990 г. Известная под названием «Энергетическая концепция», она проложила дорогу «энергопереходу» в энергетической системе Германии. В Энергетической концепции утверждается, что <i>«главной задачей... является сокращение потребления энергии на отопление зданий на перспективу, чтобы к 2050 г. фонд зданий стал почти климатически-нейтральным»</i>, причем климатически-нейтральный фонд зданий определяется как здания «с очень малым потреблением энергии, которое покрывается преимущественно возобновляемыми источниками энергии».⁵⁴⁸ Для достижения этой цели (и для реализации соответствующих Директив ЕС) были внедрены или усовершенствованы различные меры политики, в том числе те, о которых речь ниже. После принятия Энергетической концепции было опубликовано множество разных стратегических документов в поддержку этих целей, в том числе Климатический план действий 2050 (CAP2050), опубликованный в ноябре 2016 г. Он включает «Дорожную карту для климатически-нейтрального фонда зданий» до 2050 г., которая, в свою очередь, содержит обязательство по разработке «стандарта зданий с нулевым потреблением энергии» для новых зданий, который постепенно будет доработан до «климатически-нейтрального стандарта» к 2030 г.⁵⁴⁹</p> <p>Минимальные стандарты энергоэффективности (MEPS) для новых зданий были внедрены в Германии на федеральном уровне еще в 1976 г., в 2002 году они были ужесточены (требования ранее действовавших Регламента теплоизоляции и Регламента отопительных систем были сведены в единый стандарт – Регламент экономии энергии (EnEV) в 2009 г. и в 2013 г.). Изменения 2009 г. также включали требование о получении Сертификата энергоэффективности (EPC) в соответствии с Директивой ЕС 2009 г. об энергоэффективности зданий (EPBD), задачей которого является как</p>

⁵⁴⁷ PHI (2019) Component Database, [Online] Доступно по ссылке: <https://database.passivehouse.com/en/components/>.

⁵⁴⁸ BMWi (2010). Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply, Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), Berlin.

⁵⁴⁹ Verdolini et al (2019). D2.4: Report on the Sectoral and National (plus EU) innovation system case studies, INNOPATHS.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>демонстрация соответствия минимальным требованиям, так и предоставление (потенциальным) владельцам и жильцам информации о показателях энергоэффективности жилья. Конкретные требования Сертификатов энергоэффективности были актуализированы в 2013 г. в рамках изменений EnEV.⁵⁵⁰</p> <p>С 2014 г. вся информация из каждого документа размещается в национальном реестре для упрощения мониторинга соответствия. Каждый год производится выборочная проверка статистически значимого количества сертификатов из реестра, и первым шагом в рамках этой проверки является автоматический «контроль правдоподобия», осуществляемый федеральным правительством. На следующем этапе проверку ведут Земли (области), которые могут наложить штраф в случае нарушения требований стандартов. С момента введения национального реестра в мае 2014 г. первичной проверке было подвергнуто около 5% выданных Сертификатов, а 11% из них были переданы Землям для более детальной проверки. По сравнению с системами мониторинга во многих других странах-членах ЕС в Германии этот процесс носит относительно более общий характер и демонстрирует относительно более высокий уровень соответствия стандартам.⁵⁵¹</p> <p>Однако существующие федеральные MEPS в Германии не соответствуют стандартам для пассивных домов, и Германии еще только предстоит сформулировать свое определение «Здания с почти нулевым энергопотреблением», несмотря на обязательство поэтапной разработки «стандарта здания с нулевым потреблением энергии» к 2030 г. Доработанная в 2010 г. Директива EPBD требует от всех стран-членов ЕС обеспечить к декабрю 2020 г. соответствие всех новых зданий требованиям NZEB (а оставшееся энергопотребление «должно» быть покрыто «в очень значительной мере» выработкой на ВИЭ). Страны-члены должны дать собственные определения зданий с почти нулевым энергопотреблением с учетом местных условий и численным показателем на основе потребления первичной энергии (в кВт·ч/м²).⁵⁵²</p> <p>Несмотря на это, целый ряд мер политики в Германии поддерживает строительство зданий, не соответствующих федеральным стандартам энергоэффективности, в том числе для пассивных домов. На федеральном уровне к ним относятся Закон об отоплении на основе ВИЭ (EEWärmeG), вступивший в силу в 2009 г., который требует использовать возобновляемую энергию для отопления и горячего водоснабжения новых жилых и нежилых зданий, однако это требование не обязательно для выполнения, если в здании на 15% превышены соответствующие требования по энергоэффективности, сформулированные в EnEV. Однако, возможно, более важными механизмами являются займы с низкой процентной ставкой для строительства или приобретения жилых зданий, превышающих минимальные требования энергоэффективности, которые предоставляет KfW – национальный специализированный банк, большая доля в котором принадлежит федеральному правительству. Размер займа возрастает с повышением уровня энергоэффективности здания, достигая 100 тыс. евро для пассивных (или активных) жилых домов. Сюда же относится увеличивающаяся «субсидия для покрытия части займа» (т.е. часть займа списывается и не нуждается в возврате) в размере до 15%. Эффективная ставка процента начинается</p>

⁵⁵⁰ Там же.⁵⁵¹ Verdolini et al. (2019) D2.4: Report on the Sectoral and National (plus EU) innovation system case studies, INNOPATHS.⁵⁵² Там же.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>с 0,75%; имеются «льготные» периоды (когда получатели платят только проценты) – от 1 до 5 лет.⁵⁵³ Около половины всех новых жилых зданий являются получателями таких займов, а, следовательно, перевыполняют требования федеральных MEPS.⁵⁵⁴ KfW также предоставляет гранты для покрытия 50% (до 4 тыс. евро) затрат на привлечение зарегистрированного «специалиста по энергоэффективности» для планирования, надзора за ходом строительства и оценки мер по повышению энергоэффективности в новых жилых зданиях, которые являются получателями займов от KfW.⁵⁵⁵</p> <p>Кроме того Земли Германии имеют возможность определять политику и принимать законы в ряде областей при условии, что они не противоречат федеральному законодательству. Многие Земли ввели требования к строительству энергоэффективных жилых зданий, а также меры поддержки такого строительства, превышающие те, что сформулированы на федеральном уровне. Многие Земли также предоставляют дополнительную финансовую помощь в виде грантов и займов с низкой процентной ставкой.⁵⁵⁶</p>
Политическая ситуация	<p>Кроме Альтернативы для Германии (АДГ), в ходе избирательной кампании 2017 г. все основные партии (правоцентристская ХДС, левоцентристская СДПГ, социалистическая Левая партия, Зеленые (левое крыло) и либеральная Свободная демократическая партия) поддержали Энергетическую концепцию и роль повышения энергоэффективности в достижении ее целей. Они также подтвердили свою приверженность существующим механизмам поддержки повышения энергоэффективности в зданиях, а Зеленые и Левая партия выступают за дальнейшее развитие этих механизмов. Действующее правительство представляет собой коалицию, возглавляемую ХДС, при участии СДПГ и ХСС (Христианско-социальный союз Баварии, т.е. Баварское подразделение национального ХДС).^{557,558} Кроме того, в Германии достаточно сильна общественная поддержка Энергетической концепции в целом.⁵⁵⁹</p>

Источник: University College London.

⁵⁵³ Там же.

⁵⁵⁴ DW (2011) Germany leads the charge in low-energy homes, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.dw.com/en/germany-leads-the-charge-in-low-energy-homes/a-14815730>.

⁵⁵⁵ Verdolini et al. (2019). D2.4: Report on the Sectoral and National (plus EU) innovation system case studies, INNOPATHS.

⁵⁵⁶ Verdolini et al. (2019). D2.4: Report on the Sectoral and National (plus EU) innovation system case studies, INNOPATHS.

⁵⁵⁷ Carbon Brief (2017). German election 2017: Where the parties stand on energy and climate change, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.carbonbrief.org/german-election-2017-where-parties-stand-on-energy-climate-change>.

⁵⁵⁸ DENEFF (2017). Auswertung der Wahlprüfsteine “Erste Wahl: Energieeffizienz zur Bundestagswahl 2017, [Online] Доступно по ссылке: https://www.deneff.org/fileadmin/user_upload/WPS_DENEFF_Auswertung.pdf.

⁵⁵⁹ Amelang, S., Wehrmann, B., Wettengel, J. (2019). Polls reveal citizens’ support for Energiewende, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/polls-reveal-citizens-support-energiewende>.

Таблица 8.3 «Пассивные» здания. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>В России нет нормативного определения «пассивного» здания. С учетом климатических условий и используемых технологий ЦЭНЭФ-XXI насчитал 53 таких жилых здания по стране (еще 2 дома можно отнести к активным), что составляет мизерную долю от общего количества – 21,1 млн ед. в 2018 г. Если использовать другое определение (см. «экологическое, социальное и экономическое влияние»), то количество пассивных зданий будет выше: 116 было введено только в 2017 г. Но и в этом случае их удельный вес очень мал.</p> <p>Первый сертифицированный пассивный дом был построен в России в 2011 г. компанией «Мосстрой-31» по проекту Т. Кнехта. Проектный удельный расход тепловой энергии на отопление – 24 кВт·ч/м². Впоследствии такие дома строились в Москве (например, в микрорайоне Никулино-2, где для системы ГВС использовалось тепло грунта и вытяжных газов), в Санкт-Петербурге (коттеджный поселок «Райт Парк» из 9 зданий), в Нижнем Новгороде (коттеджный поселок «Трехречье в Шаве» из 22 домов, в которых были установлены солнечные коллекторы, тепловые насосы и системы воздухообмена с рекуперацией). Похожие проекты были также реализованы и в ряде других городов.</p> <p>Первый активный дом был построен в Подмосковье и является результатом совместной деятельности ряда компаний: «Загородный проект» (Россия), «Велюкс» (Дания), «НЛК Домостроение» (Россия), «Сен-Гобен Строительная Продукция» (Франция) и Данфосс (Дания). Архитектурная часть концепции была разработана в экспериментальной лаборатории POLYGON (Россия). Расчетное потребление тепловой энергии – 30 кВт·ч/м² в год.</p>
Рыночные перспективы	<p>В сценарии «1,5⁰C» подготовленных ЦЭНЭФ-XXI обосновывающих материалов к Стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. предполагается, что в 2030 г. площадь «пассивных» зданий может достичь 2 млн м², а к 2050 г. – 498 млн м². Следует ожидать роста рынка зданий с ультранизким потреблением энергии, масштабы которого будут зависеть от мер поддержки со стороны государства, цен на энергоресурсы, стоимости оборудования, материалов и строительно-монтажных работ и других факторов.</p>
Технологические затраты	<p>На основании полученных сведений себестоимость строительства пассивных домов в России может быть определена в интервале 1902-3594 долл. США за м², при 1346⁵⁶⁰-1650⁵⁶¹ долл. США в Европе. Существуют оценки, согласно которым себестоимость строительства пассивного дома в России дороже примерно на 15%.⁵⁶² Затраты на строительство первого активного дома были в 2,8 раза выше расходов на возведение аналогичного по площади дома по традиционной технологии.⁵⁶³ Оценки для Германии варьируют в пределах 8⁵⁶⁴-14%.⁵⁶⁵ Затраты на реализацию технологии в России выше европейских аналогов, а если принимать в расчет разницу в уровне доходов, то такие здания менее доступны. Однако следует учитывать, что оценки делаются в отсутствие унифицированной методики и что существует значительная экономия на масштабах и негативное значение коэффициента на кривой обучения. Так как в России такие проекты являются штучными, два последних фактора практически не работают. В будущем, по мере тиражирования проектов</p>

⁵⁶⁰ http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=524.

⁵⁶¹ <https://zeroenergyproject.org/2018/07/20/passive-house-busts-high-cost-myth-2/>.

⁵⁶² <http://ppu-house.ru>.

⁵⁶³ http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=524.

⁵⁶⁴ https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=79.

⁵⁶⁵ https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5432.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	пассивных зданий, при использовании типовых решений, локализации производства оборудования и материалов, роста конкуренции на рынках, приобретении навыков проектирования и строительства возможно заметное снижение удельных капитальные затрат.
Другие ключевые технологические характеристики	Для пассивных зданий в климатических условиях Центральной Европы потребление тепловой энергии на отопление не должно превышать 15 кВт-ч/м ² . Для России с разными климатическими поясами и зонами это значение может заметно различаться. Для более холодных территорий этот показатель может составлять 30-40 кВт-ч/м ² /год). ⁵⁶⁶ Такая возможность подтверждается уже достигнутыми результатами для функционирующих в России «пассивных» домов и нормативами, установленными в Финляндии: 20 кВт-ч/м ² /год для южной части страны; 25 кВт-ч/м ² /год для центральной и 30 кВт-ч/м ² /год для северной. ⁵⁶⁷ Должны также быть формализованы технические требования к активным зданиям и домам с нулевым энергопотреблением.
Инфраструктурное окружение	Интернет-обзор показал, что все виды необходимых строительных материалов и оборудования на российском рынке уже доступны и многие производятся в России. Опыт строительства и эксплуатации «пассивных» зданий также имеется. Однако он очень ограничен, и это направление деятельности не является основным, а рассматривается как работа на перспективу и дополнение к основному бизнесу (строительство зданий по традиционным технологиям). «Пассивный» дом – это инновационная концепция здания, поэтому качество проектирования и строительства оказывает решающее влияние на комфорт проживания и достижение плановых значений ключевых энергетических и других показателей. Проектированием и строительством занимаются следующие компании: ООО «Современные технологии строительства», «Энергоэффективные коттеджи. Строительство и инжиниринг», «ППУ XXI век», ООО «ПСК «Сапфир» и ряд других. После ввода в эксплуатацию домов с ультравысокими параметрами энергетической эффективности через некоторое время остро встает вопрос сервисного обслуживания специфического оборудования, установленного в них. В настоящее время этот рынок также не развит, что является препятствием для продвижения технологий экостроения.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Ввод в эксплуатацию зданий с высокими параметрами энергетической эффективности позволяет получить существенную экономию топливно-энергетических ресурсов; значительно снизить выбросы ПГ и других загрязняющих веществ; уменьшить текущие затраты на энергоснабжение и получить дополнительный доход от продажи электрической энергии в общую сеть. Пассивные здания потребляют на 60-90% ^{568,569} энергии меньше типовых. Снижение потребления на 60% соответствует классу энергетической эффективности A++. Зданий этого класса в России немало. ⁵⁷⁰ Однако для его определения используются проектные расчеты, а реальные значения могут быть выше.

⁵⁶⁶ https://7dach.ru/Oleg_Sanko/что-нам-стоит-энергоэффективный-дом-построить-42424.html.

⁵⁶⁷ <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB21134.pdf>.

⁵⁶⁸ <https://www.motherearthnews.com/green-homes/home-design/passive-house-zm0z11zphe>.

⁵⁶⁹ <https://idr-group.ru/vazhno-znat/energoeffektivnost-doma/>.

⁵⁷⁰ Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в РФ в 2017 году, стр. 43.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Чистое снижение выбросов ПГ зависит от соотношения снижения выбросов ПГ от использования топлива в здании, от производства используемой в нем электроэнергии или других энергоносителей, от выбросов, воплощенных в строительных материалах. Последние могут быть как ниже по сравнению с традиционными зданиями (при оптимизации дизайна и набора используемых материалов), так и выше на 15-25%.⁵⁷¹</p> <p>Сектор экологического строительства при адекватной поддержке может стать точкой роста и принести мультипликативные эффекты, в т.ч. создание новых рабочих мест, увеличение налоговых поступлений, повышение экологической и энергетической эффективности, уменьшение удельных капитальных затрат и т.п. Важно запустить механизмы экономического стимулирования строительства зданий с низким потреблением энергии и «пассивных» зданий и схему госзакупок зданий и оборудования высоких классов энергоэффективности и зданий с низким потреблением энергии.⁵⁷²</p>
Политический климат	<p>В России отсутствуют какие-либо меры поддержки, нет стандартов строительства, нормативно-правовых актов, регламентирующих эту сферу. По этой причине деятельность по строительству экодому базируется в основном на энтузиазме и сосредоточена в индивидуальном жилищном секторе, на который не распространяется действие контролирующих органов и где не требуется утверждение проектов «сверху». В программах энергосбережения и повышения энергетической эффективности и других государственных документах строительство пассивных, активных зданий и зданий с нулевым потреблением энергии не рассматривается.</p>
Политическая ситуация	<p>В России создан Институт пассивного дома, который оказывает консультационные услуги по проектированию, строительству и мониторингу показателей энергоэффективности пассивных зданий, а также занимается научными исследованиями, развитием и продвижением энергоэффективного домостроения. Институт также решает следующие задачи: развитие стандарта пассивного дома в России и странах СНГ; перевод и распространение технической литературы по проектированию пассивных домов; выполнение расчетов и распространение программного обеспечения для решения задач строительной физики; ежегодное проведение конференций и выставок; проведение обучающих семинаров; повышение квалификации специалистов; контроль качества выполнения строительно-монтажных работ; проведение испытаний; сертификация пассивных зданий.</p> <p>Проводимая политика сводится, главным образом, к постепенному ужесточению требований по теплозащите, и она не так амбициозна, как в Германии и Франции. Инициатива по возможному переходу на стандарты пассивного домостроения в обозримом будущем не обсуждается и не стоит на повестке дня.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁵⁷¹ McHendry S. The Embodied Energy and Carbon of Passive House. A thesis submitted in partial fulfillment for the requirement of the degree Master of Science. Sustainable Engineering: Renewable Energy Systems and the Environment, Department of Mechanical and Aerospace Engineering 2013. www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc_2013/McHendry.pdf.

⁵⁷² Башмаков И.А. Меры политики по повышению энергоэффективности в российских зданиях: прогноз затрат и эффектов до 2050 года. Вопросы экономики. 2016. № 3. сс. 75-89.

8.2. Централизованное теплоснабжение

Россия является одним из мировых лидеров по масштабам развития централизованного теплоснабжения и имеет самую развитую систему централизованного теплоснабжения в мире (табл. 8.4). Системы централизованного теплоснабжения также распространены в Восточной Европе, Германии, Дании, Швеции и Финляндии и во многих частях Китая.⁵⁷³ Ниже для сравнения с Россией выбрана Дания, так как в Великобритании системы централизованного теплоснабжения развиты очень слабо.

Таблица 8.4 Сравнение метрик по централизованным системам теплоснабжения

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Другие страны	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Рыночная ниша	доля тепла в потреблении конечной энергии, %	1,0 ¹	1,6 ²	20,7		3,0 ³	3,5 ⁴
	доля тепла в потреблении энергии жилищным сектором, %	0,7 ¹	0,1 ²	46		1,0 ⁵	38,0 ⁶
	доля тепла в потреблении энергии общественным сектором, %	2,0 ¹	7,7 ²	29,7		4,3 ⁴	5,0 ³
	доля ископаемого топлива в выработке тепловой энергии, %	94,0 ¹	96,0 ⁶	88,8		6,0 ⁵	100,0 ⁵
	потери, %			9,6		5,3*	9,7*
Рыночные перспективы на 2030 г.	генерация тепловой энергии, млн Гкал			1223	1446	-	-
	на 2050 г.			929	1658	-	-
Технологические затраты	удельные затраты на строительство угольной ТЭЦ, долл. США/кВт			1750	5000	2145 ⁷	2607 ⁷
	удельные затраты на строительство газовой ТЭЦ, долл. США/кВт			1737	1905	1534 ⁷	1900 ⁷
	удельные затраты на прокладку трубопроводов (100 мм), долл. США/км			128	540	352 ⁷	1834 ⁷
	удельные затраты на строительство газовой котельной, долл. США/кВт			54	142	31 ⁹	482 ⁹

* - рассчитано по топливно-энергетическим балансам Международного энергетического агентства.

- <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=UK&energy=Balances&year=2017>. 3-3,5% - в целом по миру.
- <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=UK&energy=Balances&year=2000>.
- <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2017>.
- <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2000>. 4,3% - в целом по миру.
- <https://www.iea.org/commentaries/district-heating-needs-flexibility-to-navigate-the-energy-transition>. 1% - в Греции; 38% - в Дании, 5% - в целом по миру, 6% - в Норвегии; 100% - в Греции и Португалии.
- EU Energy in Figures. Statistical pocketbook 2019. p. 113.
- Renewable Energy Prospects for the Russian Federation (ReMap Working Paper).
- <https://www.homeadvisor.com/cost/plumbing/install-new-plumbing-pipes/>.
- http://2050-calculator-tool-wiki.decc.gov.uk/cost_categories/82.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁵⁷³ <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/heating>.

В Российской Федерации имеется хорошо проработанная нормативно-правовая база и действует большое количество стандартов, охватывающих сектор теплоснабжения. За процессами строительства, реконструкции, модернизации и эксплуатации систем налажен строгий контроль на всех этапах. Более подробно результаты исследований по технологии «централизованное теплоснабжение» для Великобритании, Российской Федерации и других стран представлены в табл. 8.5 и 8.6.

Таблица 8.5 Централизованное теплоснабжение. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>Централизованное теплоснабжение начало развиваться в России еще в дореволюционное время. С 1930-х годов вводились в эксплуатацию первые ТЭЦ. Экономическая целесообразность централизованного теплоснабжения и максимальный радиус зависят от материальной характеристики тепловых сетей, которая в основном определяется плотностью тепловой нагрузки. Снижение потерь в тепловых сетях при прочих равных условиях повышает привлекательность централизованного теплоснабжения.</p> <p>По оценкам ЦЭНЭФ-ХХI, в 2000-2018 гг. доля централизованного тепла составляла 21-28% в конечном потреблении энергии (3,5% в ЕС) и 45-49% - в жилищном секторе (38% в Дании). На долю ТЭЦ в 2019 г. пришлось 45,6% выработки тепловой энергии, на АЭС и прочие станции – 1,1%, на котельные – 45,9%, на электрокотлы – 0,2% и еще 7,2% - на теплоутилизационные установки. Доля потерь в тепловых сетях близка к 10%. Система теплоснабжения включает 50 тыс. независимых локальных систем, более 73 тыс. централизованных источников тепла, более 17 тыс. теплоснабжающих организаций. Охват жилищного фонда услугой централизованного отопления в 2018 г. составил 62%; централизованного ГВС – 52%. Производство тепловой энергии с применением биомассы составляет 2-3%. В Норвегии доля возобновляемых источников в производстве тепловой энергии достигает до 94%.</p>
Рыночные перспективы	<p>В сценарии «1,5⁰C» потребление тепловой энергии снижается до 929 млн Гкал в 2050 г., а в базовом – растет до 1658 млн Гкал (рис. 8.2). Рыночные перспективы централизованного теплоснабжения определяются параметрами повышения эффективности использования тепловой энергии и динамикой спроса на электроэнергию. В проекте Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г. предполагается повышение доли выработки электрической энергии на ТЭЦ по теплофикационному циклу с 30,4% в 2018 г. до 40% в 2035 г. Однако снижение потребления тепла позволяет сохранять выработку тепла от ТЭЦ только при существенном снижении доли котельных, но не позволяет существенно наращивать долю когенерации. Наращивание масштабов выработки тепла на ТЭЦ возможно только для базового сценария.</p>
Технологические затраты	<p>Технологические затраты могут быть классифицированы по расходам на производство и транспортировку тепловой энергии. Их значения определяет большое количество факторов, среди которых мощность и используемое топливо устанавливаемого отопительного оборудования; диаметр, тип используемой изоляции, глубина выемки залегания, тип грунта и т.п. для трубопроводов централизованных систем теплоснабжения. Технологические затраты в России и за рубежом сопоставимы, что является следствием развитости рассматриваемой технологии и инфраструктурного окружения. Стоимость строительства ТЭЦ на угле варьирует для России в интервале 1750-5000 долл. США за 1 кВт, а для ТЭЦ на природном газе – 1737-1905 долл. США за 1 кВт. По оценкам Международного агентства по возобновляемым источникам энергии,⁵⁷⁴ она составляет 2145-2607 долл. США за 1 кВт и 1534-1900 долл. США за 1 кВт соответственно. Технологические затраты</p>

⁵⁷⁴ Renewable Energy Prospects for the Russian Federation (ReMap Working Paper).

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>на возведение котельных, работающих на газообразном топливе, существенно меньше – 54-142 долл. США за 1 кВт; аналогичные затраты за рубежом – 31-482 долл. США за 1 кВт.⁵⁷⁵ Технологические затраты на прокладку 1 км трубопровода системы теплоснабжения для российских условий оцениваются в диапазоне 128-540 тыс. долл. США; за рубежом – 352-1834 тыс. долл. США.⁵⁷⁶</p>
<p>Другие ключевые технологические характеристики</p>	<p>Выигрывая по масштабам, Россия существенно уступает по эффективности систем централизованного теплоснабжения. Европейские стандарты предполагают, что на горизонте 25-30 лет централизованные системы теплоснабжения будут преобразованы в четвертое поколение⁵⁷⁷ и будут способны обеспечить отопление и горячее водоснабжение зданий с повышенными характеристиками теплозащиты за счет использования низкотемпературного теплоносителя и распределения тепла с низкими потерями тепловой энергии, а также интегрировать в систему тепло от низкотемпературных ВИЭ (солнечные и геотермальные) и встроить системы теплоснабжения и холодоснабжения в общую концепцию интеллектуальных систем энергоснабжения 4-го поколения (электроснабжения и газоснабжения).</p> <p>Для реализации концепции 4G в России должны быть переработаны (дополнены, развиты) требования к тепловой защите зданий, позволяющие уменьшить спрос на тепловую мощность в 2 раза; переработаны требования к созданию внутридомовых систем отопления и вентиляции так, чтобы низкотемпературный теплоноситель (с температурой 55-60°C) из подающего теплопровода мог обеспечить необходимое количество тепла для отопления и вентиляции при расчетной температуре наружного воздуха. Для обеспечения передачи тепла в заданном диапазоне температур должны быть использованы трубопроводы из новых долгоживущих материалов (в основном на основе полиэтиленов и полипропиленов), а для их использования должны быть сокращены единичные установленные тепловые мощности (не выше 25-30 Гкал/ч) с тем, чтобы диаметры головных участков трубопроводов из новых материалов не превышали 350-400 мм. Все здания должны быть присоединены к тепловым сетям с использованием индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с независимой схемой присоединения тепловой нагрузки отопления и двухступенчатой схемой подогрева холодной водопроводной воды для приготовления горячей воды. Все ИТП должны быть оборудованы системами автоматического регулирования, обеспечивающими потребление тепловой энергии из централизованной системы теплоснабжения в соответствии со спросом потребителей на тепловую энергию. В зданиях должна быть в обязательном порядке сформирована горизонтальная разводка теплоносителя к месту его использования в отопительном приборе. На вводе теплоносителя в жилое помещение должен быть оборудован тепловой подпункт, совмещенный с системой «умный дом», «интернет вещей» и т.п. Должны быть разработаны типовые схемы, типоразмеры и мощность оборудования, обеспечивающего использование электроэнергии и теплоты от индивидуальных СЭС, встроенных в архитектуру зданий. Все вновь построенные здания должны быть оборудованы системами приточно-вытяжной вентиляции. Должно быть разработано профильное оборудование с интенсификацией теплообмена для утилизации теплоты вентиляционных выбросов в здании.</p> <p>Строительство индивидуальных зданий должно осуществляться в соответствии с нормативными требованиями по энергоэффективности. Системы отопления индивидуальных зданий к 2050 г. на 25% должны функционировать с исполь-</p>

⁵⁷⁵ http://2050-calculator-tool-wiki.decc.gov.uk/cost_categories/82.

⁵⁷⁶ <https://www.homeadvisor.com/cost/plumbing/install-new-plumbing-pipes/>.

⁵⁷⁷ Henrik Lund and all. 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544214002369>.

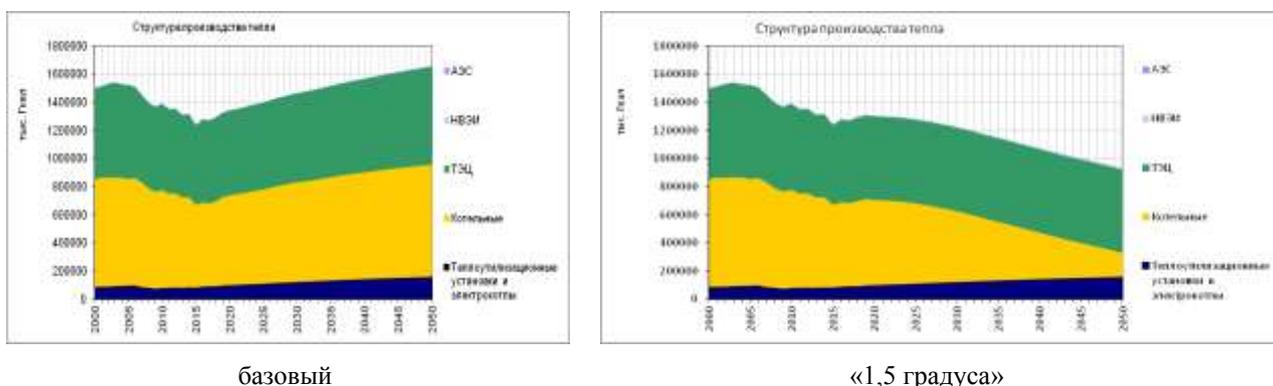
Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>зованием индивидуальных гибридных систем электро- и теплоснабжения (топливный элемент+СЭС с накопителями электрической и тепловой энергии). Все вновь строящиеся коммунально-бытовые источники электрической и тепловой энергии должны функционировать с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии, а в зонах с теплым климатом – с комбинированной выработкой электроэнергии, тепла и холода. Электрическая мощность таких ТЭЦ должна определяться на основе теплового потребления здания и не должна превышать 30-50 МВт.</p> <p>Снижение температуры теплоносителя позволяет использовать дополнительные вторичные тепловые ресурсы, солнечную и геотермальную энергию). В Швеции только 10% централизованного тепла производится за счет сжигания ископаемого топлива.</p>
Инфраструктурное окружение	<p>В России есть большое количество проектных, строительно-монтажных организаций, производителей материалов и оборудования для систем теплоснабжения. Однако рынок проектирования и создания систем централизованного теплоснабжения четвертого поколения только зарождается. Рынок централизованных поставок тепловой энергии локально монополизирован. На нем присутствует один гарантирующий поставщик, который обязан при наличии технической возможности осуществлять подключение новых потребителей. Остальные теплоснабжающие компании – это либо промышленные, либо специально созданные организации, обслуживающие небольшую долю потребителей.</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Эффективность систем централизованного теплоснабжения в плане снижения выбросов ПГ зависит от используемых ресурсов при производстве тепла, эффективности источников тепла, потерь в тепловых сетях, эффективности регулирования подачи тепла и от др. факторов. Переход на централизованное теплоснабжение оправдан, но не очень велик при низких потерях и при наличии значительной и близко расположенной тепловой нагрузки. При сравнительно высоких потерях тепла, но высоких параметрах эффективности раздельной выработки тепла и электроэнергии энергетические преимущества когенерации и производства тепла на централизованных котельных снижаются. Существенный эффект получается только при переходе на биомассу, солнечные водоподогреватели и использование геотермального тепла.⁵⁷⁸ В отношении выбросов прочих вредных веществ источники системы централизованного теплоснабжения позволяют заметно снизить концентрации вредных веществ в атмосфере.</p>
Политический климат	<p>Развитию теплоснабжения уделяется недостаточно внимания. Ярким примером этого может служить проект Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г. Основными проблемами являются отношения на этом рынке, сдерживающие приток инвестиций в теплоэнергетику при отсутствии долгосрочных правил регулирования цен (тарифов) и как следствие при коротком горизонте планирования. Предполагается введение в действие целевой модели рынка тепловой энергии, которая обеспечит загрузку действующих ТЭЦ, сокращение потерь тепловой энергии при ее передаче по тепловым сетям на 5% в год от базового уровня до достижения целевого показателя, равного предельному значению нормативных тепловых потерь в тепловых сетях. Экономическая эффективность строительства ТЭЦ (с установленной электрической мощностью до 100 МВт) не обеспечивает возврата инвестированных средств за 10-летний период. Строительство источников с комбинированной выработкой становится экономически целесообразным при наличии субсидий. Поэтому для строительства ТЭЦ в зонах городских</p>

⁵⁷⁸ <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-0523/POST-PN-0523.pdf>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>территорий, не обеспеченных источниками тепловой мощности, необходимо выделение субсидий. Программа развития источников с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии с наличием субсидий реализована в США.⁵⁷⁹ В России также действуют программы по этому направлению. Так, Правительство утвердило постановление от 25 января 2019 г. № 43 «О проведении конкурентных отборов проектов модернизации генерирующего оборудования тепловых электростанций». В планах также строительство некоторого количества ТЭЦ в разных регионах. В региональные и ведомственные программы включаются мероприятия по строительству, реконструкции, модернизации и техническому перевооружению объектов систем теплоснабжения; аналогичные меры содержатся в инвестиционных программах теплоснабжающих организаций.</p> <p>Технология в России хорошо развита, имеются разработанные государственные стандарты строительства и эксплуатации источников тепловой энергии, трубопроводов систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения; действует хорошо проработанная нормативно-правовая база; имеются государственные органы, осуществляющие контроль на всех этапах строительства и эксплуатации. Данные по тепловой энергии отражаются в различных статистических формах: 1-натура, 1-ТЕП, 4-ТЭР, 6-ТП и 22-ЖКХ (сводная), которые отличаются набором собираемых сведений и охватом респондентов. Перечень содержащейся в них информации позволяет провести комплексную оценку сектора.</p>
<p>Политическая ситуация</p>	<p>В России есть НП «Российское теплоснабжение» и другие организации, объединяющие производителей теплоэнергетического оборудования, научные, проектные, строительно-монтажные и теплоснабжающие организации, которые имеют возможности лоббирования интересов отрасли. Потребители (включая население) в большинстве своем положительно относятся к системам централизованного теплоснабжения, которые за долгие годы доказали свою надежность и высокую эффективность в местах с высокой плотностью тепловой нагрузки.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Рисунок 8.2 **Динамика спроса на централизованное тепло в России для разных сценариев**



Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁵⁷⁹ Combined Heat and Power (CHP) Technical Potential in the United States. U.S. Department of Energy, March 2016.

Таблица 8.6 Централизованное теплоснабжение. Дания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	Системы ЦТ охватывают порядка 64% домохозяйств в Дании (около 1,7 млн чел.) и закрывают около половины потребности в тепле в зданиях. ⁵⁸⁰ В 2017 г. около 55% систем ЦТ работали на ВИЭ, прежде всего на биомассе и возобновляемой части твердых бытовых отходов (ТБО) при более скромных вкладах со стороны промышленных отходов, биогаза, СЭС и тепловых насосов. Остальное – это невозобновляемая часть ТБО, уголь и природный газ. ⁵⁸¹
Рыночные перспективы	В рамках проводимой в Дании политики ожидается, что доля ВИЭ в отоплении и охлаждении вырастет с 47,4% в 2017 г. до 60% в 2030 г. Движущей силой в большой степени станет усиливающийся сдвиг в сторону ВИЭ в системах ЦТ, где доля ВИЭ повысится с 55% в 2018 г. до 76% в 2030 г. и будет медленно увеличиваться до 80% к 2050 г. под влиянием растущего потребления биомассы и вклада тепловых насосов, а также небольшого снижения общего потребления тепловой энергии.
Технологические затраты	В 2019 г. средняя стоимость услуг ЦТ для стандартного индивидуального дома площадью 130 м ² с потреблением тепла 18,1 МВт-ч/год составляла 12859 датских крон (1865 долл.) в год. Это несколько выше (на 6%), чем в 2018 г., но остается ниже стоимости услуг отопления на основе других источников, в т.ч. жидкого топлива (~27 тыс. датских крон, или 3920 долл.), древесных пеллет (~21 тыс. датских крон, или 3050 долл.), природного газа (~19 тыс. датских крон, или 2750 долл.), прямого электрообогрева (28 тыс. датских крон, или 4050 долл.) и тепловых насосов (~17-19 тыс. датских крон, или 2460-2750 долл.). ⁵⁸² В среднем, 69% всех затрат приходится на производство тепла (в т.ч. на топливо), 20% - стоимость передачи и распределения тепловой энергии, 5% - административные расходы, остальные 6% - налоги и прочие расходы. ⁵⁸³ Цены варьируют по стране (при этом в более крупных системах цены обычно ниже). Законодательство Дании требует, чтобы цена, которую платит потребитель, покрывала все затраты на теплоснабжение (в т.ч. необходимые инвестиционные составляющие, амортизацию, потери и т.д.), но теплоснабжающая компания не имеет права получать прибыль. ⁵⁸⁴
Другие ключевые технологические характеристики	Системы ЦТ в Дании включают около 60 тыс. км труб (в которых течет порядка 1 млрд л воды), проложенных по 460 индивидуальным схемам. ⁵⁸⁵ ЦТ в Дании обслуживает прежде всего районы с высокой плотностью застройки (т.е. городские и пригородные территории), хотя нередко охватывают и более мелкие города, и крупные деревни (более 500 домов). У большинства потребителей системы распределения тепла внутри домов основаны на жидком теплоносителе. При этом в новых зданиях в системах отопления применяются отопительные приборы со сравнительно большой поверхностью теплообмена, что позволяет подавать теплоноситель с более низкой температурой. Горячее водоснабжение обычно осуществляется на основе ЦТ с использованием мгновенного теплообменника и иногда – резервуара горячей воды для «сглаживания» пиков спроса. Крупные системы ЦТ обычно включают целый ряд распределительных сетей, присоединенных к центральной передающей сети. Тепло производится

⁵⁸⁰ DDHA (2019). *Danish District Heating Association*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.danskfjernvarme.dk/sitetools/english/about-us> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁸¹ DEA (2019) *Denmark's Energy and Climate Outlook*, Danish Energy Agency, Copenhagen.

⁵⁸² DEA (2019). *The district heating price in Denmark 2019*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.danskfjernvarme.dk/viden/statistik-subsection/varmepreistatistik/fjernvarmepriisen-i-danmark-2019> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁸³ DKK (2018) *Produktionsomkostningerne Fylder Mest*, Danish Energy Agency, Copenhagen.

⁵⁸⁴ DEA (2015). *Regulation and planning of district heating in Denmark*, Danish Energy Agency, Copenhagen.

⁵⁸⁵ Donnellan, S., Burns, F., Alabi, O., Low, R. (2018). *Lessons from European regulation and practice for Scottish district heating regulation*, Climatexchange, Strathclyde.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	на нескольких станциях, как правило, имеющих одну «базовую нагрузку», к которым могут добавляться мощности пиковых и резервных станций. Централизованное тепло в Дании в основном производится на ТЭЦ с КПД порядка 85-93%.
Инфраструктурное окружение	<i>См. «Другие важные технологические характеристики».</i>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Использование централизованного теплоснабжения – в особенности с высокой долей биомассы на ТЭЦ – является основным фактором снижения энергоёмкости и выбросов в Дании на фоне продолжающегося роста ВВП. В 2017 г. выбросы CO ₂ в системах ЦТ Дании составляли около 25 кг/ГДж. ⁵⁸⁶ Из-за растущей озабоченности по поводу экологической устойчивости биомассы в декабре 2014 г. было заключено соглашение с датским энергетическим сектором о том, что древесные пеллеты и щепа, используемые на ТЭЦ мощностью свыше 20 МВт, должны поступать из устойчивых лесных хозяйств, отвечающих целому ряду требований, включая лесовосстановление и биоразнообразие, а также охрану экосистем и глобального углеродного цикла. В 2017 г., частично по причине широкого распространения централизованного теплоснабжения, Дания на 85% обеспечивала собственные потребности в энергии. В 2018 г. в датском секторе ЦТ было занято 23330 чел., а экспорт оборудования и технологий составлял 6,77 млрд долл. (в основном в Германию, Швецию и Китай). ⁵⁸⁷
Политический климат	<p>Директива ЕС по возобновляемой энергетике требует, чтобы к концу 2020 г. Дания обеспечивала 30% своего конечного энергопотребления за счет возобновляемых источников; однако стране, по-видимому, удастся достичь показателя 41% к концу 2020 г. В 2015 г. была поставлена цель достичь независимости от ископаемых видов топлива к 2050 г.⁵⁸⁸ В декабре 2019 г. Дания приняла новый климатический закон, в соответствии с которым в 2030 г. должна сократить выбросы парниковых газов на 70% ниже уровня 1990 г. и достичь нулевых нетто-выбросов к 2050 г.⁵⁸⁹</p> <p>Закон о теплоснабжении. После энергетического кризиса 1970-х годов, когда подушевое потребление энергии было высоким и зависело от импорта ископаемых видов топлива (прежде всего нефти), в этом законе, принятом в 1979 г., были положения о форме и содержании планирования ЦТ в Дании в целях снижения зависимости от импорта нефти. Сначала этот закон обязал муниципалитеты составлять карты спроса на тепловую энергию и применяемых вариантов теплоснабжения (и их относительные вклады), а также делать оценки перспективного спроса на тепло и возможностей его покрытия. На этой основе округа (более крупные административные единицы по сравнению с муниципалитетами) должны были подготовить региональные планы теплоснабжения. В рамках регионального плана муниципалитеты должны были разработать местные планы, включая «зонирование» районов, куда тепло необходимо поставлять либо по системам ЦТ, либо в виде природного газа. Закон также требовал использования ТЭЦ «в максимально возможной степени» и разрешал муниципалитетам требовать, чтобы как новые, так и существующие</p>

⁵⁸⁶ DEA (2020). *Key figures*, [Online] Доступно по ссылке: <https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/key-figures> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁸⁷ DDHA (2019). *Industry and export statistics: Community contribution of the district heating sector: March 2019*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.danskfjernvarme.dk/viden/statistik-subsection/branche-og-eksportstatistik/2019> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁸⁸ DEA (2020). *Danish Climate Policies*, [Online] Доступно по ссылке: <https://ens.dk/en/our-responsibilities/energy-climate-politics/danish-climate-policies> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁸⁹ Timperley, J. (2019). *Denmark adopts climate law to cut emissions 70% by 2030*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.climatechangenews.com/2019/12/06/denmark-adopts-climate-law-cut-emissions-70-2030/> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>здания были присоединены к системам ЦТ или к газопроводам (в зависимости от зоны) в целях обеспечения достаточного спроса (это было обязательным требованием по всей Дании с 1982 до 2019 г., хотя в последнее время не очень активно использовалось.⁵⁹⁰). В 1988 г. в закон были внесены изменения, которые запрещали электрообогрев в новых зданиях, а с 1994 г. запрет был распространен на все существующие здания с водяными системами ЦТ, если они находятся в зоне централизованного тепло- или газоснабжения. Запрет остается в силе, но с исключениями, предусмотренными для новых зданий с низким потреблением энергии. В 1990 г. Закон был изменен в целях сокращения выбросов CO₂ путем расширения применения децентрализованных ТЭЦ через преобразование существующих угольных систем ЦТ в газовые ТЭЦ (1990-1994 гг.), преобразование средних установок в ТЭЦ и требование ко всем установкам без доступа к природному газу просчитать вариант с биомассой (1994-1996 гг.) и требование преобразовать малые установки в ТЭЦ CHP.</p> <p>Соглашение о совместном производстве тепла и электроэнергии. Заключено в 1986 г. между правительством и национальными энергосистемами, от которых требуется установить не менее 450 МВт электрической мощности малых ТЭЦ для производства централизованного тепла и с основным упором на использование биомассы и отходов.</p> <p>Энергетический и углеродный налоги. В 1992 г. Дания ввела углеродный налог в целях сохранения климата и предоставления экономических стимулов к снижению потребления энергии, производимой из углеродоемких источников, как составную часть более крупного пакета экологических налогов, включающего существующие энергетические налоги и налог на выбросы серы. В настоящее время он применяется к выбросам ПГ от зданий, транспорта и промышленности (но с рядом исключений), ставка составляет 175 датских крон (25 долл.) /тCO₂.⁵⁹¹ К биомассе ни углеродный, ни энергетический налоги не применяются.</p> <p>Субсидии для ТЭЦ. В 1992 г. были введены субсидии для малых ТЭЦ, работающих на природном газе и ВИЭ. В 1997 г. уровень субсидирования был снижен, а в 2003 г. были введены правила, согласно которым малые и промышленные ТЭЦ могли получать выгоду в виде сокращения налогов и в виде субсидий. Субсидии были пересмотрены в 2019 г. и теперь действуют только в отношении ВИЭ.⁵⁹²</p>
Политическая ситуация	<p>В Дании существует полное политическое согласие по вопросу необходимости быстрой и глубокой декарбонизации. Все 9 партий, входящие в парламент Дании, в июне 2018 г. согласились, что Дания должна двигаться в сторону нулевых нетто-выбросов к 2050 г.⁵⁹³ Общественное восприятие централизованного теплоснабжения в Дании весьма позитивно, отмечаются высокие уровни удовлетворенности и доверия к сектору и ценам на услуги (с самого начала работы сектора, когда он предоставлял стабильные услуги и более низкие расценки, чем, в частности, отопление на основе жидких видов топлива). С учетом высокого уровня проникновения на рынок в Дании крайне мало потребителей, недовольных работой систем централизованного теплоснабжения.</p>

Источник: University College London.

⁵⁹⁰ DDHA (2019). *The Danish District Heating Model*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.danskfjernvarme.dk/sitertools/english/the-danish-model> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁹¹ World Bank (2020). *Carbon Pricing Dashboard*, [Online] Доступно по ссылке: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁹² DDHA (2018). *CHP support scheme ends*, [Online] Доступно по ссылке: https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/bpfb/tmp/2018-03_update_denmark_march_2018.pdf [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

⁵⁹³ Euroheat & Power (2019). *District Energy in Denmark*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.euroheat.org/knowledge-hub/district-energy-denmark/> [Дата обращения: 17 февраля 2020 г.].

8.3. Умные приборы учета

Интеллектуальный (умный) прибор учета (*smart meter*) – это электронное устройство, которое записывает и запоминает данные о потреблении электрической энергии, воды или других ресурсов с заданными интервалами времени и передает эту информацию энергоснабжающей компании и потребителям для целей управления, мониторинга и биллинга. Получение такой информации потребителями мотивирует их к изменению объема и временного профиля потребления энергоресурсов, чем позволяет «сгладить» пики их потребления. В России и странах СНГ обычно используют определение «умные счетчики»; в некоторых случаях под ними понимают АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергии и мощности). В Великобритании и США также распространен термин «продвинутые» счетчики, в которых применяются устройства дистанционного снятия и передачи показаний за различные периоды времени. У поставщика коммунального ресурса есть удаленный доступ к ним. Количество мегаполисов, реализующих проекты умных городов, интеллектуального учета и умных электросетей, постоянно растет.

Парк таких счетчиков в мире уже в 2021 г. превысит 1 млрд, а годовой объем продаж к 2024 г. – 200 млн.⁵⁹⁴ Глобальный рынок «умных» счетчиков в 2018 г. был равен 11,4 млрд долл., к 2025 г. он вырастет до 22 млрд долл.,⁵⁹⁵ а к 2026 г. – до 26 млрд долл.⁵⁹⁶ Согласно данным Еврокомиссии, к 2020 г. на умные будут заменены 200 млн счётчиков электроэнергии и 45 млн счетчиков газа с охватом 72% потребителей электроэнергии и 40% потребителей газа.⁵⁹⁷ Драйвером этого роста в первую очередь являются инициативы городских властей и правительств. В 2014 г. правительство Великобритании признало национальной программой задачу оснащения жилья граждан умными счетчиками. По данным ABI Research, в Великобритании насыщение интеллектуальным учетом на конец 2016 г. не превышало 10%. В середине 2019 г. доля продвинутых приборов учета составляла уже 38% в нежилом секторе; а на умные приборы в жилищном секторе приходилось 28%. В мире в целом доля умного учета равна 14%.⁵⁹⁸ По сравнению с Великобританией и другими странами уровень насыщения умными счетчиками в России очень низкий (см. табл. 8.7). К 2024 г. 95% россиян должны быть переведены на «умные» счётчики электроэнергии. Для сравнения: к 2020 г. Китай предполагает достичь уровня оснащённости умными системами учета энергоресурсов 90-95%, США – 50-60%. В период после 2020 г. 100%-ное оснащение планируется в США, Китае, Бразилии, Японии и большинстве стран ЕС.

⁵⁹⁴ <https://iot-analytics.com/smart-meter-market-2019-global-penetration-reached-14-percent/>.

⁵⁹⁵ <https://reports.valuates.com/market-reports/360I-Auto-1L64/smart-meter-market>.

⁵⁹⁶ [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8)).

⁵⁹⁷ Ibid.

⁵⁹⁸ <https://iot-analytics.com/smart-meter-market-2019-global-penetration-reached-14-percent/>.

Таблица 8.7 Сравнение метрик по умным приборам учета

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Германия ⁵⁹⁹	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Присутствие на рынке в 2019 г.	тыс. ед. в жилом секторе		15600		300		47900
	% от всех приборов учета в жилом секторе		28		0,01		
Рыночные перспективы на 2030 г.	продажи, тыс. ед.	57000	59600	140000	151000	13900	14800
	% от всех ПУ	97	100	95	99	29	31
Технологические затраты на оснащение одной точки электроэнергии умными ПУ	евро/точка		161		50		150
Совокупные затраты на <i>smart meters</i> в жилом секторе	млн евро		9295		7000		22600

Источник: ЦЭНЭФ-ХХІ.

Более подробно результаты исследований по технологии «умные приборы учета» для Великобритании, Российской Федерации и других стран представлены в табл. 8.8 и 8.9.

⁵⁹⁹[http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8)).

Таблица 8.8 «Умные» приборы учета. Великобритания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>На 30 сентября 2019 г.⁶⁰⁰ было установлено 15,6 млн «умных»⁶⁰¹ и «продвинутых»⁶⁰² счетчиков (приборов учета) в домах (14,4 млн) и прочих секторах (1,2 млн), эксплуатируемых мелкими и крупными⁶⁰³ поставщиками ресурсов.⁶⁰⁴ Доля умных счетчиков составляет 28% от всех приборов учета, установленных в жилых домах (14,4 млн), доля продвинутых счетчиков – 38% всех приборов учета, установленных в нежилом секторе (1,2 млн). Из 46,9⁶⁰⁵ млн приборов учета, эксплуатируемых крупными поставщиками в жилом секторе, 30% являются «умными» (28% по газу и 31% по электроэнергии). За июнь-сентябрь 2019 г. количество приборов учета SMETS2,⁶⁰⁶ присоединенных к системе, выросло с 1,3 до 2,3 млн шт. С апреля 2017 г. было установлено более 1 млн умных счетчиков. В нежилом секторе доля установленных крупными поставщиками умных счетчиков составляет 77% от их общего количества (931,6 тыс.). Доля умных счетчиков в общем числе приборов учета, установленных мелкими поставщиками, составила 9,4% (353 тыс.), при этом мелкие поставщики эксплуатировали еще 438 тыс. умных счетчиков в небольших нежилых зданиях. Всего в рамках Программы установки умных счетчиков (the Smart Metering Implementation Programme), которая была запущена в 2013 г., более 16,6 млн традиционных аналоговых приборов учета потребления электроэнергии и газа было заменено новыми умными и продвинутыми аналогами.⁶⁰⁷</p>

⁶⁰⁰ В целях мониторинга и оценки Программы «умного» учета, развернутой в 2013 г., Правительство разработало официальный запрос на получение информации от крупных и мелких поставщиков. В отчете учитываются данные от 14 крупных и 72 мелких ресурсоснабжающих организаций.

⁶⁰¹ Умные счетчики являются цифровой версией традиционных счетчиков. Они разрабатываются в соответствии со стандартами, известными как Smart Metering Equipment Technical Standards (SMETS), которые определяют минимально необходимые характеристики для приборов учета потребления газа и электроэнергии и установленного в помещении дисплея, в т.ч. минимальные требования к интерфейсу, испытаниям и сертификации. Существует два типа «умных» счетчиков: SMETS1 и SMETS2. SMETS1 являются первым поколением приборов учета, производство которых было начато в декабре 2012 г. Они передают данные поставщику энергии с помощью сим-карты, поэтому при смене поставщика прибор учета теряет функционал умного счетчика. В SMETS2 эта проблема решается благодаря использованию услуг Компании по передаче данных (Data Communications Company), которая направляет данные поставщику. Второе поколение умных счетчиков позволяет менять поставщиков без потери функционала. Оба вида приборов учета могут применяться в жилом и прочих секторах.

⁶⁰² В продвинутых счетчиках применяются устройства дистанционного снятия и передачи показаний за различные периоды времени. У поставщика есть удаленный доступ к этим данным. В отличие от «умных», «продвинутые» приборы учета не передают показания через компанию по передаче данных (Data Communication Company).

⁶⁰³ Крупными считаются поставщики газа или электроэнергии, имеющие по крайней мере 250 тыс. потребителей в жилом секторе; они также могут иметь клиентов в других секторах.

⁶⁰⁴ BEIS, 2019. Smart meter Statistics in Great Britain: Quarterly Report to end September 2019, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/statistics/statistical-release-and-data-smart-meters-great-britain-quarter-3-2019>.

⁶⁰⁵ 22,2 млн приборов учета газа и 25,7 млн приборов учета электроэнергии.

⁶⁰⁶ Есть три типа приборов учета: SMETS1, SMETS2 и «продвинутые» счетчики. В соответствии с Smart Metering Technical Specifications срок эксплуатации умных счетчиков составляет 15 лет.

⁶⁰⁷ BEIS, 2019a. Smart Meter Roll-Out Cost-Benefit Analysis, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/smart-meter-roll-out-cost-benefit-analysis-2019>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночные перспективы	Поставщиков газа и электроэнергии обяжали установить умные счетчики у всех потребителей в жилом секторе и у мелких потребителей в прочих секторах к 2020 г. ⁶⁰⁸ Правда, установка идет с отставанием по срокам. ⁶⁰⁹ В сценариях, предполагающих развертывание программы с сохранением нынешних темпов, ее завершение ожидается в 2024 г. ⁶¹⁰
Технологические затраты	<p>Потребители в жилом секторе не производят ни авансовых, ни единовременных платежей. Почти все затраты несут поставщики энергоресурсов, финансируя приобретение и монтаж умных счетчиков; однако, как и в случае с традиционными приборами учета, эти издержки должны возмещаться всеми клиентами через оплату энергоресурсов. Из-за задержки реализации оценка затрат и выгод полного цикла жизни установки приборов учета была пересмотрена и охватывает период 2013-2034 гг. Основные издержки программы включают: затраты в зданиях⁶¹¹ (7495 млн фунтов); затраты, связанные с Компанией по передаче данных (DCC) (2900 млн фунтов); операционные и капитальные затраты на ИТ-системы поставщиков и др. участников (1170 млн фунтов); прочие издержки (1723 млн фунтов),⁶¹² и предполагаемые будущие расходы⁶¹³ (192 млн фунтов).</p> <p>Национальное ревизионное управление пришло к выводу, что реализация программы установки умных счетчиков идет с отставанием, расходы увеличиваются, и в 2017 г. стоимость установки умных счетчиков была на 50% выше, чем предполагал Департамент изначально.⁶¹⁴</p>

⁶⁰⁸ В Electricity Supply License SLC 39 и 40 и Gas Supply License SLC 33 и 34 были определены условия и требования по установке приборов учета в Великобритании в соответствии с Smart Metering Technical Specifications (SMETS) (<https://www.gov.uk/government/publications/smart-metering-implementation-programme-technical-specifications>).

⁶⁰⁹ OFGEM, 2019. License guide: smart metering, доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/publications-and-updates/licence-guide-smart-metering>.

⁶¹⁰ Future Energy Scenarios, 2019.

⁶¹¹ Учитываются: 1. Стоимость установки (на единицу: стоимость умного счетчика только газа или электроэнергии составляет £88, продвинутого счетчика и газа, и электроэнергии – £136, двухтопливного прибора учета – £143, а продвинутого счетчика при модернизации существующих зданий – £68, включая стоимость обучения монтажников, предоставления инструментов, координации монтажных работ; определение места установки; услуги страхования и юридического сопровождения); 2. Стоимость здания (суммарная чистая приведенная стоимость составляет приблизительно £1,6 млрд для жилых зданий и £5 млн для прочих зданий); 3. Затраты на техобслуживание и эксплуатацию (суммарная чистая приведенная стоимость составляет приблизительно £670 млн); 4. Затраты на услуги коммуникационного центра (суммарная чистая приведенная стоимость равна £1,3 млрд для жилых зданий и £80 для прочих зданий), т.е. совокупно – £1,4 млрд.

⁶¹² Стоимость потребляемой энергии (поскольку умный счетчик потребляет на 2,6 Вт больше электроэнергии, чем аналоговые счетчики) чистой приведенной стоимостью £660 млн; организационные издержки для покрытия юридических, институциональных и орграсходов, например, на защиту данных, компенсации неэффективности снятия показаний, поскольку этот процесс с традиционными приборами учета теперь занимает больше времени из-за снижающейся географической плотности; затраты, связанные с вовлечением в процесс потребителей, а также с утилизацией отслуживших приборов учета.

⁶¹³ Включает затраты, связанные с регистрацией и внедрением приборов учета SMETS1, заменой поставщика, постоянные расходы на маркетинг и альтернативную домашнюю сеть (Alt HAN – техническое решение для установки домашней сети в труднодоступных зданиях) (BEIS, 2019).

⁶¹⁴ National Audit Office, 2018. Rolling out smart meters, доступно по ссылке: <https://www.nao.org.uk/report/rolling-out-smart-meters/>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Другие ключевые технологические характеристики	Поставщики энергоресурсов устанавливают ⁶¹⁵ умные счетчики по газу и электроэнергии; узел связи, передающий и получающий информацию по безопасной сети; и домашний дисплей. Они должны определить потребности конкретных групп потребителей и предложить каждой группе руководство по повышению энергоэффективности, в том числе тем, у кого есть различные уязвимости, отмеченные в лицензии, без осуществления продаж при посещении мест установки приборов учета и без взимания платы за поставку или установку умных счетчиков.
Инфраструктурное окружение	Существуют технические/инфраструктурные ограничения для поставщиков, желающих установить умные счетчики у всех своих потребителей: пока не всю линейку умных устройств можно приобрести у производителей; покрытие домашних сетей (HAN) пока работает не на всех объектах; предоплата за SMETS2 пока возможна не в должном масштабе; и не во всех регионах у поставщиков есть приборы учета, работающие на требуемых радиочастотах. ⁶¹⁶ Компания по передаче данных ⁶¹⁷ (DCC) отвечает за национальную инфраструктуру, которая позволит осуществлять коммуникацию между умными счетчиками и всеми поставщиками энергоресурсов. Умные счетчики должны быть внедрены в национальную беспроводную сеть, модернизация которой началась в конце 2018 г., с тем чтобы к 2020 г. 99,25% всех домохозяйств могли принимать сигнал и установить себе умный счетчик, если захотят.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Умные счетчики в Великобритании должны поддержать переход к низкоуглеродной энергетической системе ⁶¹⁸ и считаются основой интеллектуальных энергетических систем будущего. Они могут способствовать сдвигу пиков спроса, сглаживая график нагрузки и позволяя экономить на более низких тарифах во время низкого спроса; при этом умные счетчики могут включаться и выключаться по внешнему сигналу. Они дают возможность потребителям регулировать потребление энергии, снижать выбросы и сокращать расходы с помощью информации финансового характера, получаемой в режиме реального времени, и давая возможность уйти от оплаты за расчетное потребление. Более 70% потребителей, оснащенных умными счетчиками, предприняли меры для снижения затрат на энергию; по оценкам, сокращение составит до £300 млн к 2020 г. Стоимость ежегодной экономии энергии до 2030 г. может быть оценена более чем в £1,2 млрд, т.е. средняя годовая экономия составит £47 в расчете на домохозяйство. ⁶¹⁹ По другим источникам, стоимость сэкономленной энергии в период 2013-2034 гг. составит £5,6 млрд для домохозяйств и £1,5 млрд

⁶¹⁵ Кодекс практики по установке умных счетчиков (Smart Meter Installation Code of Practice (<https://www.smicop.co.uk/about-smicop/>)) является руководством для поставщиков по установке приборов учета. Кодекс «умной» энергии (Smart Energy Code (<https://smartenergycodecompany.co.uk/>)), разработанный в результате заключения многостороннего соглашения, определяет права и обязанности поставщиков ресурсов, операторов сетей и прочих участников процесса эксплуатации умных счетчиков. Кодекс «умной» энергии используется с сентября 2013 г., а действующая версия вступила в силу 13 декабря 2019 г.

⁶¹⁶ OFGEM, 2019. Smart Meter Roll-out Open Letter on Energy Suppliers' Progress, Future Plans and Regulatory Obligations, доступно по ссылке: <https://www.ofgem.gov.uk/publications-and-updates/smart-meter-rollout-energy-suppliers-progress-and-future-plans-open-letter-june-2019>.

⁶¹⁷ Компания по передаче данных (Data Communications Company) несет ответственность перед поставщиком энергии.

⁶¹⁸ BEIS, 2019b. Smart Metering Implementation Programme: progress of the realization of smart meter consumer benefits, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/smart-meters-progress-on-realising-benefits-for-consumers>.

⁶¹⁹ BEIS, 2018. Government Response: Smart meters – the smart choice, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/news/smart-meters-the-smart-choice>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>для малого бизнеса (а сокращение выбросов – почти 45 млн тСО₂экв.), а всего за период с 2018 по 2050 г. – до £40 млрд. По оценкам, в отсутствие умных счетчиков и той гибкости, которую они обеспечивают энергетической системе, затраты, необходимые для достижения чистых нулевых выбросов в Великобритании к 2050 г., были бы на £1,6 млрд в год выше.</p>
<p>Политический климат</p>	<p>Департамент бизнеса, энергетики и промышленной стратегии (BEIS) отвечает за политику и поддержку регулирования в сфере умного учета. Ofgem (Управление рынками газа и электроэнергии) ведет мониторинг соответствия продукции условиям лицензионных соглашений с поставщиками и осуществляет регулирование Компании по передаче данных. Для продвижения умных счетчиков в механизм энергетического регулирования в Великобритании⁶²⁰ было необходимо внести ряд изменений⁶²¹: в лицензии поставщиков включить новые обязательства по установке умных счетчиков, а также изменения в кодексы и законодательство, и ввести новые лицензируемые виды деятельности, связанные с передачей данных, что привело к возложению соответствующих функций на Компанию по передаче данных. Был разработан Кодекс «умной» энергии (SEC), который определяет права и обязанности разных участников процесса внедрения «умного» учета. Первоначально было реализовано восемь траншей соответствующих изменений в механизм регулирования; три первых транша обеспечили коммерческую и регуляторную поддержку внедрения умных счетчиков. Вторичное законодательство по умным счетчикам навело порядок в лицензируемых видах деятельности и проведении конкурсов на получение лицензий для передачи данных от умных счетчиков. Восемь групп управления переходом на «умный» учет⁶²² предоставляли консультации и рекомендации в отношении планирования, рисков, проектирования и нормативно-правовых актов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • транш 1 (вступил в силу в ноябре 2012 г.): требование внедрения умных счетчиков; • транш 2 (вступил в силу в марте 2013 г.): изменение сетевых лицензий в части доступа к данным, участия потребителей, отчетности и безопасности; • транш 3 (вступил в силу в июле 2013 г.): условия работы сети и лицензии для разработки Кодекса «умной» энергии и обязательства по предоставлению ключевых данных потребителям и обеспечению основных функций «умного» учета; • транши 4 и 5 (вступили в силу в марте 2014 г.): новые лицензионные соглашения для соответствия требованиям Директивы ЕС по энергоэффективности и обеспечения потребителям возможности смены поставщика, включая содержание Кодекса «умной» энергии; • транш 6 (вступил в силу в июле 2014 г.): обеспечение тестирования и поддержки Компании по передаче данных продемонстрировало, что все это работает, еще до внедрения соответствующих услуг; • транши 7 и 8: наполнение Теста на интеграцию пользователя и Пользовательской записи еще впереди.

⁶²⁰ Энергетический сектор в основном регулируется Законом об электроэнергетике 1989 г. и Законом о газоснабжении 1986 г. и изменениями, включающими меры государственной политики по продвижению «умных» счетчиков. Лицензии поставщиков и отраслевые кодексы также могли изменяться.

⁶²¹ BEIS and OFGEM, 2013. Smart meters information for industry and other stakeholders, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/guidance/smart-meters-information-for-industry-and-other-stakeholders#regulatory-framework-for-smart-metering>.

⁶²² Группы по интеллектуальному измерению, техническому и бизнес-проектированию, форум менеджеров по внедрению, регуляторная группа, группа экспертов по переходной безопасности, переходная группа по интеллектуальному измерению, ключевая группа по управлению инфраструктурой, группа по мониторингу и обзору преимуществ.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Законодательно определено оборудование для «умного» учета и технические спецификации (SMETS), которые необходимо принять для развертывания этой системы и выполнения обязательств поставщиков. Существуют SMETS1 и SMETS2, причем последняя более пригодна для смены поставщика.</p> <p>В июне 2019 г. поставщикам энергоресурсов было предъявлено требование о принятии всех возможных усилий к установке сертифицированных умных счетчиков везде, где они устанавливаются впервые. На сегодняшний день вовлеченность потребителей остается важнейшей задачей для поставщиков и считается ключевым аспектом успеха внедрения умных счетчиков. Поскольку внедрение идет с задержкой, Департамент бизнеса, энергетики и промышленной стратегии занят разработкой политики и нормативно-правового поля для умных счетчиков на период после 2020 г. Правительство опубликовало документ о разработке нового нормативно-правового поля, которое будет вводить строгие обязательства по энергетическому лицензированию для поставщиков энергоресурсов для завершения внедрения умных счетчиков в возможно короткие сроки или к концу периода мониторинга – 31 декабря 2024 г.⁶²³ Ожидаются также новые обязательства для поставщиков газа и электроэнергетики в части годовых уровней установки умных счетчиков.</p>
Политическая ситуация	<p>Smart Energy Outlook – крупнейший независимый барометр общественного мнения в Великобритании в отношении энергетики и умных счетчиков, в марте 2019 г. пришел к выводу, что 98% людей знают о них; у 29% они установлены; 66% тех, у кого они есть, будут рекомендовать их другим; а почти 13 млн (или 39%) тех, у кого таких счетчиков пока нет, хотели бы их иметь в ближайшие 6 мес.⁶²⁴ Таким образом, у населения наблюдаются растущий интерес и повышение уровня знаний об умных счетчиках.</p>

Источник: University College London.

Таблица 8.9 «Умные» приборы учета. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>Первые упоминания о практическом широкомасштабном внедрении умных приборов учета в России относятся к 2008 г., когда ООО «Горэлектросеть» (г. Новокузнецк) начало внедрять АСКУЭ. Тогда компании удалось снизить потери электроэнергии в сетях с 23% до 13%.</p> <p>Масштабный проект был реализован в 2013 г. компанией «ЭМИС» для «Челябэнергосбыта». По его результатам более 900 многоквартирных домов (МКД) Челябинска, Озерска, Миасса были оснащены автоматизированной системой дистанционной передачи данных об энергопотреблении. Обычные счетчики были заменены на умные у 130 тыс. потребителей. Также на вводах в МКД энергетики установили более 5 тыс. общедомовых счетчиков и смонтировали около тысячи концентраторов в трансформаторных подстанциях. В 2014 г. представители ОАО «Камчатскэнерго», внедрившие для абонентов умные приборы учета, отметили, что переход помог снизить объем хищения энергии в четыре раза.</p> <p>На рынке России список моделей и производителей умных приборов учета внушителен: «Энергомера» (крупнейший в России производитель, который ежегодно выпускает до 3 млн приборов), «Миртек» (компания, которая занимается разработкой программно-аппаратных комплексов для</p>

⁶²³ BEIS, 2019c. Delivering a Smart Energy System Consultation on a Smart Meter Policy Framework post 2020, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/consultations/smart-meter-policy-framework-post-2020>.

⁶²⁴ Smart Energy GB, 2019. Smart Energy Outlook, доступно по ссылке: <https://www.smartenergygb.org/en/about-us/essential-documents>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>оптимизации использования энергоресурсов), «Тайпит», «Инкотекс» (крупнейший в России производитель радиоэлектронных приборов, в т.ч. умных), «Стриж», «Тепловодомер» и др.</p> <p>На начало 2019 г. в жилом секторе (согласно статистической форме отчетности 1-ПУ) было установлено суммарно 110 млн квартирных приборов учета, 41 млн в индивидуальных жилых зданиях и 1,9 млн общедомовых в МКД. Оснащенность общедомовыми приборами учета составила 61% по отоплению, 3% по газу, 65% по ГВС, 52% по ХВС и 71% по электроэнергии. Официальной государственной статистики по умным и продвинутым приборам учета в России не ведется, есть только отдельные экспертные оценки, согласно которым в 2016 г. уровень проникновения умных приборов учета в России не превысил 0,5% (количество умных приборов учета менее 500 тыс.⁶²⁵). По данным пресс-службы Министерства строительства и ЖКХ, в 2018 г. было установлено более 500 тыс. интеллектуальных приборов учёта. На 1 сентября 2019 г. компания «Россети» оценила долю оснащения интеллектуальными приборами учета в 10%.</p>
Рыночные перспективы	<p>«Россети» в рамках своей инвестиционной программы планируют установить 22 млн умных счетчиков электроэнергии до 2024 г. Установка интеллектуальных систем учета – часть программы «Цифровая трансформация» «Россетей» до 2030 г. Ее стоимость оценивается в 1,3 трлн руб. Умные счетчики будут устанавливаться по мере выхода из строя старых. Интеллектуальные системы учета электроэнергии будут передавать данные о потреблении энергии, сигналы о взломе или неисправности. Они также позволят удаленно ограничивать поставку электроэнергии неплательщикам. В зоне ответственности «Россетей» находятся юридические лица и физические лица, проживающие в частном секторе. Потребителям в МКД умные приборы учета должны устанавливать гарантирующие поставщики. По данным пресс-службы Министерства строительства и ЖКХ, в России к 2024 г. 95% россиян переведут на умные счётчики электроэнергии.⁶²⁶ В компании «Россети» оценивают долю оборудования интеллектуальными приборами учета на 30% своих объектов к 2024 г.⁶²⁷ Можно ожидать динамичного роста рыночной ниши для умных счетчиков, на темпы которого помимо мер госполитики будут влиять изменения цен на энергоносители и снижение цен на оборудование и эксплуатацию.</p>
Технологические затраты	<p>Технологические затраты зависят от типа прибора, комплектации, сложности подключения и др. факторов. Умные приборы учета дороже обычных: счетчик учета воды примерно 1,5 тыс. руб. (без учета установки⁶²⁸), электроэнергии – 3-11 тыс. руб., природного газа – 4-15 тыс. руб. На первых этапах платить за них будут девелоперы новостроек. Потом умные приборы начнут ставить в домах, где идет капитальный ремонт. В конечном счете расходы будут оплачены собственниками помещений.</p> <p>Стоимость полной установки в РФ умных приборов учета электроэнергии может составить от 800 млрд до 4 трлн руб. в зависимости от требуемого функционала.⁶²⁹ В декабре 2018 г. на совещании в правительстве обсуждалась идея обязать россиян устанавливать умные счетчики газа, которые</p>

⁶²⁵[http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_\(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Smart_Grid_(%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B8))

⁶²⁶<https://realty.ria.ru/20180406/1518043686.html>.

⁶²⁷ <https://realty.ria.ru/20190802/1557109351.html>.

⁶²⁸ <https://tass.ru/obschestvo/5218150>.

⁶²⁹ <https://ria.ru/20190926/1559148850.html>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>могут обойтись населению в 130 млрд руб., но введение этой меры как обязательной было отложено. Министерство энергетики в сентябре 2019 г.⁶³⁰ направило в правительство письмо, в котором оценило реализацию проекта интеллектуальной системы учета газа в 385 млрд руб. Данная система включает устанавливаемые в квартирах и домах умные счетчики с возможностью передачи данных в газоснабжающие компании, а также приборы для обработки информации в абонентских службах поставщиков.</p>
<p>Другие ключевые технологические характеристики</p>	<p>Умные приборы учета внедряются в России в основном для управления графиком нагрузки (применение тарифов в зависимости от времени суток), улучшения платежной дисциплины частных потребителей, предупреждения задолженности по оплате счетов за электроэнергию и профилактики кражи энергоресурсов), дистанционного ограничения поставки услуг злостным должникам и расчетов за потребленную электроэнергию в режиме онлайн. Умные счетчики позволяют дистанционно:</p> <ul style="list-style-type: none"> • получать в режиме реального времени данные о суточном потреблении ресурсов; • вести наблюдение за показателями потребления ресурсов у злостных неплательщиков; • изменять тарифное расписание; • обеспечить точный расчет компенсаций для льготников; • ограничивать потребление или полностью отключать неплательщиков от подачи ресурсов.
<p>Инфраструктурное окружение</p>	<p>Отсутствие единых стандартов и протоколов функционирования интеллектуальных систем учета, обязательных к применению как сетевыми компаниями, так и потребителями, значительно усложняет и удорожает построение единой интеллектуальной системы учета электроэнергии на региональном и федеральном уровнях, увеличивает вероятность сбоев и ошибок при передаче информации между различными сегментами (при использовании несовместимого оборудования).</p> <p>Проблемой может стать уязвимость системы к несанкционированному доступу. В 2017 г. в Багратионовском районе Калининграда было выявлено девять случаев взлома умных счетчиков электроэнергии.⁶³¹ Не везде в Российской Федерации есть достаточно надежный и быстрый интернет, в результате чего модемы и сервера системы могут периодически зависать.</p>
<p>Экологическое, социальное и экономическое влияние</p>	<p>После внедрения умных приборов учета электроэнергии в среднем регионы рассчитывают снизить потери в сетях на 15-18%. По утверждению министра энергетики А.В. Новака, умные электросчетчики позволят сэкономить до 80 млрд руб. за год. В Минэнерго отмечают, что в тех регионах, где уже внедряют умные приборы учета электроэнергии, проект может быть окупаем до 9 лет.⁶³² Установка умных приборов учета позволяет потребителям перейти на более выгодную многотарифную систему оплаты и получать оперативно информацию для более эффективного управления энергопотреблением. В сегменте smart-учета природного газа оцениваемое снижение платы составляет 5-15%.⁶³³</p>

⁶³⁰ <https://teknoblog.ru/2019/09/26/101631>.

⁶³¹ <https://www.newkaliningrad.ru/news/briefs/community/14286282-zhiteli-oblasti-nachali-vzlamyvat-umnye-schetchiki-elektroenergii.html>.

⁶³² <https://finance.rambler.ru/economics/36798422-umnye-schetchiki-energii-pomogayut-snizit-poteri-na-10-30/>.

⁶³³ http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rossiyskiy-rynok-intellektualnyh-schetchikov-v-otraslyah-raspredeleniya-resursov-elektroenergii-tepla-vody-i-gaza-do-2020-goda-20161103010938.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Поставщики энергоресурсов получают возможность иметь достоверную информацию о потреблении коммунальных ресурсов в режиме реального времени; сократить затраты на биллинг; оперативно определять баланс и выявлять источники потерь; быстро обрабатывать данные. Создание автоматизированных систем на основе умных приборов учета позволяет снизить коммерческие потери энергоснабжающих организаций и стать основой интеллектуальных распределенных энергетических систем, способствующих сдвигу пиков потребления.</p>
<p>Политический климат</p>	<p>Впервые широкое обсуждение интеллектуального учёта началось после вступления в силу Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности, а также внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Одной из первых инициатив стала программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» (разработанная ЦЭНЭФ в 2010 г.),⁶³⁴ согласно которой предполагалось установить 7 млн интеллектуальных точек учета потребления электроэнергии; модернизации подлежало около 100 млн точек учета. Переход на умные счетчики в квартирах был запланирован в госпрограмме «Цифровая экономика». Необходимость оснащения жилых и общественных зданий автоматизированными системами коммерческого учёта потребления энергоресурсов также отмечена в СП 134.13330.2012 «Системы электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования» (раздел 5.10).</p> <p>В 2018 г. в федеральном законе «Об электроэнергетике» № 35-ФЗ появился термин «интеллектуальная система учета электрической энергии», подразумевающий сбор в автоматическом режиме данных с приборов учета электроэнергии. Этот документ перевел требования по использованию умных приборов учета электроэнергии в разряд обязательных. Переход начнется с 1 июля 2020 г. С этой даты новые приборы будут устанавливаться в МКД и частных жилых домах вместо счетчиков предшествующего поколения. С 1 января 2022 г. все вводимые в эксплуатацию приборы энергоучета должны быть интеллектуальными. В новостройках, вводимых в эксплуатацию с 1 января 2021 г., устанавливаемые приборы энергоучета должны подключаться к системе интеллектуального учета электрической энергии. Расходы будут включены в тарифы гарантирующих поставщиков и электросетевых компаний. Их также разрешено включать в состав платы за подключение к сетям новых потребителей. Установка умных приборов учета природного газа и воды пока не попала в категорию обязательной. Правительство не одобряет эту законодательную инициативу по причине высокой стоимости этих типов приборов учета.</p> <p>В 2018-2020 гг. были также приняты государственные стандарты, которые необходимо учитывать в процессе проектирования и монтажа умных приборов учета. В целом можно констатировать, что на федеральном уровне проводится политика, направленная на увеличение количества умных приборов учета, главным образом, электроэнергии. На ведомственном уровне внедрение этой меры встречается в инвестиционных программах и программах энергосбережения организаций.</p>

⁶³⁴ Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р <http://www.infobio.ru/sites/default/files/2446.pdf>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политическая ситуация	<p>Принятый Федеральный закон № 35-ФЗ предполагает, что с 2023 г. умные устройства учета электроэнергии должны стоять во всех домах, СНТ, деревнях, городах и предприятиях. Ответственным организациям, не успевшим выполнить это требование в любом регионе, грозят: штрафы; усреднение размеров выплат со стороны абонентов по нормативам; снижение суммы оплаты или предоплаты за электроэнергию вплоть до временного освобождения потребителя от этой обязанности до установки смарт-счетчиков.</p> <p>В 2010-2014 гг. была проведена большая разъяснительная работа и реализован широкий спектр программ по установке приборов учета для разных групп потребителей, включая население и бюджетные организации. В итоге оснащенность потребителей приборами учета заметно выросла. ВЦИОМ в 2019 г. провел опрос «Осведомленность россиян о реформе ЖКХ». Доля граждан, принимающих участие в реформе ЖКХ, составила 86%, а наиболее распространенной формой такого участия стала установка в квартире приборов учета потребления воды (75%). Установка умных приборов учета в ответах не фигурировала.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

8.4. Тепловые насосы

Почти 18 млн домохозяйств в мире установили тепловые насосы (ТН) в 2018 г. (прирост на 10% к 2017 г.). Из них 80% пришлось на рынки Китая, США и Японии. В целом по миру тепловые насосы используются для отопления 3% зданий. В сценарии МЭА «устойчивое развитие» к 2030 г. эта доля утраивается, удельные затраты снижаются, средняя производительность тепловых насосных установок (ТНУ) растет на 50%, а объемы продаж достигают 59 млн единиц.⁶³⁵ По сравнению с другими странами уровень применения технологии использования низкопотенциального тепла в России довольно низкий. Объемы продаж ТНУ (включая установки для промышленных нужд), как и их доля в снабжении тепловой энергией на отопление, по сравнению со странами-лидерами (Китай, Швеция и другие) меньше в сотни раз (см. табл. 8.10). В таких странах с холодным климатом, как Норвегия и Швеция, обеспеченность тепловыми насосами на 1000 домохозяйств равна соответственно 400 и 330,⁶³⁶ в Великобритании – около 5, а в России – менее 1. Таким образом, и Великобритания, и Россия стартуют с низкого уровня. Однако в Великобритании прогнозируется быстрый старт – рост продаж ТН с 18 тыс. в 2018 г. до 1149 тыс. в 2035 г.⁶³⁷

Технологические затраты в России относительно невысоки, но следует учитывать, что в других странах реализуются программы поддержки, что снижает цену. Так, субсидии на замену угольных котлов тепловыми насосами типа «воздух-вода» в рамках программы «уголь-электричество» в Северном Китае помогли увеличить объем продаж до 1,3 млн единиц в 2017 г. Аналогичная схема реализуется в Японии в рамках плана энергосбережения. Помимо стимулирующих, ряд стран рассматривает возможность введения запретительных мер. Так, Канада планирует с 2030 г. использовать только отопительные аппараты с коэффициентом полезного действия более единицы. По сути, это нововведение запретит все котлы, работающие на традиционных видах топлива, и сделает технологию использования низкопотенциального тепла основной.

⁶³⁵ <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/heat-pumps#abstract>.

⁶³⁶ The Heat Pump Association. UK. DELIVERING NET ZERO: A ROADMAP FOR THE ROLE OF HEAT PUMPS. 2019.

⁶³⁷ The Heat Pump Association. UK. DELIVERING NET ZERO: A ROADMAP FOR THE ROLE OF HEAT PUMPS. 2019.

В России существует только один нормативно-правовой акт, который стимулирует использование тепловых насосов в промышленности через механизмы ускоренной амортизации и налоговых послаблений. На практике его реализация сталкивается с большими трудностями. На федеральном уровне нет явной политики, направленной на поддержку ТНУ. Существуют отдельные программы на ведомственном и региональном уровнях, которые рассматривают технологию использования низкопотенциального тепла в качестве одной из мер повышения энергетической эффективности. Компании, занимающиеся проектированием, производством и установкой тепловых насосов, не объединены в какие-либо ассоциации (союзы), что снижает возможности лоббирования этой технологии. Более подробно результаты исследований по технологии «тепловые насосы» для Великобритании, Российской Федерации и других стран представлены в табл. 8.10 и 8-11. Поскольку в Великобритании применение ТН только начинает набирать обороты, в этом плане Россия еще не сильно отстала. Более показательно сравнение со Швецией (табл. 8.11).

Таблица 8.10 Сравнение метрик по тепловым насосам

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Другие страны	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Рыночная ниша	продажи, тыс. ед.	18		0,85	1,8	0,8 ²	600 ¹
2018 г.	доля в	0,5		0,05**	0,1**	0,1 ³	20,6 ³
2030 г.	потреблении	4	7,4 ⁷	0,2**	2**	9** ⁴	
2050 г.	тепла в жилых зданиях, %	27 ⁸	57 ⁸	0,5	10	20	27
Технологические затраты* (грунтовые ТНУ)	USD 2018/кВт	1040	3250	476	1 111	439 ⁵	2267 ⁵
Технологические затраты* (воздушные ТНУ)	USD 2018/кВт			238	714	180 ⁶	1430 ⁶
Инфраструктурное окружение	количество компаний			10	20	>200 ¹	

* - включая ПСД и СМР.

** - жилые здания.

1. <https://www.ehpa.org/about/news/article/china-heat-pump-annual-conference-2018/>. Данные по Китаю.

2. European Heat Pump Market and Statistics Report 2018. 0,8 тыс. ед. – продажи в Венгрии (данные 2018 г.).

3. ECOFYS. Heat Pump Implementation Scenarios until 2030. 0,1% - в Бельгии; 20,6% - в Швеции (данные 2013 г.).

4. Мир в целом – <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/heat-pumps>.

5. IEA-ETSAP and IRENA © Technology Policy Brief E19 – January 2013. 439 USD 2013/кВт – в Китае и Индии; 2267 USD 2013/кВт – в странах ОЭСР Европы.

6. IEA-ETSAP and IRENA © Technology Policy Brief E19 – January 2014. 180 USD 2013/кВт – в Китае и Индии; 1430 USD 2013/кВт – в странах ОЭСР Европы.

7. Committee on Climate Change. UK housing: Fit for the future? February 2019.

8. Future Energy Scenarios 2019 Data Workbook. <http://fes.nationalgrid.com/>.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 8.11 Тепловые насосы. Швеция

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	В 1982 г. в Швеции было продано около 9,5 тыс. тепловых насосов. До 1995 г. объемы продаж существенно варьировали при средней величине порядка 15 тыс. шт. в год, а затем значительно выросли, достигнув пика в 133 тыс. шт. в год в 2008 г. После этого они снизились, но оставались стабильными – около 100 тыс. шт. в год в 2015-2018 гг. С 2008 г. около половины продаж приходится на воздушные тепловые насосы, ^{638,639} около четверти – на геотермальные (грунтовые воды), ⁶⁴⁰ а остальное – примерно в равных долях на агрегаты, использующие тепло воздуха либо уходящих газов для нагрева воды. ^{639,641} К концу 2017 г. в Швеции было около 1,7 млн тепловых насосов, которые обслуживали около трети всех домохозяйств и на долю которых приходилось 12% производства теплоты для отопления и горячего водоснабжения. ⁶⁴² Около 27% продаж тепловых насосов в 2019 г. пришлось на замену устаревших теплонасосов – самая большая доля для отдельного рыночного сегмента. ⁶⁴⁴
Рыночные перспективы	По состоянию на 2013 г. по прогнозам в рамках сценария «действующей политики» объемы продаж теплонасосов в Швеции в 2030 г. останутся стабильными на уровне около 107 тыс. шт. в год. По «амбициозному» сценарию, в котором тепловые насосы используются в 50% всех новых зданий (жилых и коммерческих) и в 30% всех реконструированных зданий, это количество повышается незначительно – до 112 тыс. в год. По «очень амбициозному» сценарию, в котором тепловые насосы устанавливаются во всех новых и 50% реконструированных зданий, эта величина растет до 118 тыс. шт. в год. ⁶⁴² Это показывает высокий текущий уровень использования теплонасосов в Швеции в новых и реконструированных зданиях. В 2019 г. 67% розничных продавцов и установщиков тепловых насосов в Швеции считали существующий уровень спроса «высоким» или «очень высоким», 6% полагали, что он «сравнительно низкий» или «очень низкий». Однако прогнозируя спрос на три ближайших года – до конца 2022 г., – 74% ответили, что он будет «высоким» или «очень высоким», и только 1% считает, что он будет «сравнительно низким». ⁶⁴³

⁶³⁸ Данные о продажах не собираются, здесь представлены приблизительные оценки.⁶⁴¹

⁶³⁹ Тепловые насосы используют теплоту наружного воздуха или теплоту уходящих газов (соответственно) для нагрева (или охлаждения) воздуха или воды внутри здания.

⁶⁴⁰ Тепловые насосы, использующие геотермальное тепло (земли или грунтовых вод) или теплоту поверхностных вод или морской воды (соответственно) для нагрева (или охлаждения) воздуха или воды внутри здания.

⁶⁴¹ SKVP (2020). *Heat pump sales*, [Online] Доступно по ссылке: <https://skvp.se/aktuellt-opinion/statistik/varmepumpsforsaljning> [Дата обращения: 10 февраля 2020 г.].

⁶⁴² INNOPATHS (2019). *D1.3 Sectoral Analysis Draft Report*, [Online] Доступно по ссылке: <https://innopath.eu/wp-content/uploads/2019/09/D1.3-Sectoral-Analysis-Report.pdf> [Дата обращения: 10 февраля 2020 г.].

⁶⁴³ SKVP (2019). *Pulsen 2019*, [Online] Доступно по ссылке: <https://skvp.se/aktuellt-opinion/statistik/pulsen/2019> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	<p>В 2018 г. затраты на установку «под ключ» (включая НДС) теплонасосов производительностью 20 МВт-ч в год составляли: 23983 шведских крон (\$2480) в расчете на воздухо-воздушный агрегат, 152697 шведских крон (\$15815) на вертикальный агрегат, использующий соленую воду, 139147 шведских крон (\$14410) на горизонтальный агрегат, использующий соленую воду, 145481 шведских крон (\$15070) на теплонасос, работающий на грунтовых водах, 116000 шведских крон (\$12015) на воздухо-водяной агрегат и 71354 шведских крон (\$7390) на теплонасос, работающий на уходящих газах. Повышение затрат с 2010 г. по всем тепловым насосам (кроме воздухо-воздушных) было незначительным, однако затраты остаются очень низкими (особенно для моделей, использующих тепло грунтовых вод) по сравнению с другими странами, в большой степени благодаря огромному опыту, масштабам и конфигурации отрасли.⁶⁴⁴</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Тепловые насосы, использующие тепло окружающего воздуха или уходящих газов, могут устанавливаться в виде компактных устройств (моноблоков) внутри или снаружи здания либо в виде сплит-систем (одна часть внутри, другая снаружи). Получаемое тепло обычно распределяется по зданию с помощью жидкостной распределительной системы либо с помощью воздушных конвекторов или канальной вентиляции. В последние годы технический прогресс позволяет использовать воздушные теплонасосы практически во всех климатических зонах.⁶⁴⁵</p> <p>Тепловые насосы, использующие тепло земли, извлекают его с помощью вертикального или горизонтального коллектора. Тепло обычно распределяется с помощью жидкостной распределительной системы или с помощью воздуха. Для систем, использующих тепло грунтовых вод, как правило, нужно две скважины там, где грунтовые воды легко доступны. Первая скважина используется как доступ к источнику воды, а вторая – для закачивания воды обратно под землю. Тепловой насос извлекает из воды тепло, которое затем распределяется по зданию жидкостной распределительной системой либо с помощью воздушных конвекторов или канальной вентиляции.⁶⁴⁵</p>
Инфраструктурное окружение	<p>В Швеции нет месторождений нефти или газа, и в 1970-х годах отопление и горячее водоснабжение зависело от импорта нефти (в том числе и системы ЦТ в городах) при ограниченном доступе к газопроводу. Выработка электроэнергии в Швеции в большой степени осуществляется на значительных гидроэнергетических ресурсах (а в последнее время – еще и на ВИЭ) при невысоких затратах.⁶⁵⁰ Как будет сказано ниже, эти факторы весьма способствуют продвижению тепловых насосов в стране.</p> <p>Благодаря сравнительно постоянной температуре земли на протяжении всего года (в отличие от температуры окружающего воздуха) в скандинавских странах, включая Швецию, целесообразно использовать тепловые насосы, работающие с геотермальным теплом. Однако в силу пространственных ограничений их в основном используют вне городских территорий,⁶⁴⁶ а если в городе – то в системах ЦТ. Агрегаты, использующие тепло земли, были особенно популярны в Швеции в начале эры тепловых насосов, так как эта отрасль активно использовала обширный опыт бурения скважин питьевой воды.⁶⁴² При том что в шведских домах в основном применялись системы</p>

⁶⁴⁴ Jonasson, P. (2019). *Market Report: Sweden*, [Online] Доступно по ссылке: <https://heatpumpingtechnologies.org/wp-content/uploads/2019/05/hpt-magazineno12019-market-report.pdf> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

⁶⁴⁵ ЕНРА (2020). *Energy sources*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.ehpa.org/technology/what-type-of-hp-for-what-use/> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

⁶⁴⁶ ЕНРА (2020). *Residential applications*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.ehpa.org/technology/what-type-of-hp-for-what-use/residential-applications/> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>отопления с жидким теплоносителем, в 1970-х годах получили распространение воздушно-воздушные тепловые насосы, хотя значительные объемы продаж появились только после 2000 г. – благодаря совершенствованию технологии и возможности ее эффективного применения в условиях холодного климата (в различных видах жилых зданий, включая многоквартирные дома).^{646,642} Тепловые насосы разных видов особенно эффективны для обогрева помещений с высоким уровнем теплозащиты; по причине холодного климата требования к уровню теплозащиты постоянно ужесточаются в Швеции по крайней мере с 1940-х годов (см. ниже).</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Тепловые насосы извлекают тепловую энергию из внешних источников, но для работы им требуется электрическая энергия. Эффективность работы (коэффициент трансформации) – это соотношение производства и потребления энергии. Хотя в теории можно достичь значения этого коэффициента порядка 20, у большинства тепловых насосов он составляет около 3. В ЕС разница между производством и потреблением энергии тепловыми насосами считается возобновляемым источником энергии⁶⁴⁷ и, таким образом, вносит вклад в достижение европейских и национальных целей по ВИЭ. Однако то, в какой степени удастся избежать выбросов CO₂, зависит от технологии и вида топлива, которое заменяют и которое используют тепловые насосы. В Швеции тепловые насосы преимущественно работают на электроэнергии, при производстве которой – из-за широкого распространения ГЭС – производится очень мало CO₂. В настоящее время самая большая доля продаж тепловых насосов в Швеции приходится на замену действующих моделей; до 2010 г. из-за длительного срока эксплуатации котлов на жидком топливе самая большая ниша по объему продаж была занята такими котлами (27%). В 2019 г. 7,2% всех продаж приходилось на замену действующих котлов на жидком топливе. 39,5% продаж – замена электрокотлов и электрообогревателей, поскольку тепловые насосы значительно эффективнее. Кроме того, все больше производителей тепловых насосов предлагают «пакетные установки», которые включают фотоэлектрические элементы или фототермальные панели (40% и 35% соответственно).⁶⁴³ К 2010 г. шведские производители занимали более половины рынка теплонасосов в Европе.⁶⁴²</p>
Политический климат	<p>В соответствии с Директивой ЕС 2009 г. по возобновляемым источникам к 2020 г. 49% конечного потребления энергии в Швеции необходимо получать от ВИЭ. Страна достигла этой цели уже в 2012 г., а в 2018 г. этот показатель составил 55%, причем 65% потребления энергии на отопление и ГВС приходилось на ВИЭ.⁶⁴⁸ В июне 2017 г. шведское правительство поставило цель достижения нулевых нетто-выбросов к 2045 г.⁶⁴⁹ и намерено вывести из эксплуатации все системы отопления на ископаемом топливе к концу 2020 г.⁶⁵⁰ Следующие меры политики играют важную роль:</p> <p>Строительные нормы и правила. Минимальные стандарты энергетической эффективности для новых зданий существуют в Швеции с 1946 г. С 1980 г. в Швеции действовало требование утилизации не менее половины всего сбросного тепла в новых жилых зданиях, что дало стимул распространению</p>

⁶⁴⁷ ЕНРА (2020). *ЕНРА sales data acquisition and processing methodology*, [Online] Доступно по ссылке: http://www.stats.ehpa.org/hp_sales/annex/ [Дата обращения: 11 февраля, 2020 г.].

⁶⁴⁸ Eurostat (2019). *Energy From Renewable Sources: Shares*, [Online] Доступно по ссылке: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

⁶⁴⁹ Ministry of the Environment and Energy (2018). *The Swedish climate policy framework*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.government.se/495f60/contentassets/883ae8e123bc4e42aa8d59296ebe0478/the-swedish-climate-policy-framework.pdf> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

⁶⁵⁰ Korolyte, R. (2017). *Climate Change and Energy Strategies/Plans/Policies: Sweden heating policies*, [Online] Доступно по ссылке: https://www.climatechange.org.uk/media/2088/eu_case_studies_sweden_heating_policy.pdf [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>тепловых насосов, использующих уходящее тепло. В 2002 г. в ответ на Директиву ЕС по теплозащите зданий (и ее последующие редакции) были введены новые минимальные стандарты энергетической эффективности, впоследствии ужесточенные в 2006 и 2009 годах (когда был введен запрет на использование прямого электрообогрева в домах, не соответствующих стандартам пассивного здания, и при наличии альтернативы)⁶⁴², в 2012, 2015 и 2017 годах, когда эти стандарты были крайне жестки по отношению к новым и реконструируемым зданиям. Швеция ставила цель повышения энергоэффективности в зданиях на 20% в 2020 г. и на 50% в 2050 г.⁶⁵¹</p> <p>Углеродный налог. В 1991 г. в Швеции был введен углеродный налог на разные виды топлива, включая нефть, уголь и природный газ. Изначально ставка налога составляла 250 шведских крон/тCO₂ и постепенно была увеличена до 1180 шведских крон/тCO₂ в 2019 г. (€112/тCO₂, или \$122/тCO₂) – она была самой высокой ставкой налога на углерод в мире.⁶⁵² Благодаря низким ценам на электроэнергию в силу доминирования ГЭС электрообогрев оказался в экономически выигрышном положении по сравнению с другими доступными в разных районах вариантами.</p> <p>Субсидии. С конца 1970-х годов выделяются различные субсидии при использовании теплонасосов для стимулирования ухода от использования жидкого топлива для отопления зданий, резко подорожавшего после нефтяного кризиса 1970-х годов. Прямых субсидий при использовании теплонасосов в Швеции нет с 2008 г., но с 2009 г. существуют налоговые вычеты на монтажные работы, которые с 2016 г. составляют 30%.⁶⁴²</p> <p>С 1970-х годов в Швеции применялись различные инструменты политики, стратегии и меры поддержки для стимулирования развития и распространения тепловых насосов, главным образом в целях сокращения энергетической зависимости от импорта нефти и повышения энергетической безопасности. Они включали финансирование программ развития и пилотных проектов, повышение уровня знаний, образовательные кампании, маркировку оборудования, механизмы сертификации, а также государственные закупки.⁶⁴²</p>
Политическая ситуация	<p>Продвижение тепловых насосов в Швеции началось после нефтяного кризиса 1970-х годов в результате стремления снизить (существенную) зависимость страны от импорта нефти. Политические условия оставались довольно стабильными по крайней мере с начала 1990-х годов (кроме относительной нестабильности и фрагментированности механизма субсидирования в начале 1990-х и 2000-х). Уровень государственной и общественной поддержки распространения тепловых насосов и более широких усилий по сокращению выбросов CO₂ в Швеции устойчиво высокий, что нашло отражение в политике достижения нулевых нетто-выбросов к 2045 г. – мера, одобренная различными политическими партиями правительственной коалиции и горячо поддерживаемая общественностью.⁶⁵⁰</p>

Источник: University College London.

⁶⁵¹ GBPN (2020) *Sweden*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gbpn.org/databases-tools/rp-detail-pages/sweden#Summary> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

⁶⁵² GoS (2019) *Sweden's carbon tax*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.government.se/government-policy/taxes-and-tariffs/swedens-carbon-tax/> [Дата обращения: 11 февраля 2020 г.].

Таблица 8.12 Тепловые насосы. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>Первая опытно-промышленная ТНУ была сооружена на Губской чайной фабрике в 1967 г. для теплоснабжения чаезавялочного агрегата и технологического кондиционирования воздуха роллерно-ферментационного цеха. Впоследствии они использовались в разных отраслях промышленности. Во второй половине 1990-х годов интерес к этой теме проявляется вновь. Были построены объекты с ТНУ в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Ярославле, Саратове, Смоленске и ряде других городов. В последние годы в Новосибирской области – одном из центров теплонасосостроения – за несколько лет было внедрено более 200 ТНУ различной мощности, используемых для отопления индивидуальных домов и коммерческих объектов.</p> <p>По оценке ЦЭНЭФ-ХХI, доля ТН в выработке тепловой энергии не превышает 0,1%. В 2017 г. было продано 850 аппаратов на общую сумму 495 тыс. долл.⁶⁵³ Пик продаж пришелся на 2013 г., когда было продано 1800 ТНУ, после чего объемы ежегодно уменьшались. По данным агентства Litvinchuk Marketing, после 1991 г. было продано порядка 12250 ТНУ. Для сравнения: только в 2018 г. во Франции было продано 275 тыс. аппаратов, а в Китае – 600 тыс.</p>
Рыночные перспективы	<p>Согласно оценкам ИНЭИ РАН,⁶⁵⁴ на перспективу до 2030 г. в стране может быть востребовано порядка 3,4-4,4 ГВт теплонасосной мощности. Их установка позволит экономить около 3,8 млн туг в год.</p> <p>В обосновывающих материалах к «Основным направлениям стратегии долгосрочного развития экономики Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.»: в базовом сценарии доля жилого фонда, отапливаемого ТНУ, к 2030 г. составит 0,2%, а в 2050 г. – 0,5%; в сценарии «1,5⁰C» – 2% и 10% соответственно. Рыночные перспективы зависят от изменения уровня и соотношения цен на природный газ, тепловую и электрическую энергию, снижения цен на оборудование, повышения коэффициента преобразования; степени улучшения эффективности воздушных тепловых насосов и других переменных и наличия госполитики по продвижению этой технологии.</p>
Технологические затраты	<p>Технологические затраты зависят от многих факторов: компания-производитель, тепловая мощность, тип хладагента, комплектация, сложность проводимых работ и др. Обзор ценовых предложений на рынке и стоимость реализованных проектов позволяют определить следующие ценовые диапазоны: для геотермальных насосов – 30-70 тыс. руб. (476-1111 долл. в ценах 2018 г.)/кВт; для воздушных насосов – 15-45 тыс. руб. (238-714 долл.)/кВт. В перспективе ожидается снижение технологических затрат за счет снижения стоимости импортного оборудования, его локализации в России, также роста сети сервисных организаций.</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Нормативный срок службы ТНУ – 15-20 лет. Реальный срок службы может достигать до 50 лет. Многие уже установленные аппараты функционируют более 20 лет без проведения каких-либо серьезных ремонтных работ, что говорит о надежности технологии в целом и должно учитываться в процессе принятия решений о целесообразности их установки.</p> <p>Средний коэффициент преобразования для ТНУ равен 3; в условиях северных территорий его значение может снижаться до 2 и ниже. Уже существуют модели со значениями в диапазоне 4-5. Со временем ожидается уменьшение удельных затрат на ТНУ, что может способствовать распространению технологии использования низкопотенциального тепла даже на территориях с низкими температурами.</p>

⁶⁵³ https://mir-klimata.info/archive/2018_4/teplovie_nasosi_u_nas_i_u_nih/.⁶⁵⁴ http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=215.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>Создание гибридных ТНУ с применением фотоэлектрических панелей, подключение к системе централизованного теплоснабжения и другие технологические новшества используются для повышения эффективности систем. Результаты НИОКР позволяют делать ТНУ более компактными, простыми в обращении, более эффективными. Будущее ТНУ в России во многом связано с улучшением технических характеристик воздушных аппаратов и установок типа «вода-воздух». Их отличительные особенности: относительно короткий срок окупаемости, быстрый монтаж и обеспечение надежного отопления и горячего водоснабжения. Дальнейшее повышение коэффициента преобразования и возможность работы при более низких температурах (в настоящее время до -10°C для установок небольшой мощности, используемых для отопления жилых и коммерческих объектов) позволят использовать тепловые насосы в более северных районах и повысить экономические характеристики ТНУ в районах с умеренным климатом.</p>
Инфраструктурное окружение	<p>Существует ряд российских производителей ТНУ (группа компаний «Инсолар», компания «EnergyLex», ООО «ТехПромИнжиниринг», ОАО «Рыбинский завод приборостроения», Уральский завод тепловых насосов и др.). Эти компании самостоятельно осуществляют сборку тепловых насосов, но в основном из импортных комплектующих. Другими словами, производства ТНУ по полному циклу в России еще нет, за исключением парокомпрессионных установок, выпускаемых ЗАО «Энергия» для промышленности. Число специализированных проектных организаций невелико. Количество организаций, занимающихся непосредственно монтажом ТНУ, в целом по стране не превышает 20. Монтаж грунтовых насосов предполагает проведение дорогостоящих буровых работ. Небольшое число сервисных организаций, многие из которых ограничиваются гарантийным обслуживанием. Ввиду отсутствия конкуренции на данном рынке и удаленности сервисных организаций цены на обслуживание высоки. Все это ограничивает масштабы использования низкопотенциального тепла.</p>
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Установка ТНУ позволяет уменьшить зависимость от поставок топлива, получить «чистую» экономию топливно-энергетических ресурсов, снизить выбросы ПГ и загрязняющих веществ, снизить затраты на энергоснабжение. Показано, что для условий Калифорнии переключение с газового котла на использование существующих ТНУ приводит к сокращению выбросов ПГ на 50-70% при производстве горячей воды и на 46-54% - при производстве тепла на отопление.⁶⁵⁵ Для условий Великобритании замена газового котла на ТНУ при условии, что все электроэнергия вырабатывается на газовых ТЭС, дает снижение выбросов ПГ при коэффициенте преобразования ТНУ выше 1,72.⁶⁵⁶ Перспективные модели ТН 2050 г. позволят снижать выбросы ПГ в 20 раз по сравнению с газовыми котлами.</p> <p>Этот сектор при определенной поддержке и внятной стратегии развития может стать точкой роста и принести мультипликативные эффекты в виде создания новых рабочих мест, увеличения налоговых поступлений, повышения экологической и энергетической эффективности, уменьшения затрат и т.п.</p>

⁶⁵⁵ Brockway A.M., P. Delforge. Тепловые насосы могут покрывать до 90% глобального спроса на отопление с меньшим углеродным следом, чем газовые котлы-конденсаторы. Потенциал снижения выбросов от электрических тепловых насосов в домах Калифорнии. The Electricity Journal. Volume 31, Issue 9, November 2018, Pages 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2018.10.012>; [https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/ POST-PN-0523/POST-PN-0523.pdf](https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-0523/POST-PN-0523.pdf).

⁶⁵⁶ <https://www.narecde.co.uk/air-source-heat-pumps-vs-gas-boilers/#.XkeNNHduKno>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	<p>В России действует ряд государственных стандартов в отношении тепловых насосов:⁶⁵⁷ Правительство Москвы (Москомархитектура) выпустило Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных ВИЭ. Разработан СТО НОСТРОЙ 149 «Устройство теплонасосных систем теплохладоснабжения зданий. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ».</p> <p>Единственным нормативно-правовым актом, стимулирующим внедрение тепловых насосов в России, является Постановление Правительства РФ от 17 июня 2015 г. № 600, в котором утверждается перечень оборудования и технологий высокой энергетической эффективности (в него входят и геотермальные тепловые насосы). В качестве мер поддержки в нем фигурируют льгота по налогу на имущество и ускоренная амортизация для промышленных организаций. На практике реализация этого постановления сталкивается с большими трудностями. Существуют отдельные программы, предусматривающие использование ТНУ, – например, «Комплексная программа внедрения тепловых насосов на объектах полигона Калининградской железной дороги» и государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Новосибирской области».</p>
Политическая ситуация	<p>В целом, можно констатировать, что на федеральном уровне нет выраженной политики поддержки ТНУ. На региональном и ведомственном уровнях их упоминание в качестве энергосберегающей меры встречается крайне редко. Компании, занимающиеся проектированием, производством и установкой тепловых насосов, не объединены в какие-либо ассоциации (союзы). Соответственно, возможности для лоббирования интересов в этой сфере и продвижения тепловых насосных установок ограничены.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁶⁵⁷ ГОСТ 34346.1-2017 (ISO 13256-1:1998) Тепловые насосы с водой в качестве источника тепла. Испытания и оценка рабочих характеристик. Часть 1. Тепловые насосы «вода-воздух» и «рассол-воздух»; ГОСТ 34346.2-2017 (ISO 13256-2:1998) Тепловые насосы с водой в качестве источника тепла. Испытания и оценка рабочих характеристик. Часть 2. Тепловые насосы «вода-вода» и «рассол-вода»; ГОСТ 32970-2014 (ISO 5151:2010) Кондиционеры и тепловые насосы без воздухопроводов. Испытания и оценка рабочих характеристик; ГОСТ 33662.1-2015 Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Определения, классификация и критерии выбора; ГОСТ 33662.2-2015 Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация; ГОСТ 33662.4-2015 Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление; ГОСТ EN 378-1-2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора; ГОСТ EN 378-2-2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация; ГОСТ EN 378-3-2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 3. Размещение оборудование и защита персонала; ГОСТ EN 378-3-2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление; ГОСТ ISO 14903-2016 Системы холодильные и тепловые насосы. Оценка герметичности компонентов и соединений; ГОСТ Р 54539-2011 Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости и тепловые насосы с компрессорами с электроприводом для обогрева и охлаждения помещений. Методы испытаний функциональных характеристик; ГОСТ Р 54865-2011 «Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с тепловыми насосами».

8.5. Использование отходов строительных материалов

В 2018 г. в Европейском Союзе было произведено примерно 2,5 млрд т отходов, из которых 924 млн т – строительный мусор. С 2004 г., когда в действие вступили унифицированные форматы сбора статистики, доля рециклинга устойчиво повышалась и по состоянию на последнюю отчетную дату составляла 43%. В Европе лидерами по переработке строительного мусора являются Великобритания, Дания, Нидерланды и Швеция; в остальном мире – Япония, США и Китай. В США объемы строительных отходов в 2017 г. составили 569 млн т, из которых 90% были образованы при сносе зданий. В Великобритании объем строительных отходов в 2016 г. составил 66,2 млн т, из которых утилизировано 91%. В России объемы строительных отходов в 2018 г. составили 36 млн т (рост в 3 с лишним раза относительно уровня 2010 г.), что существенно ниже, чем в других крупных странах, и может объясняться особенностями статистического учета. Сведения о технологических затратах на переработку строительных отходов компаниями не приводятся.

Оценок доли рециклинга в общем объеме строительных отходов на отдаленную перспективу (2030-2050 гг.) нет. По ЕС эта доля, согласно Рамочной конвенции по отходам, должна составлять не менее 70% в 2020 г. В Великобритании, где эта доля уже очень высока, она может стабилизироваться или немного вырасти. Доля рециклинга в России, по имеющимся оценкам, не превышает 10% (см. табл. 8.13). В Китае эта доля равна 5%.⁶⁵⁸

Таблица 8.13. Сравнение метрик по использованию отходов строительных материалов

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Другие страны	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Рыночная ниша	доля рециклинга, %	91		5 ¹	10 ¹	26 ²	91 ³
	объемы рециклинга, млн т	54,2		1,8	3,6	2,2 ⁴	66,0 ⁵
Разница в ценах на бетонный щебень (фракция 40-100)	раз			2,6*	3,8*		2,1 ⁶
Стоимость размещения строительных отходов	долл. США/т			30*	40*	30 ⁷	250 ⁷

* - московский регион.

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-razvitiya-industrii-retsiklinga-stroitelnyh-materialov-v-rossiyskoy-federatsii/viewer/>. Данные по России.

2. <https://www.goodnewsfinland.com/ru/feature/effektivizatsiya-pererabotki-stroitelnyh-othodov/>. Данные по Финляндии.

3. <https://maistro.ru/articles/building-materials-and-technologies/recikling-stroitelnyh-materialov>. Данные по Швеции, Дании и Нидерландам.

4. <https://www.goodnewsfinland.com/ru/feature/effektivizatsiya-pererabotki-stroitelnyh-othodov/>. Данные по Финляндии.

5. https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_Germany_Factsheet_Final.pdf. Данные по Германии.

6. Integrated Design and Cost Management for Civil Engineers, p. 222.

7. A Comprehensive Construction and Demolition Waste Management Model using PESTEL and 3R for Construction Companies Operating in Central Asia, MDPI, p.2. 30-70 долл. США за тонну – для стран с низким и средним уровнем дохода; 80-250 долл. США за тонну – для стран с высоким уровнем дохода.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

⁶⁵⁸ Huang B., X.Wang, H. Kua, Y.Geng, R. Bleischwitz, J. Ren. Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. Resources, Conservation and Recycling. Volume 129, February 2018, Pages 36-44.

Сравнение цен на первичное и вторичное сырье по бетонному щебню показывает существенную разницу: 62-74% в пределах московского региона; затраты на хранение 1 т отходов на том же рынке – 30-40 долл. США, что существенно ниже значений для большинства развитых стран.

Толчком в развитии отрасли переработки отходов в европейских странах послужила организация комплексной политики, воплощенной в ряде специальных директив, направленных на планомерное, сжатое по срокам ограничение на захоронение строительных отходов. Директивы ЕС определяют приоритеты в сфере обращения с отходами, причем главный акцент делается на организации предотвращения образования отходов; далее выделяются следующие приоритеты в порядке значимости: подготовка отходов к вторичному использованию, рециклинг, энергетическая утилизация и захоронение отходов.

Достижение уровня развития отрасли переработки строительных материалов невозможно без мер государственной поддержки. Так, размер экологических платежей за складирование отходов в Германии доходит до 120 евро/т, в Италии – до 90 евро/т, в Финляндии – до 60 евро/т. В Японии, где высокая плотность населения, ограниченность территориальных ресурсов и большие объемы отходов, для решения данной проблемы на государственном уровне были внедрены механизмы, обеспечивающие реализацию концепции «Ноль отходов» – ZeroWaste, предусматривающей минимизацию количества мусора, не подлежащего дальнейшей утилизации и обезвреживанию. В Российской Федерации на сегодняшний день действуют меры государственной поддержки, но они распространяются на сектор промышленных и твердых коммунальных отходов, не охватывая рынок строительного мусора. Более подробно результаты исследований по технологии «использование отходов строительных материалов» для Великобритании, Российской Федерации и других стран представлены в табл. 8.14 и 8.15.

Таблица 8.14 Описание полученных результатов по технологии «использование отходов строительных материалов» для Российской Федерации

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>Переработке железобетонного и бетонного строительного лома начало уделяться внимание еще в конце 1970-х годов. В это время стали проводиться научные исследования и опытно-конструкторские работы, направленные на получение качественных строительных материалов, были запущены линии по производству бетонного щебня разных фракций, отсева и песка. Впоследствии эта деятельность приостановилась, в результате чего страна существенно отстала в развитии по этому направлению и в настоящее время вынуждена использовать зарубежное оборудование для многих технологических процессов.</p> <p>Количество образованных строительных отходов в России, по данным Росстата, в 2018 г. составило 36 млн т (см. табл. 8.16) – рост более чем в 3 раза с 2010 г. Доля строительства в общем объеме образованных отходов – 0,5%, а большую часть отходов (93%) составляют отходы добывающей промышленности. Российская статистика не выделяет в отдельную категорию данные по переработке строительных отходов. По некоторым оценкам,⁶⁵⁹ доля рециклинга может составлять до 10% от общего объема, что соответствует 3,6 млн тонн в 2018 г. Это заметно меньше показателей развитых государств, в где значение может достигать 90% (Швеция, Дания, Нидерланды).</p>

⁶⁵⁹ <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-razvitiya-industrii-retsiklinga-stroitelnyh-materialov-v-rossiyskoy-federatsii/viewer>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>В основном переработке подвергаются бетон, железобетон и кирпич, что объясняется доступностью необходимого оборудования и относительной простотой производственных процессов. Невысокая доля рециклинга строительного мусора во многом объясняется отсутствием достаточного количества перерабатывающих мощностей, высокой стоимостью импортного оборудования, низкой степенью предварительной сортировки и рядом других факторов. По имеющимся оценкам, доля переработки строительных отходов в Российской Федерации может достигать до 80%.⁶⁶⁰</p>
Рыночные перспективы	<p>Количественные ориентиры на отдаленную перспективу (2030-2050 гг.) применительно к объемам переработки строительных отходов ни в Российской Федерации, ни за рубежом не установлены.</p> <p>Переработка строительного мусора имеет ряд преимуществ, среди которых:</p> <ul style="list-style-type: none"> • возможность выполнения большинства операций непосредственно на демонтируемом объекте, в результате чего исчезает необходимость в перевозке, хранении и погрузочно-разгрузочных работах; • возможность реализации переработанного материала с привлечением транспорта покупателя (самовывоз); • в случае если на месте демонтированного объекта предполагается возведение нового, большая часть продуктов рециклинга может быть использована на нем (например, щебень, арматура); • переработка и вторичное использование благотворно влияют на состояние окружающей среды. <p>Эти преимущества вкупе с ожидаемым ростом цен на первичные материалы, развитием собственного производства перерабатывающего оборудования и при поддержке со стороны государства должны положительно сказаться в перспективе на объемах и доле рециклинга строительных отходов.</p>
Технологические затраты	<p>Вторичные материалы заметно дешевле, что позволяет сократить стоимость возведения новых объектов. Затраты, связанные с их производством, зависят от региона, стоимости транспортировки, компонентного состава отходов, сложности технологического процесса и ряда других факторов. Российские переработчики не публикуют данных об уровне технологических затрат, направляемых на переработку тех или иных строительных материалов. Для бетонного щебня (фракция 40-100) цена продукта, полученного в результате рециклинга, на московском рынке на 62-74% ниже. Для сравнения: в США себестоимость щебня из бетонных отходов меньше на 25%.⁶⁶¹ По мере большего проникновения новых технологий переработки строительных отходов в перспективе можно ожидать снижения расходов (в сопоставимых величинах) на производство вторичной продукции.</p>
Другие ключевые технологические характеристики	<p>Выделяют 3 категории строительных отходов: 1-я категория – мусор, как правило, образованный в начале строительства (тяжелые крупногабаритные отходы, возникающие при сносе здания); 2-я категория – мусор, возникающий во время строительства (упаковка стройматериалов); 3 категория – мусор, образованный при выполнении отделочных работ.</p> <p>Перерабатывать можно большую часть строительных отходов из этих категорий. Перечень определяется Федеральным классификационным каталогом отходов, утвержденным Приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445. В него входят бетон и железобетон, стекло, битумсодержащие материалы, кирпич, керамзитобетон, древесина, лом черных металлов,</p>

⁶⁶⁰ <https://reterra.ru/dismantling/utilizatsiya/>.

⁶⁶¹ <http://www.ids55.ru/ais/articles/2010-05-28-02-30-15/806-2012-08-10-09-38-19.html>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>металлическая тара, рубероид, линолеум, керамическая плитка и др.</p> <p>Среди причин, препятствующих рециклингу строительных отходов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • отсутствие непрерывности процесса их накопления, что затрудняет рациональное использование перерабатывающих установок; • неоднородность строительных материалов, возникающая при сумбурном (без разборки здания и сортировки) сносе зданий, зачастую делающая рециклинг невозможным; • отсутствие согласованных технических условий на поступающие на рециклинг ОСС; • получение в результате рециклинга вторичных строительных материалов более низкого качества, чем первичные строительные ресурсы; • отсутствие исследований на совместимость вторичных строительных материалов, получаемых в результате рециклинга, с окружающей средой. <p>Решение вышеобозначенных проблем будет способствовать развитию индустрии переработки строительных отходов.</p>
<p>Инфраструктурное окружение</p>	<p>Строительные отходы разнообразны, и для их переработки требуется специализированное оборудование. Некоторые технологические процессы по причине их относительной простоты и дешевизны в Российской Федерации хорошо отлажены (например, рециклинг кирпича, асфальта, бетона и железобетона). Для них выпускается отечественное оборудование; функционируют компании, занимающиеся его установкой и пуско-наладочными работами; они же осуществляют сервисное обслуживание. На рынке этой продукции присутствует заметное количество организаций, в результате чего развита конкуренция, и цены относительно первичного сырья значительно ниже. Особенно это заметно на территориях, где ведется интенсивное строительство.</p> <p>В то же время есть технологические процессы (например, переработка битума, линолеума, керамики), которые мало распространены. Отчасти это связано с высокими первоначальными затратами, отсутствием отечественного оборудования и небольшим числом компаний. Количество предприятий, занимающихся переработкой отходов с получением вторсырья, – чуть более 211 (по состоянию на начало 2018 г.).⁶⁶² Среди таких компаний: «САТОРИ», ПК «Рецикл», «Разрушим.ру», «ЭкоТехпромЮг», ООО «Спецпереработчик» и др.</p> <p>Стоимость размещения строительных отходов на полигонах в Российской Федерации невысокая (для Московского региона она варьирует в пределах 30-40 долл./т) в сравнении с развитыми странами, где она может достигать до 250 долл./т.⁶⁶³ Однако складировать строительные отходы на полигонах становится все сложнее из-за ограниченности их мощностей.</p>

⁶⁶² Рынок утилизации отходов. Научно-исследовательский университет Высшая школа экономики, стр. 19.

⁶⁶³ A Comprehensive Construction and Demolition Waste Management Model using PESTEL and 3R for Construction Companies Operating in Central Asia, MDPI, стр. 2.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Экологическое, социальное и экономическое влияние	<p>Сокращение строительных отходов и их вторичное использование позволяет снизить:</p> <ul style="list-style-type: none"> • объёмы отходов, подлежащих захоронению; • объёмы природных и энергетических сырьевых ресурсов, необходимых для их производства; • потребности в топливе на производство и транспортировку строительных материалов от отдаленных сырьевых источников, а также на транспортировку на полигоны захоронения.
Политический климат	<p>В России действует ряд нормативных документов в сфере обращения и переработки строительных отходов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»; • Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.; • Государственная программа Российской Федерации «Охрана окружающей среды на 2011-2020 гг.»; • Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года; • Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года; • ГОСТ Р 57678-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов; • Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.07.2017 № 1589-р; • ведомственные строительные нормы ВСН 39-83(Р) «Инструкция по повторному использованию изделий, оборудования и материалов в жилищно-коммунальном хозяйстве». <p>На региональном уровне часть субъектов также принимали нормативно-правовые акты. Так, было принято Постановление правительства г. Москвы от 25 июня 2002 г. № 469-ПП «О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москве». В нем прописано, как и в какой форме вести отчетную документацию, каким образом должны осуществляться сбор и временное хранение строительного мусора, перевозка, захоронение, переработка и дальнейшее использование отходов, а также ответственность за нарушение правил.</p> <p>Зарубежный опыт показывает, что правительства развитых стран стимулируют индустрию переработки строительного мусора. В этой связи они используют как запретительные (запрет на хранение определенных видов строительных отходов), так и стимулирующие меры (установление высокой цены за утилизацию, в результате чего переработка становится экономически более выгодной). Существующие в России запреты не распространяются на строительный мусор, что вкупе с низкими тарифами на утилизацию не способствует развитию отрасли рециклинга по этому направлению.</p>

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политическая ситуация	<p>Компании, занимающиеся переработкой строительного мусора, не объединены в какие-либо ассоциации (союзы). Соответственно, возможности для лоббирования интересов в этой сфере ограничены. Есть отдельные примеры территориальных объединений – например, Региональный союз переработчиков Калининградской области, который ставит себе целью улучшение экологической обстановки путем консолидации предприятий, занятых в сфере обращения с отходами.</p> <p>Можно констатировать, что на федеральном уровне нет явно выраженной политики в отношении использования отходов строительных материалов. Принятые стратегические документы и нормативно-правовые акты делают акцент на промышленных и коммунальных отходах. Соответственно, и меры государственной поддержки (гарантии по кредитам, льготные займы и т.п.), проводимые реформы и запланированные мероприятия распространяются только на них. Сбор статистической информации по отходам осуществляется по форме № 2-тп (отходы) «Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления». Данная форма не выделяет строительные отходы в отдельную категорию, что делает официальные оценки менее точными.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Таблица 8.15 Описание полученных результатов по технологии «использование отходов строительных материалов» для Великобритании

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	<p>В 2010 г. в Великобритании образовалось 59,2 млн т строительного мусора⁶⁶⁴ (причем большая часть – 53,6 млн т в одной лишь Англии). 89,7% этих отходов было повторно использовано, переработано или восстановлено⁶⁶⁵ (в Англии – 92,2%). В 2016 г.⁶⁶⁶ в Великобритании образовалось 66,2 млн т строительного мусора (в т.ч. 59,6 млн т в одной лишь Англии), и 91% этих отходов было переработано (92,1% в Англии).⁶⁶⁷ Средняя величина по ЕС28 составляет 89%.⁶⁶⁸</p>
Рыночные перспективы	<p>Доля восстановленного, переработанного и вторично использованного строительного мусора в Великобритании, вероятно, останется относительно стабильной, поскольку уже довольно значительна, или со временем будет медленно увеличиваться по причине появления новых инициатив, которые, в числе прочего, направлены на содействие повышению эффективности использования материалов в строительстве (см. ниже).</p>

⁶⁶⁴ ЕС считает строительным мусором бетон, кирпич, керамическую плитку, керамику, дерево, стекло, пластик, битуминозные смеси, гудрон, металлы (включая сплавы), грунт, изоляционные материалы, асбестосодержащие материалы, стройматериалы на основе гипса, прочие отходы строительства и сноса зданий.

⁶⁶⁵ Рамочная Директива ЕС 2008 г. по обращению с отходами определяет «вторичное использование» как любую операцию, в результате которой продукты или компоненты, не являющиеся отходами, вторично используются для той же цели, для которой были произведены; переработку – как «любую операцию переработки, при которой отходы перерабатываются в продукты, материалы или вещества либо для изначальной, либо для других целей»; а восстановление – как «любую операцию, в результате которой отходы служат полезной цели, заменяя другие материалы, которые в противном случае использовались бы для выполнения какой-либо функции, либо отходы подготавливаются для выполнения этой функции, на предприятии или в целом в экономике».

⁶⁶⁶ Это последние доступные статистические данные.

⁶⁶⁷ DEFRA (2019). *UK statistics on waste data – February 2019*, Department for Environment, Food & Rural Affairs, London.

⁶⁶⁸ Eurostat Table: CEI_WM040.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	Способы повышения доли вторичного использования, переработки и восстановления строительного мусора включают целый ряд методов и процессов, затраты (и выгоды) от которых могут значительно варьировать. Однако применение этих методов и процессов в большинстве случаев генерирует чистую экономию в результате отсутствия необходимости приобретать излишнее сырье и нести затраты на утилизацию мусора (в т.ч. затраты в связи с политикой, описанной ниже), а также получения дополнительного дохода от переработки материалов, которые в противном случае были бы просто утилизированы. ⁶⁶⁹
Другие ключевые технологические характеристики	<i>См. раздел «Инфраструктурное окружение»</i>
Инфраструктурное окружение	В Великобритании нет данных об инфраструктуре для повторного использования и рециклирования отходов от строительства и сноса зданий. Однако в 2015 г. работало 27 установок вторичного использования энергии общей мощностью около 3 тыс. т/год и 3542 неэнергетического использования материалов (включая засыпку фундаментов строительным мусором для замены других материалов). ⁶⁷⁰
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Сокращение объемов строительного мусора, отправляемого на свалки, снижает потребность в этих свалках, а повышение доли вторично используемого и перерабатываемого мусора (в особенности) снижает потребность в первичных материалах, выделяет природные материалы для производства промежуточных продуктов (например, стали) и таким образом снижает различные экологические последствия от их производства. Как сказано выше, экономические аспекты переработки строительного мусора в большинстве случаев положительные.
Политический климат	<p>Ниже изложены основные элементы политики Великобритании, оказывающие воздействие на производство и последующее обращение с отходами строительства и сноса зданий:</p> <p>Рамочная Директива по обращению с отходами. Рамочная Директива ЕС 2008 г. по обращению с отходами установила требование ко всем странам-членам «предпринимать необходимые меры для подготовки к 2020 г. к вторичному использованию, переработке и восстановлению материалов неопасных отходов строительства и сноса зданий не менее 70% по весу». Нижеперечисленные инструменты в Великобритании призваны внести вклад в достижение этой цели (которая, как было сказано выше, уже в достаточной мере достигнута досрочно).</p> <p>Законодательство о «долге обслуживания». С 1991 г. «владельцы отходов» (то есть все, кто импортирует, производит, перевозит, хранит, перерабатывает или утилизирует контролируемые отходы, включая строительный мусор) имеют «долг обслуживания», в рамках которого они должны предотвращать несанкционированное или вредное складирование, обращение и утилизацию отходов. Владельцы отходов должны также определять, можно ли избежать,</p>

⁶⁶⁹ Oyenuga, A.A. and Bhamidimarri, R. (2015). Economic Viability of Construction and Demolition Waste Management in terms of Cost Savings – A Case of UK Construction Industry, *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 4(43), 16-23.

⁶⁷⁰ Bio et al. (2016). *Construction and Demolition Waste management in United Kingdom* [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_UK_Factsheet_Final.pdf [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>вторично использовать, переработать или восстановить отходы, прежде чем рассматривать вопрос о захоронении на свалках.⁶⁷¹</p> <p>Налог на свалки. Введен в 1996 г. в целях поощрения устойчивого управления отходами через надлежащее ценообразование на размещение отходов на свалках. Изначально ставка налога была £7/тонну «активных» (т.е. органических или биоразлагаемых) отходов и £2/тонну «неактивных» (или небiorазлагаемых) отходов. С 1 апреля 2019 г. ставка была повышена до £91,35/тонну и £2,90/тонну соответственно.⁶⁷² Несмотря на устойчиво низкую ставку для инертных отходов налог на свалки – эффективный механизм стимулирования вторичного использования, переработки и восстановления строительного мусора.⁶⁷³</p> <p>Налог на нерудные строительные материалы. Объявленный в 2000 г., но введенный в 2002 г. в целях сокращения негативных воздействий карьерной добычи и повышения доли переработки строительных материалов путем снижения уровней добычи первичных материалов, этот налог (изначально установленный в размере £1,60/тонну) применяется к песку, гравии и камню, которые либо извлекаются из земли или со дна океана, либо импортируются (хотя существуют определенные исключения, в т.ч. глина, а также конечные пользователи, например, сельское хозяйство и промышленные процессы). В 2008 г. ставка налога была увеличена до £1,95/тонну, а в 2009 – до £2/тонну.⁶⁷⁴ Есть свидетельства того, что налог особенно эффективен в отношении снижения спроса на низкокачественную дробленую породу и некоторого повышения спроса на переработанные нерудные материалы (в частности, наряду с налогом на свалки).⁶⁷⁵</p> <p>Еще целый ряд политических инициатив нацелен на стимулирование повышения доли вторично используемого, перерабатываемого и восстанавливаемого строительного мусора в Великобритании, в т.ч.: (1) Сделка в строительстве, опубликованная в июле 2019 г., которая создает амбициозное партнерство правительства и промышленности в целях повышения производительности строительного сектора через инновационные технологии и использование более высококвалифицированной рабочей силы.⁶⁷⁶ В рамках этого партнерства «Строительная миссия» с ее важнейшей целью уменьшить, по крайней мере, наполовину потребление энергии в новых зданиях к 2030 г. поможет</p>

⁶⁷¹ DEFRA (2018). *Waste duty of care: code of practice*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/waste-duty-of-care-code-of-practice/waste-duty-of-care-code-of-practice> [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁷² HMRC (2018). *Landfill Tax rates*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/rates-and-allowances-landfill-tax/landfill-tax-rates-from-1-april-2013> [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁷³ Martin & Scott (2003). The Effectiveness of the UK Landfill Tax, *Journal of Environmental Planning and Management*, 46 (5), 673-689.

⁶⁷⁴ Ettliger, S. (2017). *Aggregates Levy in the United Kingdom*, [Online] Доступно по ссылке: <https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/5337d500-9960-473f-8a90-3c59c5c81917/UK%20Aggregates%20Levy%20final.pdf?v=63680923242> [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁷⁵ Söderholm, P. (2011). Taxing virgin natural resources: Lessons from aggregates taxation in Europe, *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 911-922.

⁶⁷⁶ BEIS (2019) *Construction Sector Deal*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/construction-sector-deal> [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>разработать и распространить новые технологии и методы минимизации отходов в строительстве;⁶⁷⁷ (2) внедрение руководств «лучшей практики», опубликованных независимыми органами (такими как Институт гражданского строительства), в местные практики планирования; и (3) добровольные руководства на уровне ЕС, такие как Протокол ЕС по управлению отходами при строительстве и сносе зданий⁶⁷⁸ и Руководство ЕС по аудитам до сноса зданий.⁶⁷⁹</p> <p>Множество разных других политических инициатив сыграли свою роль по содействию повышению доли вторичного использования, переработки и восстановления строительного мусора, но были прекращены. К ним относятся: (1) Планы обращения с отходами на местах, которые действовали с 2008 по 2013 год и требовали от всех клиентов (кроме жилищного сектора) и главных подрядчиков любых строительных проектов оценочной стоимостью £300 тыс. и более разработать план эффективного управления материалами и утилизации отходов, включая раздел о том, как будет максимизировано вторичное использование и переработка материалов. Этому требованию ставят в заслугу фундаментальный сдвиг в представлениях об отходах и обращении с ними в строительном секторе.⁶⁸⁰ (2) План действий по обращению с отходами и ресурсами (WRAP)⁶⁸¹ «Сокращение вдвое отходов для выполнения обязательств по свалкам», запущенный в 2008 г. для дальнейшего содействия строительной отрасли в достижении совместной стратегической цели правительства и строительного сектора «Стратегия для устойчивого строительства», которая заключается в сокращении на 50% объема отходов при строительстве и сносе зданий и добыче ресурсов к 2012 г. в Англии (по сравнению с базовым уровнем 2008 года. 602 подписавшие Стратегию стороны за период с 2008 по 2009 годы добились снижения объема отходов, вывозимых на свалки, на 28%.⁶⁸²</p>

⁶⁷⁷ BEIS (2019) *Policy Paper: Construction Sector Deal*, [Online] Доступно по ссылке:

<https://www.gov.uk/government/publications/construction-sector-deal/construction-sector-deal> [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁷⁸ Был утвержден для «помощи практикам, общественным органам, сертифицирующим органам и клиентам должным образом оперировать с этим потоком отходов. Он должен способствовать повышению эффективности использования ресурсов путем управления отходами при строительстве и сносе зданий в соответствии с иерархией отходов (приоритет отдается предотвращению и вторичному использованию отходов над переработкой и восстановлением). Протокол должен повысить осведомленность о юридических требованиях, а также о современных способах. (Источник: ЕС (2020) *Construction and Demolition Waste (CDW)*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁷⁹ «Оценка сооружений до сноса или реновации очень важна для определения заранее ценных материалов, с одной стороны, и опасных веществ, с другой. Это позволяет надлежащим образом планировать и безопасно и эффективно осуществлять реновационные работы или снос, обеспечивать безопасность и охрану здоровья работников и эффективную реализацию разных разделов CDW». (Источник: ЕС (2020) *Construction and Demolition Waste (CDW)*, [Online] Доступно по ссылке: https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁸⁰ Adjei, S. and Ankrah, N. (2013). *Review of Construction and Demolition Waste Management Legislation in the UK*, Paper delivered at 2013 RICS Conference.

⁶⁸¹ Утвержден Правительством Великобритании в 2000 г. для содействия устойчивому обращению с отходами и стал зарегистрированной благотворительной организацией в 2014 г. (Источник: WRAP (2020) *Our history*, [Online] Доступно по ссылке: <https://www.wrap.org.uk/about-us/our-history> [Дата обращения: 12 февраля 2020 г.].

⁶⁸² WRAP (2011). *The Construction Commitments: Halving Waste to Landfill – Signatory Report 2011*, Waste and Resources Action Programme, Banbury.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политическая ситуация	Общественная и политическая значимость обращения с отходами при строительстве и сносе зданий в Великобритании невысока. Хотя требование наличия Планов обращения с отходами на местах было отменено в 2013 г. в рамках правительственной «борьбы с бюрократией» (в 2011 г. было решено «сократить ненужные требования»), многие компании в строительной отрасли были несогласны с этим и продолжали составлять планы даже когда были уже не обязаны это делать. Это предполагает, что отрасль видит выгоду в высоких уровнях вторичного использования, переработки и восстановления мусора и поддерживает соответствующую экологическую политику. ⁶⁸³

Источник: University College London.

⁶⁸³ HM Government (2016). *Cutting Red Tape: Review of the waste and recycling sector*, HM Government, London.

9 МЕЖСЕКТОРНЫЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ВОДОРОД

В 2018 г. в мире использовано около 70 млн т водорода, в основном на нужды нефтепереработки и химии (производство аммиака и метанола).⁶⁸⁴ Есть также оценка 75 млн т на 2019 г.⁶⁸⁵ Основная часть водорода производится по технологии паровой конверсии (риформинга) метана (76%) и угля (23%) и только 1% - на основе электролиза. Побочным продуктом этого процесса являются 830 млн тСО₂ в год, и без его утилизации сокращение углеродного следа в этом процессе недостижимо. Декарбонизация может быть реализована за счет использования «зеленого» водорода, произведенного при электролизе воды с использованием электроэнергии от ВИЭ. Пока на электрических установках производится лишь 100 тыс. т водорода (0,1%). В 2018 г. было введено 20 МВт мощностей электролизеров, в процессе строительства находится еще около 100 МВт. Все новые проекты CCS в Европе имеют установки по производству водорода. Продажи автомобилей на топливных элементах составили почти 10 тыс., число заправочных станций – 369, стоимость системы с топливными элементами в 2000-2018 гг. упала на 80-95% до 49 долл./кВт против 30 долл./кВт для двигателя внутреннего сгорания. Выход этих технологий на параметры экономической зрелости ожидается в 20-х годах.⁶⁸⁶

По мере того как будут решаться проблемы экономической эффективности, развития инфраструктуры и обеспечения безопасности, к 2050 г. производство и использование водорода может вырасти до 200-545 млн т (рис. 9.1), что позволит снизить выбросы ПГ на 6 Гт СО_{2экв}, покрыть 18% потребностей в конечной энергии, использовать 250-300 млрд кВт-ч избыточной в часы пик электроэнергии СЭС и ВЭС для ее преобразования в водород, дать работу 30 млн чел. и к середине века сформировать водородный рынок емкостью 2,5 трлн долл.⁶⁸⁷ Возможная рыночная ниша России на этом рынке – 10%. Она может быть заполнена крупными поставщиками водорода, метановодородной смеси и аммиака как на внутренний, так и на мировой рынки: ПАО «Газпром», ГК «Росатом», ПАО «Новатэк», «Русгидро» и др. На рис. 9.1 видно, что основной скачок на рынке водорода ожидается после 2040 г. К 2040 г. Программа развития водородной энергетики в РФ⁶⁸⁸ оценивает мировой рынок водородного топлива более скромно – 32-164 млрд долл.

Энтузиасты отрасли ожидают, что в 2050 г. водород станет «новой нефтью»⁶⁸⁹ и будет приводить в действие более 400 млн легковых автомобилей,⁶⁹⁰ 15-20 млн грузовиков и 5 млн автобусов, покрывать 10% потребности зданий в тепле, а также часть потребности в высокотемпературном тепле, использоваться для производства 10% стали и в растущих объемах – как сырье при производстве аммиака, метанола и этанола.⁶⁹¹ В 2018 г. проект

⁶⁸⁴ IEA. Tracking Clean Energy Progress. Assessing critical energy technologies for global clean energy transitions. <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration/hydrogen#abstract>.

⁶⁸⁵ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Водород>.

⁶⁸⁶ Jordbakke G.N., A.H. Amundsen, I. Sundvor, E. Figenbaum, I. BeatHovi. Technological maturity level and market introduction timeline of zero-emission heavy-duty vehicles. Report nr: 1655/2018.

⁶⁸⁷ Hydrogen scaling up. Hydrogen Council. 2017. <https://hydrogencouncil.com/en/study-hydrogen-scaling-up/>.

⁶⁸⁸ Программы развития водородной энергетики в РФ (проект), Минэнерго РФ, 2019.

⁶⁸⁹ Laperceq, T., 2019: *Hydrogène, le nouveau pétrole*. Le Cherche-Midi, Ed. 192 pp.

⁶⁹⁰ Ожидается, что они будут равноэкономичны с обычными автомобилями в 2030-2040 гг. Для ЕС прогнозируется, что доля автомобилей на ТЭ в парке в 2050 г. может составить 5-7%. Siscos P., G. Zazias, A. Perropoulos, S. Evangelopoulou, P. Capros. Implications of delaying transport decarbonization in the EU: A system analysis using the PRIMES model. Energy Policy. 121 (2018) 48-60. Оценка МЭА на 2030 г. – 2,5 млн <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration/hydrogen>.

⁶⁹¹ Hydrogen scaling up. Hydrogen Council. 2017. <https://hydrogencouncil.com/en/study-hydrogen-scaling-up/>; Пономарев-Степной Н.Н. Перспективы атомно-водородной энергетики. СОВЕТ ПО ПРИОРИТЕТНОМУ

GRHYD во Франции начал подмешивать 6% водорода в газовые сети и будет испытывать возможности повышения доли водорода до 20%.⁶⁹²

Водород может стать сырьем для запуска процесса рециклирования углерода и производства синтетических топлив с использованием захваченного углерода. Саудовская Аравия в 2020 г. на встрече G20 предложит внимательно рассмотреть возможность рециклирования углерода.⁶⁹³ Водород может использоваться в качестве альтернативы существующим видам ископаемого топлива (синтетический метан, синтетическое жидкое топливо, аммиак и метанол), на транспорте, в отоплении зданий, производстве стали, он может использоваться в чистом виде или превращаться в топливо на основе водорода. Помимо гидролиза существует технология пиролиза природного газа (расщепление метана), в которой непосредственно образуются дигидроген и твердый углерод. Эта технология требует существенно меньшего расхода электроэнергии, чем электролиз, и в настоящее время разрабатывается в России (Газпром), Германии (BASF), Нидерландах (TNO) и США (Monolith Materials). В черной металлургии переход на электрифицированный технологический маршрут (прямое восстановление железа – электродуговая печь) потенциально позволяет заменить «зеленым» водородом синтез-газ и снизить выбросы CO₂ (нынешние выбросы от черной металлургии равны 3,4 Гт CO_{2экв} в год).

В Великобритании, США, Японии и некоторых европейских странах энергоустановки с водородными элементами уже применяются для электро- и теплоснабжения зданий. В Японии принята госпрограмма создания бытовых автономных водородных станций. На рынке уже есть несколько серийных моделей легковых автомобилей на водородных топливных ячейках: Hyundai ix35 Fuel Cell, Toyota Mirai и Honda Clarity. EDF в 2019 г. заявил, что начнет выработку водорода на 16 АЭС в Европе. В 2018-2019 гг. стратегии по развитию водорода приняли Великобритания, Австралия, Южная Корея, Германия, ряд штатов в США. США в рамках программы US DOE Hydrogen and Fuel Cells Program выделяет до 120 млн долл. В России ожидается принятие стратегии в 2020 г.

Стоимость получения «зеленого» водорода пока заметно выше, чем «серого» («черного») или «голубого» (рис. 9.2). По оценкам МЭА, себестоимость производства водорода из природного газа равна 1,3-3,5 долл./кг, а полученного с помощью ВИЭ – 2,6-23,3 долл./кг. Поэтому значительная часть проектов по строительству электролизерных установок осуществлялась при поддержке государства. Важным фактором снижения удельных затрат может стать экономия на масштабах производства. Мощность самого крупного реализованного в 2018 г. проекта составила 10 МВт. Этого еще недостаточно для снижения затрат. Объявлены более крупные проекты мощностью до 100 МВт. Другим фактором является снижение стоимости электроэнергии СЭС и ВЭС. МЭА ожидает к 2030 г. снижения расходов на производство водорода на 30%, Bloomberg NEF в исследовании New Energy Outlook 2019 прогнозирует, что к 2030 г. себестоимость производства водорода от ВЭС и СЭС может сократиться до 1,4, а к 2050 г. – до 0,8 долл./кг и будет дешевле «голубого» водорода.

На создание новой отрасли – водородной экономики – потребуется 20-25 млрд долл. ежегодных инвестиций, а кумулятивно до 2030 г. – 280 млрд долл., из которых около 40% (110 млрд долл.) пойдут на производство водорода, около трети (80 млрд долл.) – на хранение, транспорт и распределение.

НАПРАВЛЕНИЮ СТРАТЕГИИ НТР РФАО «Концерн Росэнергоатом». Москва, 25 октября 2018 года. https://www.eriras.ru/files/5_ponomarev-st_-prezentatsiyaa_25_10_18-.pdf.

⁶⁹² <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration/hydrogen>

⁶⁹³ Williams E. Achieving Climate Goals by Closing the Loop in a Circular Carbon Economy. KAPSARC. Instant Insight/ November 06, 2019.

Рисунок 9.1 Прогноз роста спроса на водород (эксаджоули, 1 ЕДж=7 млн т)

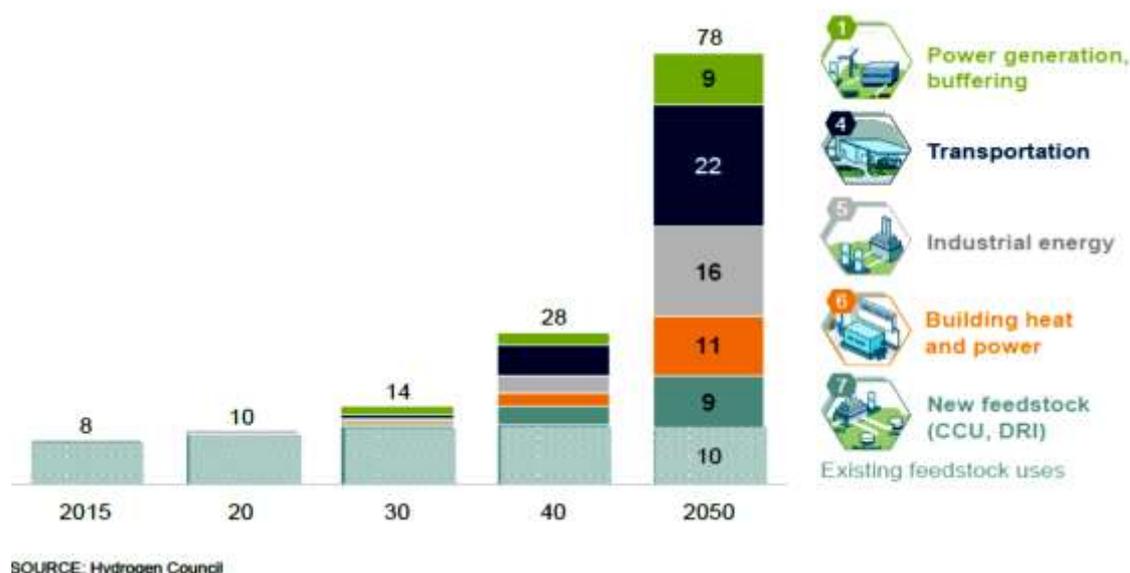
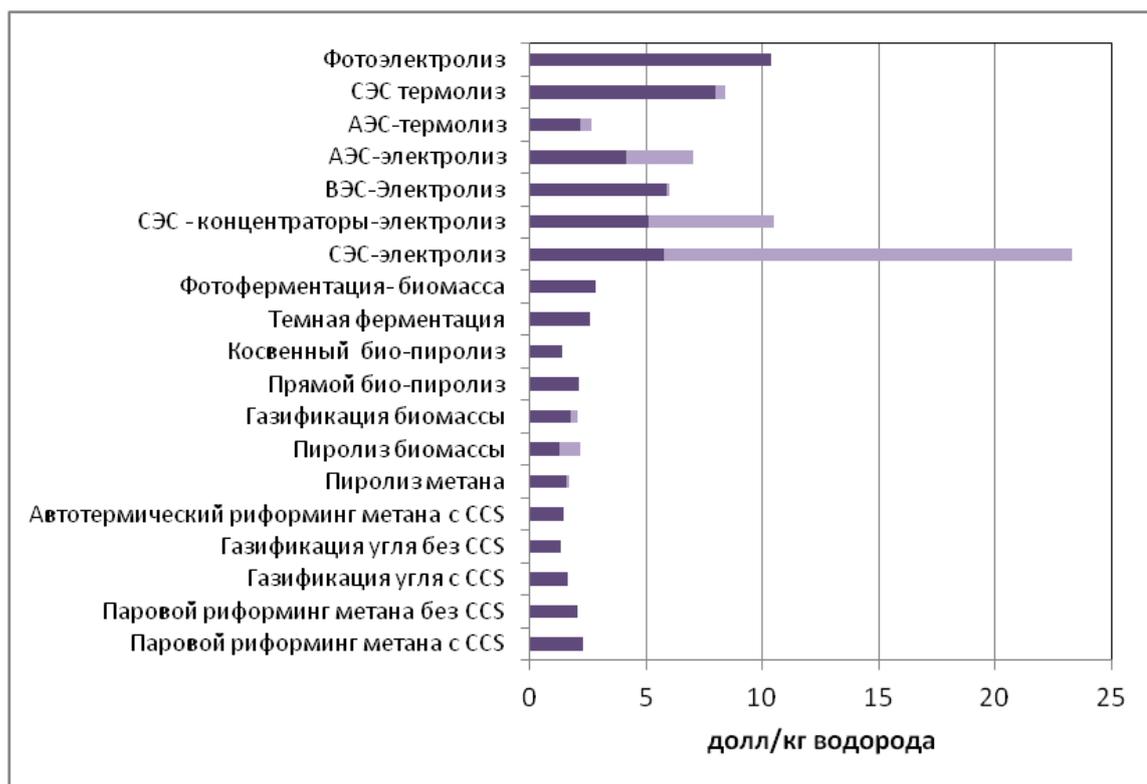


Рисунок 9.2 Сравнение стоимости производства водорода для разных технологий



Источник: Muhammet Kayfeci and Mutlucan Bayat, Electrochemical hydrogen generation. In: Solar Hydrogen Production: Processes, Systems and Technologies (1st Edition). Academic Press. August 2019. DOI: [10.1016/B978-0-12-814853-2.00009-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814853-2.00009-6). См. также <https://hdsam.es.anl.gov/index.php?content=publications>.

Уровень производства водорода сопоставим с Великобританией и другими странами, а вот уровень потребления водорода в России в жилом секторе и на транспорте по сравнению с Великобританией очень низкий (см. табл. 9.1).

Таблица 9.1 Сравнение метрик по производству и переработке водорода

Тип метрики	Показатели и ед. изм.	Великобритания		Россия		Мир	
		Низкий	Высокий	Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Объемы производства	2019, млн т	0,7		2,6		70-75	
Рыночные перспективы	2050 г. млн т	0,9	9	10	50	200	545 ⁶⁹⁴
	2050 г., отопление, млн зданий	11		-			
Технологические затраты	долл./кг			1,3	3	1,3-23,3	
Наличие программы развития водородной энергетики		Принята в 2018 г.		Ожидается в 2020 г.		В ряде стран приняты программы и дорожные карты*	

* Япония, Корея, Франция, Австралия, штат Калифорния и др.

Источники: ЦЭНЭФ-XXI; источники таблиц 9.2 и 9.3; Future Energy Scenarios 2019 Data Workbook <http://fes.nationalgrid.com/>.

Более подробно результаты анализа по технологии «производство и переработка водорода» для России и Великобритании представлены в табл. 9.2 и 9.3.

Таблица 9.2 Производство и использование водорода. Россия

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	В России в 2019 г. было произведено 1,95 млрд м ³ водорода, или 2,6 млн т. В основном он производится и используется в нефтепереработке, химической и нефтехимической промышленности ⁶⁹⁵ . Попытку коммерциализации использования топливных элементов (ТЭ) в 2005 г. предприняло ПАО «ГМК «Норильский никель», которое совместно с РАН учредило ООО «Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты». Однако в 2009 г. это предприятие было ликвидировано. ⁶⁹⁶ Примеров использования ТЭ на водороде для электро- и теплоснабжения зданий в России еще нет, но они начинают применяться на транспорте. В 2019 г. ГУП «Горэлектротранс» совместно с Центральным НИИ судовой электротехники и технологии (филиал ФГУП «Крыловский государственный научный центр») разработал первый российский трамвай на водороде с надписью на борту «H2», который вышел на линию в Санкт-Петербурге. ⁶⁹⁷ «Горэлектротранс», выпустивший пилотный трамвай, подтверждает, что энергоустановка может быть уменьшена в 10 раз, а вместимость салона увеличится. Водородному трамваю не нужны тяговые подстанции (100-150 млн руб. каждая), контактная и кабельная сети (14 и 21 млн руб./км соответственно). Разработчики обещают усовершенствовать водородный трамвай за 3-4 года. Также ГУП «Пассажиравтотранс» планирует обкатать автобус на водороде в Петербурге в конце 2020 года. ⁶⁹⁸ В 2019 г. на форуме «Открытые инновации» был представлен первый российский автомобиль с водородными ТЭ (475 Вт-ч/кг массой 42 кг) с синхронным тяговым электродвигателем 40-60 кВт массой 50 кг. В августе 2019 г.

⁶⁹⁴ Hydrogen scaling up. Hydrogen Council. 2017. <https://hydrogencouncil.com/en/study-hydrogen-scaling-up/>.

⁶⁹⁵ Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию. Отчет Центра энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019.

⁶⁹⁶ <https://regnum.ru/news/472265.html>.

⁶⁹⁷ <http://www.ngv.ru/magazines/article/vodorodnaya-energetika-mify-i-realnost/>.

⁶⁹⁸ <https://www.fontanka.ru/2020/02/03/096/>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	<p>на авиасалоне МАКС-2019 Центральный институт авиационного моторостроения им. Баранова представил малый самолет «Сигма-4» на водородной тяге. Водород в двигателе этого самолета не сжигается, а вступает в электрохимическую реакцию с кислородом, давая электроэнергию для вращения винта. Побочным элементом, выделяемым в воздух, становится водяной пар.⁶⁹⁹</p>
Рыночные перспективы	<p>Проект Энергетической стратегии РФ на перспективу до 2035 г. ставит задачу вхождения России в число мировых лидеров по производству и экспорту водорода. Целевая установка по экспорту – 2 млн т к 2035 г. Конкурентные преимущества России – наличие свободных производственных мощностей, близость к потенциальным потребителям (страны ЕС, КНР, Япония), а также наличие действующей инфраструктуры транспортировки.</p> <p>С 2019 г. Газпром⁷⁰⁰ реализует два инновационных проекта по получению метано-водородного топлива в качестве топливного газа для газоперекачивающих агрегатов на основе адиабатической конверсии метана, которая производит метановодородное топливо с содержанием водорода до 48%, в Самаре и Уфе. Часть природного газа в ГПА можно заменить на МВС. Однако улавливаемый в процессе CO₂ должен или утилизироваться, или захораниваться. Экономия газа может достигать 5%, снижение выбросов ПГ – 30%, а загрязняющих веществ: NO_x – в 4,5 раза, и CO – в 5 раз. Технология запатентована в России, Японии, Южной Корее, Китае, США. Следующий шаг – организация блочно-комплектного исполнения оборудования по производству метано-водородного топлива (его унификация) для серийного производства, а также тиражирование технологии на объектах «Газпрома». «Газпром» работает также над созданием полностью безуглеродных технологий производства водорода из природного газа путем разложения природного газа в неравновесной низкотемпературной плазме на водород и углерод. Эта технология – без выбросов диоксида углерода. Интеграция ВИЭ и низкотемпературной АКМ позволит снизить энергоемкость процесса получения водорода в 5 раз в сравнении с процессом электролиза воды. Интеграция технологий утилизации тепла отходящих газов с низкотемпературной АКМ позволит создать газотурбинную установку с высокими энергетическими и экологическими показателями.⁷⁰¹</p>
Технологические затраты	<p>По оценкам «Росэнергоатома», стоимость «зеленого» (электролизного) водорода прямо зависит от цены на электроэнергию: при цене 2 руб./кВт-ч 1 кг водорода стоит 200 руб. с последующим ростом примерно на 50 руб. на каждый рубль удорожания электроэнергии. «Голубой» водород стоит 80 руб./кг при цене газа 5 руб./м³ с последующим ростом на 4 руб./кг на каждый дополнительный руб./м³.</p> <p>Ожидается, что в России водородная энергетика сформируется к 2025-2035 гг., для чего потребуются инвестиции в размере 2,2-3,9 млрд долл. в год. Ожидаемый доход от продажи водорода – 1,7-3,1 млрд долл. в год. По данным ЗАО «ГидроИнжиниринг Сибирь», в 2019 г. стоимость системы производства водорода производительностью 3,9 тыс. т/год была равна 2 млрд руб. В 2018 г. АО «Концерн Росэнергоатом» (оператор российских АЭС) заключило контракт с АО «ОКБМ Африкантов» (входит в Машиностроительный дивизион ГК «Росатом») на обоснование разработки проектных предложений по энерго-</p>

⁶⁹⁹ <https://teknoblog.ru/2019/12/06/102829>.

⁷⁰⁰ <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2019/innovations/>.

⁷⁰¹ Аксютин О.Е., А.Г. Ишков, К.В. Романов, Р.В. Тетеревлев, Е.А. Пыстина. Вклад газовой отрасли в формирование энергетической модели на основе водорода. Научно-технический сборник ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ. Охрана окружающей среды, энергосбережение и охрана труда в нефтегазовом комплексе. Спецвыпуск.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
	эффективному и экологически чистому промышленному производству водорода на атомной энерготехнологической станции (АЭТС ⁷⁰² с инвестициями для головной АЭТС около 275 млрд руб. Ее сооружение может быть завершено к 2030 г.
Другие ключевые технологические характеристики	Для внедрения водородных технологий необходимы меры господдержки, регламенты промышленной безопасности использования водорода в разных сферах. Например, для развития водородной энергетики могут быть даны льготы для автотранспорта, государственного софинансирования строительства заправок, подобно тому как это делается в отношении газификации транспорта (см. главу 7). АО «Концерн Росэнергоатом» подготовил программу электролизного производства водорода на АЭС РФ.
Инфраструктурное окружение	На всех АЭС России есть электролизные установки суммарной мощностью 530 м ³ /час. Например, Кольская АЭС недогружена, и расширение ее электролизной мощности может дать 100 тыс. т водорода. Установка генераторов водорода потребует 55 млрд руб. В январе 2019 г. сообщалось ⁷⁰³ о разработке в АО «ВНИИАЭС» (входит в Электроэнергетический дивизион ГК «Росатом») технических предложений и проведении ТЭО на создание на отдельных АЭС автономных модулей по производству и накоплению водорода для его использования в энергоснабжении, промышленности и на транспорте. Производить водород можно также на недозагруженной Усть-Среднеканской ГЭС в Магаданской области с отгрузкой водорода в Японию, где активно развивается транспорт на водороде. В 2017 г. японская компания Kawasaki Heavy Industries начала изучать возможности получения водорода с производства в Магаданской области. А в сентябре 2019 г. компания «Русатом Оверсиз» и Агентство по природным ресурсам и энергетике Японии подписали соглашение о сотрудничестве на 2020-2021 гг. о пилотном проекте экспорта водорода в Японию.
Экологическое, социальное и экономическое влияние	При производстве водорода по технологии парового риформинга метана выбросы ПГ равны 11,956 кгСО _{2экв} /кг водорода. Самые низкие выбросы получаются при производстве на основе электроэнергии ВЭС и СЭС: 0,0325 и 0,37 кгСО _{2экв} /кг водорода. ⁷⁰⁴ Выбросы цикла жизни от технологий применения водорода зависят в основном от выбросов при его производстве. ⁷⁰⁵ Помимо экспорта, водород может использоваться и на внутренние нужды для решения ряда экологических и экономических проблем, включая: декарбонизацию тепло- и электроснабжения за счет крупномасштабного развития ВИЭ и их интеграции в систему электроснабжения, а также использования в качестве накопителя энергии для повышения устойчивости энергетической системы; декарбонизацию транспорта, зданий и промышленности. В проекте Программы развития водородной энергетики в РФ дана оценка экономических эффектов от экспорта водорода. Были приняты следующие принципы развития программы по водороду: рынок России в 2025 г. – 0,5-2,9 млрд долл., а эффект для экономики – 1,14-6,28 млрд долл. за счет экспорта 0,6-3,5 млн т водорода.

⁷⁰² Пономарев-Степной Н.Н. Перспективы атомно-водородной энергетики. СОВЕТ ПО ПРИОРИТЕТНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ СТРАТЕГИИ НТР РФАО «Концерн Росэнергоатом». Москва, 25 октября 2018 года https://www.eriras.ru/files/5_ponomarev-st_prezentatsiyaa_25_10_18-.pdf.

⁷⁰³ <https://energy.hse.ru/hydrenergy>.

⁷⁰⁴ Suleman F., I. Dincer, V. Agelin-Chaab. Comparative impact assessment study of various hydrogen production methods in terms of emissions. International journal of hydrogen energy. V. 41 (2016), pp. 8364-8375.

⁷⁰⁵ Lee D.-Y., A. Elgowainy, A. Kotz, R. Vijayagopal, J. Marcinkosk. Life-cycle implications of fuel cell electric vehicle technology medium and heavy-duty trucks. Journal of power sources. V, 393, 31 July 2018, Pages 217-229 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775318304737>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	<p>В проекте Энергетической стратегии РФ на перспективу до 2035 г. в комплекс ключевых мер по развитию водородной энергетики входят: а) реализация мер государственной поддержки создания инфраструктуры транспортировки и потребления водорода и энергетических смесей на его основе; создание нормативной базы для этой отрасли; увеличение масштабов производства водорода с использованием ВИЭ, АЭС и метана; разработка отечественных низкоуглеродных технологий производства водорода методами конверсии, пиролиза метана, электролиза и др., в том числе с возможностью локализации зарубежных технологий; стимулирование спроса на внутреннем рынке на топливные элементы на основе водорода и природного газа в российском транспорте, а также на использование водорода и энергетических смесей на его основе в качестве накопителей и преобразователей энергии для повышения эффективности централизованных систем энергоснабжения; интенсификация международного сотрудничества в области развития водородной энергетики и выхода на зарубежные рынки.</p> <p>Приказом Минэнерго России от 18.11.2019 № 1231 была создана рабочая группа по развитию водородной энергетики для разработки системных мер поддержки водородной энергетики, экспертизы пилотных проектов, устранения регуляторных барьеров и для подготовки плана мероприятий («дорожной карты») развития водородной энергетики в России. Планируется создание Проектного офиса по развитию водородной энергетики.</p> <p>С января 2020 г. начнется реализация разработанной «Росатомом» комплексной программы «Атомная наука, техника и технологии», нацеленной в т.ч. на развитие водородной энергетики. Ее бюджет до 2025 г. равен 88,5 млрд руб., половина из которых будет выделена из федерального бюджета.⁷⁰⁶</p>
Политическая ситуация	<p>До середины 2019 г. вопрос о внедрении водородной энергетики в России обсуждался лишь на экспертном уровне. Только в 2019 г. он начал обсуждаться на правительственном уровне. Некоторые стратегические решения в области водородных технологий легли в основу проекта Энергетической стратегии РФ на перспективу до 2035 г. Данных об отношении общественности к развитию рынков водорода еще нет.</p>

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

В Великобритании в качестве магистрального направления рассматривается возможность перевода газового хозяйства на водород. В отчете 2019 г. «Переход на водород» британского объединения инженеров и технологов (The Institution of Engineering and Technology, IET) отмечается, что к 2030 г. большая часть металлических труб в британской газовой сети будет заменена на полиэтиленовые, что позволит при ограниченных инвестициях использовать в сети водород. В различных странах допускаются разные доли подмеса водорода в природный газ в газовой сети: от 0,1% (в Бельгии, Новой Зеландии, Великобритании и США) до 10% в Германии и 12% в Нидерландах. Верхний предел определяется национальными технологическими стандартами, связанными с безопасностью газопроводов и генерирующего оборудования электростанций. Для масштабной европейской газотранспортной системы подмешивание 20% водорода, по данным МЭА, позволило бы снизить выбросы CO₂ на 60 млн т в год (7%).

⁷⁰⁶ <https://plus.rbc.ru/news/5dfc2e607a8aa9fb3e34dbf3>; H2 EMISSION POTENTIAL LITERATURE REVIEW E4tech (UK) Ltd for the Department for Business Energy and Industrial Strategy (BEIS). BEIS Research Paper Number 22. April 2019.

Таблица 9.3 Производство и использование водорода. Великобритания

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Рыночная ниша	Водород в основном используется в промышленных процессах и на транспорте. ⁷⁰⁷ В 2019 г. производство водорода в Великобритании достигло 0,7 млн т ⁷⁰⁸ (27 ТВт-ч). Проект HyDeploy ⁷⁰⁹ стал первым в Великобритании практическим проектом безопасного включения водорода в распределительную систему природного газа, не требующим никаких изменений со стороны пользователей и не приводящим к разрушениям. ⁷¹⁰ В рамках закончившейся первой фазы проекта смесь газа с водородом ⁷¹¹ подавалась в 100 домов университета Киля. ⁷¹² Вторая и третья фазы будут осуществляться в рамках более масштабного пилотного проекта в северо-восточных и северо-западных государственных газовых сетях Великобритании соответственно, что даст более представительную картину по Великобритании в целом.
Рыночные перспективы	Началась вторая фаза проекта HyDeploy, в рамках которой смесь газа с водородом будет поставляться в течение 10 месяцев начиная с декабря 2020 г. примерно в 670 домохозяйств и компаний. ⁷¹³ По сценарию, в котором Великобритания достигает своей цели декарбонизации к 2050 г. с применением решений крупномасштабной централизации, жилые дома и коммерческие потребители в Великобритании должны перейти на получение тепла от водородных и электрических технологий. Чтобы достичь нулевых нетто-выбросов углерода к 2050 г., необходимо трансформировать газовые системы таким образом, чтобы можно было по ним передавать водород. Сценарий «Два градуса» ⁷¹⁴ показывает самое резкое сокращение прямого спроса на природный газ после 2030 г. по мере замены его водородом. К 2040 г. около 4,5 млн домов будут обогреваться водородом ⁷¹⁵ , а к 2050 г. – более 11 млн домов. В сценариях более быстрой декарбонизации грузовой транспорт, включая микроавтобусы и грузовики, будет использовать жидкое и газообразное топливо (в основном водород) к 2050 г. ⁷⁰⁷

⁷⁰⁷ National Grid Electricity System Operator – ESO (2019). Future Energy Scenarios - FES, Доступно по ссылке: <http://fes.nationalgrid.com/fes-document/>.

⁷⁰⁸ Методы производства водорода включают: риформинг парового метана (49%); частичное окисление нефти (29%); газификацию угля (18%) и электролиз (4%). Основные методы производства водорода – электролиз и паровой или автотермический риформинг (SMR/ATR). Последний в основном применяется в промышленных процессах и требует очистки сырья, нагрева метана из природного газа для производства синтетического топлива (CO и CO₂) и последующего использования CO и пара для производства водорода и CO₂ (улавливаемого с помощью технологий УХУ). В зависимости от видов использования водорода требуются разные уровни очистки. Электролиз использует электрический ток для расщепления воды на водород и кислород в присутствии катализатора (электролиз с применением полимерной мембраны, щелочных и твердых оксидов).

⁷⁰⁹ Прорывной зеленый энергетический проект, победивший в конкурсе инноваций энергетического регулятора Ofgem и получивший финансирование в размере 7 млрд фунтов. Проект реализуется силами Cadent в партнерстве с Northern Gas Networks университета Киля, научным подразделением Health and Safety Executive, производителем интегрированных водородных энергетических систем ITM-Power и независимым производителем чистой энергии Progressive Energy (<https://www.itm-power.com/news/hydeploy-uk-gas-grid-injection-of-hydrogen-in-full-operation>).

⁷¹⁰ HyDeploy (2020). Hydrogen is vital to tackling climate change, доступно по ссылке: <https://hydeploy.co.uk/>.

⁷¹¹ Содержание водорода будет повышено до 20% с нынешних 15% (HyDeploy, 2020).

⁷¹² HyDeploy (2020). HyDeploy at Keele – a pioneering hydrogen energy project at Keele, доступно по ссылке: <https://hydeploy.co.uk/hydrogen/>.

⁷¹³ HyDeploy (2020). HyDeploy North East – an exciting next step, доступно по ссылке: <https://hydeploy.co.uk/hydrogen-2/>.

⁷¹⁴ В сценарии «Два градуса» предлагаются масштабные решения, и потребители имеют возможность выбора между альтернативными вариантами передвижения и получения тепловой энергии для достижения цели, поставленной на 2050 г. (ESO, 2019).

⁷¹⁵ Весь водород, который используется для отопления домов в сценарии «Два градуса», производится путем риформинга метана и использования природного газа в сочетании с улавливанием, использованием и хранением углерода, так что выбросы CO₂ при производстве водорода минимальны (ESO, 2019).

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Технологические затраты	Переход от природного газа на водород, включая производство, транспортировку и хранение водорода, пока не является экономически целесообразным. Затраты на электролиз станут более конкурентоспособными по мере снижения затрат на выработку электроэнергии на ВИЭ, что сделает этот способ экономически более выгодным, чем методы, связанные с риформингом метана. Инвестиционные решения должны принимать во внимание саму основу энергетической системы. В технологиях парового метана и автотермического риформинга (SMR/ATR) ценовые соображения должны включать: масштабы производства, цены на газ, стоимость хранения, требования к уровню очистки и подключение к сети. Для электролиза соответствующие затраты включают цену на электроэнергию, масштабы производства, стоимость подключения к сети (при необходимости) и стоимость хранения. Приведенная стоимость водорода для электролиза ⁷¹⁶ вдвое выше, чем для SMR/ATR, из-за цен на электроэнергию, уровней КПД, затрат на единицу продукции и на подключение к сети.
Другие ключевые технологические характеристики	Энергию можно хранить в виде водорода и получать путем его сжигания или в химических реакциях в топливных элементах. Есть несколько доступных источников для производства водорода (через электроэнергию, которую они производят), в т.ч. ископаемые виды топлива, такие как природный газ и уголь, ВИЭ, например, биомасса, ветровая, солнечная, геотермальная и гидроэнергия. Водород получают путем расщепления молекул воды с помощью электроэнергии, но это весьма энергозатратный процесс. ⁷¹⁷ Другие способы промышленного получения водорода включают паровой риформинг природного газа и в качестве побочного продукта промышленных процессов. Электролиз (где он применяется) – это общепромышленная технология, позволяющая получать биспримесный водород, который можно хранить, на основе электроэнергии и воды. По прогнозам, эффективность процесса конверсии ⁷¹⁸ превысит 80% благодаря более крупным электролизерам и развитию технологии. Содержание водорода в метане до 20% по объему вряд ли увеличит риск со стороны газопотребляющего оборудования газовых сетей и потребителей. ⁷¹⁹

⁷¹⁶ В разных сценариях оценки затрат на электролиз различаются в зависимости от конкретных технологий и года. Оценки для 2020 г. показывают, что затраты на технологию с использованием полимерной мембраны составляют £700-1050 за 1кВт; с использованием щелочных – £530-£700 кВт; и использованием твердого электролиза – £1300-2300 кВт. На 2050 г. оценки показывают значительное снижение затрат: для полимерной мембраны они составят £265-620 кВт; для щелочных – £325-590 кВт; твердого электролиза – £550-1250 кВт (https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/760479/H2_supply_chain_evidence_-_publication_version.pdf).

⁷¹⁷ Renewable Energy Association – REA (2016). Energy Storage in the UK – An Overview, доступно по ссылке: <https://www.r-e-a.net/wp-content/uploads/2019/10/Energy-Storage-FINAL6.pdf>.

⁷¹⁸ КПД (кВт электрической мощности на 1 кг H₂) варьирует для каждой технологии. Оценки на 2020 г. показывают колебания от 48,5 до 64 для электролиза с полимерной мембраной, 49-60 для щелочных и 37-40 для твердого электролиза (https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/760479/H2_supply_chain_evidence_-_publication_version.pdf).

⁷¹⁹ Health and Safety Executive – HSE, 2015. Injecting Hydrogen into the gas network – a literature search, доступно по ссылке: <https://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr1047.htm>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Инфраструктурное окружение	Все еще ведутся исследования максимальной концентрации водорода с точки зрения безопасного использования в газовых сетях ⁷²⁰ , но сети будущего должны быть гибкими для использования в них различных газовых смесей. Стоит проблема эффективной и экономически целесообразной поставки газа конечным потребителям, и национальная газотранспортная система Великобритании должна быть заменена ⁷²¹ на отдельную распределительную сеть для передачи водорода. Жидкий водород и сжатый водород можно перевозить на модифицированных фурах, но для сжижения или сжатия водорода нужно столько энергии, что данная опция становится непривлекательной. В зависимости от объемов водорода переход с природного газа на водород может потребовать изменений не только в сетях, но и в бытовых приборах, и котлах, включая установку новых водородных счетчиков и датчиков (до 100% потребуют значительных инфраструктурных изменений).
Экологическое, социальное и экономическое влияние	Водород можно хранить в резервуарах в доме, автомобиле, а также в больших объемах, поэтому ведутся исследования технологий эффективного хранения. При эффекте масштабирования ⁷²² смешивание водорода при 20%-ной молярной массе высвободит 29 ТВт-ч безуглеродного тепла и проложит дорогу более серьезной экономии. ⁷²³ Эквивалентное сокращение выбросов углерода в национальном масштабе при смешивании водорода при 20%-ной молярной массе будет равносильно тому, как если бы с дорог убрали 2,5 млн автомобилей. По сравнению с такими технологиями, как тепловые насосы, это означает, что потребители смогут избежать дорогостоящих и разрушающих изменений в домах. Использование водорода из ископаемых видов топлива на транспорте с технологиями улавливания и хранения углерода дает сокращение выбросов диоксида углерода на 50% по сравнению с традиционным бензиновым транспортом, а если водород получают из ВИЭ, то выбросов CO ₂ нет вовсе. ⁷²⁴ Электробусы на водороде дают нулевые выбросы и более низкий уровень шума. Есть сложности в стоимостной цепи водорода, которые требуют координации инвестиций между разными секторами, что увеличивает риски, особенно для новой сетевой инфраструктуры. ⁷²⁵ Есть также определенные риски для здоровья и безопасности людей, так как водород – это горючий и взрывоопасный газ, и пламя при горении не видно глазу. В жидкой форме водород имеет очень низкую температуру (-252,8°C) и может вызвать серьезные ожоги при контакте с кожей. При использовании в закрытых помещениях существуют риски удушья.

⁷²⁰ В настоящее время допустимая доля водорода в газовой смеси составляет 0,1%, но для значительного сокращения выбросов углерода от природного газа необходимо увеличить его долю до 10%, так что в настоящее время HyDeploy Consortium работает над этим (HSE, 2018).

⁷²¹ Трубопроводы для подачи энергоносителей промышленным потребителям построены из стали, которая не подходит для подачи водорода, а трубопроводы для подачи энергоносителей бытовым потребителям сделаны из низкоуглеродной стали и могут применяться для подачи водорода. Великобритания занимается усовершенствованием своих распределительных сетей, чтобы по ним можно было подавать водород, и планирует завершить к 2032 г. (HSE, 2018).

⁷²² Прогресс можно отслеживать с помощью трех основных индикаторов: степень использования низкоуглеродного водорода в промышленности, применение в других секторах благодаря его чистому сжиганию и возможности хранения, что делает его лучшей чистой технологией для хранения электроэнергии, поставок тепла, стали, низкоуглеродных энергоносителей и применения в транспортном секторе; и расширение применения, совершенствование и снижение затрат в межсекторальных технологиях, таких как электролизеры, топливные элементы, и производство водорода с УХУ (IEA, 2019).

⁷²³ Isaacs, T. (2019). HyDeploy: The UK's First Hydrogen Blending Deployment Project, Clean Energy, Volume 3, Issue 2, Pages 114–125, доступно по ссылке: <https://academic.oup.com/ce/article/3/2/114/5487479>.

⁷²⁴ Health and Safety Executive (2018). Energy Foresight Annual Report 2017/2018, доступно по ссылке: <https://www.hse.gov.uk/horizons/assets/documents/foresight-report-2017.pdf>.

⁷²⁵ IEA (2019). Tracking Energy Integration, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration>.

Метрика	Количественные оценки и комментарии
Политический климат	<p>Подмешивание водорода в существующие газовые сети началось, но политическая поддержка этого процесса остается ограниченной.</p> <p>Конкуренция за водородоснабжение. Программа водородоснабжения стоимостью £20 млн была впервые опубликована в 2018 г. для ускорения разработки мер по низкоуглеродному водородоснабжению.⁷²⁶</p> <p>Законодательное одобрение пилотных проектов. Добавление водорода в газ в Киле было одобрено Правилами безопасности газового хозяйства Великобритании,⁷²⁷ поэтому это можно делать на законных основаниях при условии выполнения требований. Тогда водород считается «безопасным, как природный газ» при использовании потребителями.</p>
Политическая ситуация	<p>В обществе нет понимания того, зачем нужно переходить на низкоуглеродные технологии в отоплении и к чему приведет использование водорода.⁷²⁸ Поэтому безопасность и принятие обществом водорода как нового топлива – главные цели нынешних проектов применения водорода для теплоснабжения и на транспорте⁷²⁹ в Великобритании. Тем не менее, существуют риски того, что решения по декарбонизации через масштабное применение водорода будут отвергнуты.</p>

Источник: University College London.

⁷²⁶ BEIS (2018). Hydrogen Supply Competition, доступно по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/hydrogen-supply-competition>.

⁷²⁷ Одобрение выдается после тщательной оценки данных, включая данные по использованию электро-бытовых приборов в домах и данные лабораторных исследований.

⁷²⁸ Committee on Climate Change (2018). Hydrogen in a low-carbon economy, доступно по ссылке: <https://www.theccc.org.uk/publication/hydrogen-in-a-low-carbon-economy/>.

⁷²⁹ Проект Кавендиш изучает потенциал использования существующей на о-ве Айл-оф-Грейн в графстве Кент энергетической инфраструктуры для производства и хранения водорода; Проект Абердин Вижн должен продемонстрировать коммерческую целесообразность транспортировки водорода по газовым сетям; Проект HyNet на северо-западе нацелен на подачу водорода для теплоснабжения и транспорта, а также поддержку улавливания и хранения углерода, использования инфраструктуры хранения в 2020-х годах путем разработки первого в Великобритании водородопровода для поставки чистого водорода для промышленного применения, газоводородной смеси для домохозяйств и будущего транспортного топлива; Проекты инновационного водородного транспорта должны решить такие проблемы, как использование в двигателях и чистота топлива в целях развития рынка (ESO, 2019).