

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ В РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ¹

МАЗУРОВА Ольга Васильевна, к.т.н., ol.mazurova@yandex.ru, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия
ORCID:0000-0002-8912-0070.

ГАЛЬПЕРОВА Елена Васильевна, к.т.н., galper@isem.irk.ru, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия
ORCID: 0000-0001-6749-8630.

Долгосрочная оценка спроса на энергию необходима при исследовании перспектив развития экономики и энергетики страны. Сложность такой оценки обусловлена, в частности, неопределенностью экономических и политических условий, технологического развития, увеличением неоднозначности и изменчивости факторов и тенденций, определяющих этот спрос. В статье приводится анализ текущего состояния, долгосрочных тенденций и новых направлений использования энергии в крупных секторах экономики России (промышленности, домашних хозяйствах, транспорте), в том числе, в сравнении с другими странами. Применяемый методический подход для прогнозирования спроса на энергию позволяет учитывать перспективные структурные и технологические изменения в отраслях, распространение новых технологий, энергоэффективность. Возможные траектории изменения спроса на электроэнергию, энергию и изменения энергоемкости ВВП России на период до 2050 г. рассчитаны для консервативного и базового сценариев развития экономики. Показано, что динамика душевого электропотребления в России соответствует глобальным тенденциям. Дополнительно приводятся расчетные оценки изменения объемов энергопотребления в результате применения цифровых технологий в секторе домашних хозяйств и массового развития электромобилей.

Ключевые слова: сценарий развития, экономический рост, прогнозирование, топливно-энергетический комплекс, перспектива, энергопотребление, спрос на энергию, энергоемкость.

DOI: 10.47711/0868-6351-196-156-168

Долгосрочные прогнозы энергопотребления являются важным этапом при разработке программ и стратегий развития энергетики на уровне страны и регионов. Значимость этих исследований состоит в выявлении возможных проблем в энергоснабжении страны и территорий, в развитии топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и определении способов их своевременного решения [1]. Одной из проблем, над которой работают исследователи, является развитие методологии в направлении более полного учета взаимосвязей и факторов, влияющих на уровни и динамику энергопотребления с целью повышения качества и обоснованности прогнозов [2-5]. Существенные трудности в ее решении определяются ростом неоднозначности и изменчивости этих факторов, неопределенностью будущего экономического и технологического развития страны [6]. Сузить область неопределенности помогает изучение существующих глобальных закономерностей и тенденций энергопотребления [7].

В последние десятилетия в мире происходит расширение электрификации и распространение цифровых технологий во всех сферах экономики [8]. Цифровизация и электрификация производственных и бытовых процессов позволяют повысить их энергоэффективность и снизить расход топлива и энергии [9]. Вместе с тем, появляются новые потребители энергии, например, центры обработки данных, сети передачи данных, подключенные устройства и т. д. В нашей стране существует большая

¹ Исследование выполнено в рамках проекта государственного задания № FWEU-2021-0003 Программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг. (рег. № АААА-А21-121012090014-5) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-010-00204-а).

неопределенность в перспективах развития цифровизации и «новой электрификации» и отсутствуют подходы для их учета в прогнозах.

Цель настоящего исследования состоит в определении возможного диапазона перспективного электро- и энергопотребления в России на период до 2050 г. с учетом развития отдельных крупных секторов экономики. Исследование включает:

1) анализ текущих и долгосрочных тенденций потребления энергии в крупных секторах экономики в России и мире для формирования информационной базы используемых моделей;

2) прогнозную оценку изменения уровней энерго- и электропотребления в соответствии с принятыми сценариями экономического развития и с учетом формирующих факторов;

3) сравнение существующих российских и зарубежных прогнозов энергопотребления с полученными оценками.

Отдельно от рассматриваемых сценариев проведены экспериментальные расчеты возможного влияния внедрения цифровых технологий в секторе домашних хозяйств и электромобилизации на энергопотребление в России в перспективе до 2040-2050 гг., выполненные на основе глобальных тенденций. Следует подчеркнуть, что для реализации этих тенденций в нашей стране должны сложиться соответствующие условия, отличные от принятых в исследовании сценариев.

Современное состояние и долгосрочные тенденции энергопотребления. В 2020 г. потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в России составило 826,9 млн т у.т., что на 3% меньше, чем в 2019 г. Основной причиной этого снижения стало падение экономической активности, связанное, в частности, с пандемией, из-за которой потребление сократилось на 25,2 млн т у.т.²

За период 2005–2020 гг. использование тепловой энергии снизилось на 17% благодаря последовательной политике энергосбережения и развитию систем учета тепла. В 2020 г. потребление централизованного тепла в стране (по данным форм статистической отчетности) составляло 1199,7 млн Гкал. Основными потребителями тепловой энергии в России являются промышленность (34%), домашние хозяйства (33%) и сфера услуг (10%).

Сохраняется разрыв в уровне энергоемкости ВВП России с ведущими странами мира, в основном обусловленный более низким уровнем развития экономики (рис. 1). В 2020 г. энергоемкость ВВП России превысила среднюю по миру в 1,8 раза, США – в 1,8 раза, ЕС – в 2,5 раза, Японии – в 2,6 раза³.

За последние 20 лет использование электроэнергии в России увеличилось более чем на 25% и достигло в 2020 г. 1085 млрд кВт·ч. Более 60% электропотребления страны приходилось на производственную сферу и, в основном, это промышленность.

Суммарное энергопотребление населения России за последние десять лет практически не изменилось⁴ при росте использования электроэнергии на 26%. Повышение потребления электроэнергии в домашних хозяйствах связано, в первую очередь, с увеличением освещаемой жилой площади и количеством используемых в быту электроприборов. Душевое электропотребление в России выросло на 29% и составило в 2020 г. 1118 кВт·ч, но не достигло еще уровня развитых стран (рис. 2 а, б).

² Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в РФ в 2020 г. Минэкономразвития РФ. URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee83f/Energyefficiency2020.pdf>

³ Для сопоставления численных значений энергоемкости России и других стран ВВП оценивается в долларах 2015 г. по паритету покупательной способности валют.

⁴ Росстат России. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial

Последнее объясняется, в частности, отличиями в показателях уровня жизни (в России ниже обеспеченность жильем и уровень комфорта) и особенностями структуры энергопотребляющих процессов (большая доля централизованного отопления).

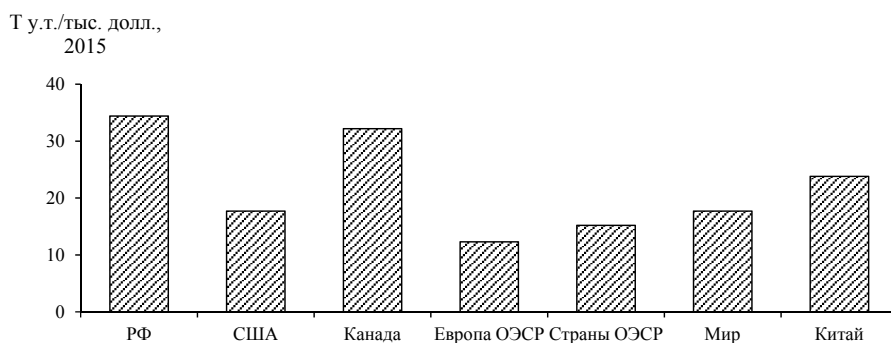


Рис. 1. Сопоставление энергоемкости ВВП в России и странах мира, 2020 г.

Источник: построено по данным International Energy Outlook 2021⁵ (далее – Outlook 2021).

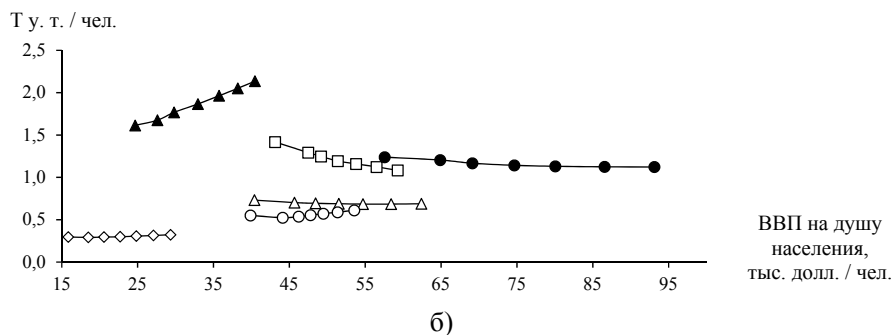
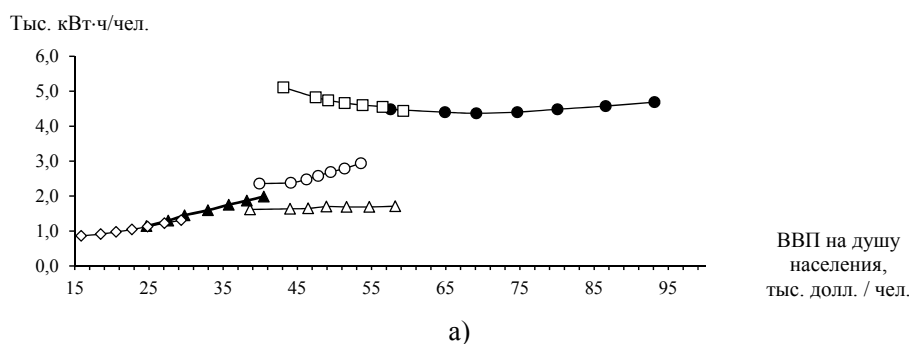


Рис. 2. Долгосрочные тенденции взаимосвязи душевого электропотребления (а) и энергопотребления (б) в секторе домохозяйств и уровня экономического развития страны (период 2020-2050 гг. для базового сценария):

—◇— мир в целом; —▲— Россия; —△— Европейские ОЭСР; —●— США; —○— Япония; —□— Канада

Источник: построено по данным Outlook 2021.

⁵ EIA. International Energy Outlook 2021. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

По прогнозу Министерства энергетики США⁶ на период до 2050 г. в мире ожидается дальнейшее увеличение душевого энерго- и электропотребления населения, обусловленное ростом уровня жизни. При этом в наиболее развитых европейских странах, США и Канаде темпы прироста снижаются или даже становятся отрицательными. Это связано, в том числе, с насыщением основных базовых потребностей (жилье, приборы длительного пользования, приемлемый уровень комфорта) и реализацией мер по повышению теплотехнических свойств ограждающих конструкций зданий. Для России предполагается сохранение тенденции увеличения потребления энергоресурсов в домохозяйствах при поступательном развитии экономики.

Отечественная промышленность остается крупнейшим потребителем энергоресурсов. В 2020 г. она использовала 523,8 млрд кВт·ч электроэнергии или 48,3% конечного электропотребления страны, 554 млн Гкал тепловой энергии (49,2%). В 2020 г. энергопотребление промышленности снизилось на 7,5% по сравнению с 2019 г. из-за санкций и ограничений COVID-19. Объемы и темпы роста потребления энергии в промышленности определяются рядом факторов, среди них: продуктовая, отраслевая и технологическая структуры промышленного производства, наличие и скорость внедрения новых технологий, энергосбережение и т.д.

В сопоставлении с промышленно развитыми странами мира в структуре обрабатывающей промышленности России доля высокотехнологичных малоэнергоемких отраслей машиностроения и химической промышленности существенно ниже и составляет не более 30%, в то время как в США – 47%, Франции – 51%, Японии – 59%, Германии – 61%.

Электроэнергия становится все более важным энергоресурсом для промышленного сектора. За последние 20 лет электровооруженность труда в отечественной промышленности возросла в 1,6 раза, но не достигла уровня промышленно развитых стран [10]. По прогнозу МЭА на период до 2070 г. в одном из сценариев ожидается рост спроса на электроэнергию в промышленности за счет перевода тепло- и топливоемких процессов на новые электрические технологии в черной металлургии и химической промышленности⁷.

Транспортный сектор в России является основным потребителем нефтепродуктов. В 2019 г. на долю транспорта приходилось 16% конечного энергопотребления страны и почти 90% внутреннего спроса на нефтепродукты. Более 40% потребления ТЭР на транспорте приходится на трубопроводный транспорт (газо- и нефтепроводы), 21% – на сухопутный (в основном, это автодорожный грузовой и общественный транспорт)⁸.

Глобальный тренд в транспортном секторе – рост доли экологичных видов транспорта в структуре пассажирских и грузовых перевозок [11]. Электромобилизация становится одним из основных направлений развития транспорта. Доля электромобилей в продажах всех легковых автомобилей на мировом рынке возросла с 2,5% в 2019 г. до 4,2% в 2020 г. [12]. По оценкам МЭА, к 2070 г. удельный вес парка электрифицированного транспорта составит почти 90% общего автопарка, примерно две трети автобусов будут электрическими.

В перспективе под влиянием структурных трансформаций и повышения доли новых перспективных энергоносителей будет меняться структура спроса на ТЭР в транспортном секторе (табл. 1). По зарубежным прогнозам (см. *Outlook 2021*) на период до 2050 г., ожидается дальнейшее сокращение удельного веса нефтепродуктов в европейских странах и в Китае в 1,5 раза, в Японии, США и Канаде – на 13-24% с повышением доли электроэнергии и природного газа.

⁶ См. *Outlook 2021*.

⁷ *Energy Technology Perspectives 2020*. IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

⁸ Росстат РФ, без учета личного автомобильного транспорта.

Таблица 1

Прогноз изменения структуры энергопотребления в транспортном секторе
на период до 2050 г., % (базовый сценарий)

Страна	Нефтепродукты		Природный газ		Электроэнергия		Авиатопливо		Прочие	
	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.
Европа	86,8	57,0	0,9	4,0	1,5	2,6	9,2	25,0	1,6	11,4
ОЭСР	87,0	77,0	3,2	4,2	0,1	1,5	9,1	16,5	0,6	0,8
США	88,1	71,0	5,8	10,5	0,1	3,6	5,4	14,6	0,6	0,3
Канада	86,7	72,0	0,1	3,0	2,6	6,0	9,4	18,0	1,2	1,0
Япония	82,4	54,6	4,3	17,4	4,4	12,5	8,0	15,0	0,9	0,5
Китай	55,6	43,1	31,4	41,0	5,1	3,8	7,9	12,1	0,0	0,0
Россия										

Источник: рассчитано по данным Outlook 2021.

Анализ российских и зарубежных прогнозов показывает, что в перспективе к 2040-2070 гг. спрос на электроэнергию в мире может возрасти вдвое. Ключевыми факторами роста станут расширение электрификации быта, транспорта, сельского хозяйства, использования электрофизических и электрохимических процессов в промышленности [13], а также развитие новых направлений в экономике. В сценарии «устойчивого развития» предполагается, что электроэнергия будет основным энергоносителем в мировом конечном спросе с увеличением ее доли с 19% в 2019 г. до 47% в 2070 г.

Методы и модели. В России и за рубежом применяется широкий спектр методов и инструментов для исследования и прогнозирования спроса на энергоносители, см., напр., [14-18]. При прогнозировании на период 20 и более лет в условиях высокой неопределенности весьма важными становятся исследования, связанные с выявлением долгосрочных тенденций и закономерностей энергопотребления в отраслях экономики [19].

В настоящем исследовании исходной информацией для расчетов являются долгосрочные прогнозы социально-экономического развития страны. Они включают следующие основные макропоказатели: темпы роста ВВП и конечного потребления, инвестиции в основной капитал, экспорт и импорт продукции, численность населения. Эти данные используются в межотраслевой динамической модели, где рассчитываются динамика объемов продукции по 25-ти отраслям экономики, требуемые вводы новых мощностей, инвестиции, трудовые ресурсы и др. Потребность в электроэнергии, тепловой энергии и топливе определяется в моделях конечного спроса. В прогнозных расчетах использован комплекс моделей, разработанный в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, см. подробнее в [7].

В модели прогнозирования энергопотребления в производственном секторе рассчитывается потребность в ТЭР в отраслях промышленности, строительстве, сельском хозяйстве с учетом конкуренции энергоносителей. Основной исходной информацией являются объемы производства продукции и вводы новых мощностей, получаемые из макроэкономической модели, а также матрицы изменения удельных расходов энергии. Особое внимание уделяется оценке динамики энергоемкости отдельных отраслей промышленности, которая зависит от темпов модернизации технологической базы (прирост производства осуществляется в основном на новых мощностях с более высокой энергоэффективностью). Очевидно, что, чем выше темпы развития промышленного производства, тем меньше доля старых мощностей и больше возможностей для структурных изменений как в отдельных отраслях, так и в промышленности в целом за счет применения наилучших технологий.

Прогноз спроса на моторное топливо и энергию в транспортном секторе увязывается с темпами роста экономики, структурой грузовых и пассажирских перевозок,

с развитием отдельных видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, трубопроводного, водного, воздушного) и динамикой удельных расходов энергии. Энергопотребление на грузовом транспорте определяется динамикой грузооборота, которая, в свою очередь, зависит от объемов производства продукции в отраслях экономики. Расход моторного топлива и электроэнергии на пассажирском транспорте обусловлен изменениями в объемах пассажирских перевозок, численности населения, обеспеченности личными автомобилями и другими факторами.

Энергопотребление в непроизводственной сфере (домохозяйствах и сфере услуг) зависит от множества факторов, влияющих на объемы и структуру энергоносителей в секторе: динамики численности населения, изменения обеспеченности населения жилыми и общественными зданиями, структуры расселения (городское, сельское население), степени насыщенности домохозяйств и общественных зданий разными видами техники и бытовых приборов, удельных расходов энергоносителей на освещение, отопление, горячее водоснабжение, приготовление пищи и т.д. Перспективные значения удельных показателей в расчете на 1 кв. м площади или одного человека принимаются на основе анализа долгосрочных мировых тенденций с корректировкой на российские особенности.

В завершение полученная динамика объемов энергопотребления и энергоемкости сравнивается с имеющимися отечественными и зарубежными прогнозами.

Результаты расчетов. Целью расчетов является определение возможных траекторий изменения спроса на энергию в России на период до 2050 г. с учетом изменения темпов экономического роста, структуры производства, вводов новых технологий, электрификации отраслей и т. д.

В качестве исходной базы приняты тенденции изменения основных макроэкономических показателей в базовом и консервативном сценариях Прогноза долгосрочного социально-экономического развития России на период до 2036 г.⁹, разработанного Минэкономразвития РФ в 2018 г., скорректированные с учетом последствий ковидных ограничений, санкций, текущей ситуации и пролонгированные до 2050 г.

Сценарии различаются, прежде всего, темпами роста экономики. В консервативном варианте прогнозируется ежегодный экономический рост 3% в 2030 и 2035 гг., 2,7% – в 2040 г., с замедлением до 1,6% в 2045 г. и 1,3% – в 2050 г. В базовом варианте рост ВВП несколько ускоряется: до 3,6% в 2030 и 4% – в 2035 гг., далее с замедлением темпов до 3,1% в 2040 г., 2,1% – в 2045 г. и 1,8% – в 2050 г.

Прогноз динамики численности населения РФ был принят одинаковым для обоих сценариев на основе одного из последних вариантов демографического прогноза Росстата до 2035 г.¹⁰ с экстраполяцией до 2050 г.: 2030 г. – 144 млн чел., 2035 г. – 143 млн, 2040 г. – 142 млн, 2045 г. – 141 млн, 2050 г. – 140,5 млн. чел.

В табл. 2 показано прогнозируемое изменение структуры промышленного производства по отраслям. Предполагается, что доля энергетического сектора будет снижаться с 22% в 2020 г. до 14 % к 2050 г., а доля высокотехнологичных отраслей машиностроения, химической промышленности – увеличится не менее чем на 35%. Прогрессивные изменения в структуре производства и в технологических процессах будут способствовать снижению материалоемкости и энергоемкости промышленной продукции.

⁹ Министерство экономического развития РФ. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_sotsialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognoz_sotsialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2036_goda.html

¹⁰ Росстат РФ. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285?print=1>

Таблица 2

Изменение структуры промышленного производства, % (базовый вариант)

Отрасль промышленности	Отчет	Прогноз		
	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Энергетический сектор	22	18	16	14
Машиностроение	21	25	27	31
Производство нефтепродуктов	11	9	8	7
Черная металлургия	6	6	5	5
Цветная металлургия	7	8	8	8
Химическое производство	12	13	13	14
Лесная, деревообрабатывающая	4	4	4	5
Промышленность строительных материалов	2	2	1	1
Легкая	2	2	2	2
Пищевая	10	11	11	10
Прочие	3	3	3	3
Всего	100	100	100	100

Источник: оценка авторов.

Согласно проведенному исследованию, за период 2025-2050 гг. потребление конечной энергии в России будет увеличиваться с замедлением темпов до 0,4% в год в консервативном сценарии и до 0,8% в год – в базовом (рис. 3 и 4). Можно ожидать, что Россия будет готова перейти на траекторию развития с практически постоянным потреблением ТЭР, характерную для стран ОЭСР.

Повышение энергоэффективности экономики зависит от масштабов модернизации производственных мощностей с сокращением разрыва с параметрами наилучших доступных технологий. Предполагается, что к 2050 г. снижение энергоемкости ВВП в России составит 45-48%. Темпы этого снижения будут определяться вводами новых производственных мощностей и интенсивностью прогрессивных структурных сдвигов в экономике.

Сопоставление результатов оценки будущего спроса на электроэнергию с существующими российскими прогнозами¹¹ показано на рис. 5. Несмотря на то, что прогнозы в целом отличаются отчетной статистикой, целевыми установками, горизонтами прогнозирования, они довольно близки по своей динамике к описанному выше.

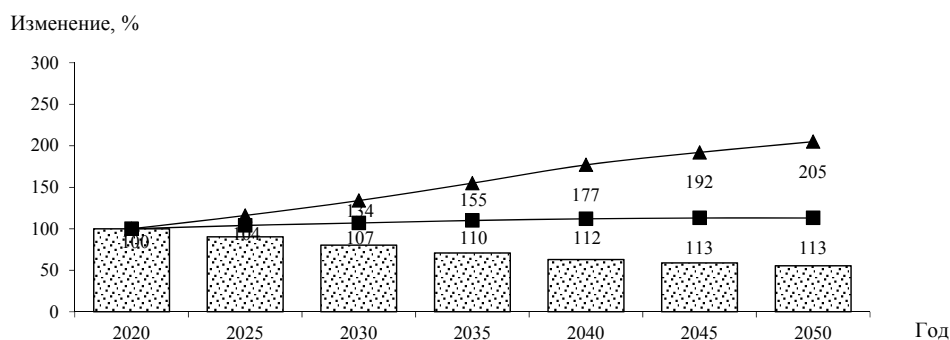


Рис. 3. Прогнозируемые изменения показателей в консервативном сценарии:

■ электроемкость; ■ – потребление энергии; ▲ – ВВП

Источник: оценка авторов.

¹¹ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

Потенциальные возможности роста российской экономики: анализ и прогноз. Научный доклад ИНИП РАН. URL: <https://ecfor.ru/publication/potentsial-rosta-ekonomiki/>

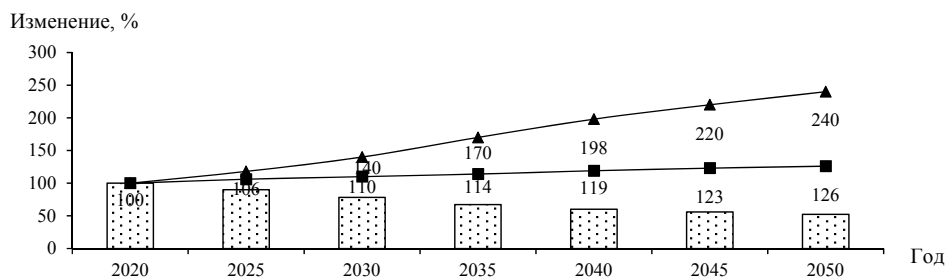


Рис. 4. Прогнозируемые изменения показателей в базовом сценарии

Источник: оценка авторов.

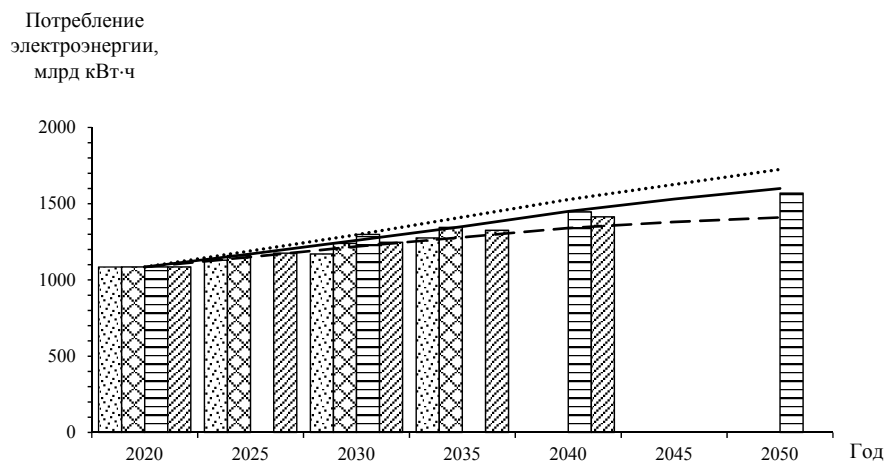


Рис. 5. Сравнение полученного прогноза с существующими российскими прогнозами по электропотреблению

Периоды прогнозирования:

Энергостратегия РФ 2020-2035 гг.: низкий; высокий варианты;

ИНЭИ РАН 2020-2040 гг. (базовый вариант [18]);

ИНП РАН 2019-2050 гг. (инерционный вариант).

Полученный прогноз 2020-2050 гг.: — базовый; - - - консервативный;

.....с учетом дополнительных факторов

Источники: российские прогнозы и оценка авторов.

По нашей оценке, к 2050 г. спрос на электроэнергию в России может возрасти: в консервативном варианте – на 30%, в базовом – на 47% за счет расширения электрификации во всех секторах экономики. В структуре электропотребления будет увеличиваться доля обрабатывающей промышленности, непромышленной сферы, сельского хозяйства и транспорта.

По прогнозу ЕІА (см. *Outlook 2021*), продолжится тенденция увеличения душевого электропотребления в европейских странах, США и Канаде, однако темпы его будут замедляться (рис. 6). Согласно полученному прогнозу, эта тенденция характерна и для России. В долгосрочной перспективе в России потребление электроэнергии на душу населения увеличится на 24% в консервативном варианте и на 40% в базовом под влиянием повышения уровня жизни населения и развития сферы услуг, роста жилищного строительства, а также продолжения электрификации всех секторов экономики.

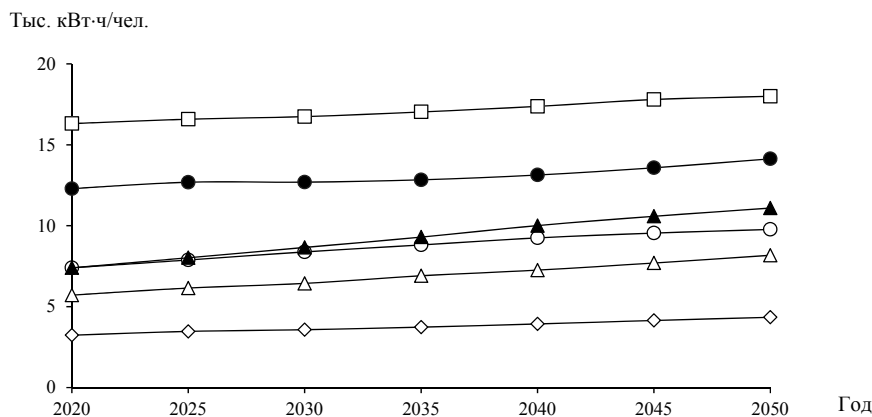


Рис. 6. Динамика потребления электроэнергии в расчете на душу населения в России для двух вариантов на фоне глобальных тенденций:
 —▲— Россия (базовый сценарий); —○— Россия (консервативный сценарий);
 —□— Канада; —●— США; —◇— мир; —△— Европа ОЭСР

Источники: Outlook 2021, оценка авторов.

Влияние цифровых технологий на энергопотребление в секторе домохозяйств. Одним из новых факторов, который необходимо учитывать в прогнозных исследованиях энергопотребления, является цифровизация.

Согласно [20], применение цифровых технологий в инженерных системах зданий («умные» счетчики, датчики движения, освещенности, системы управления с алгоритмами прогнозного поведения потребителей) может обеспечить экономию энергии в секторе домохозяйств к 2040 г. порядка 10%. Наибольшая эффективность цифровых технологий предполагается в процессах отопления и кондиционирования зданий за счет установки датчиков температуры и интеллектуальных термостатов (15-50%, в зависимости от типа здания и системы управления). Снижение потребления электроэнергии не столь значительно, так как сами интеллектуальные элементы управления, подключенные устройства и датчики потребляют энергию для поддержания связи даже в режиме ожидания. Устройства активного контроля в мире в 2010 г. в среднем потребляли около 2 кВт·ч/кв. м в год, ожидается, что эта величина снизится до 1 кВт·ч/кв. м к 2040 г.

Ранее проведенные экспериментальные расчеты (см. подробнее [21]) показали, что за счет реализации мировых тенденций распространения цифровых технологий в жилом комплексе России к 2050 г. можно ожидать снижения потребления тепловой энергии более, чем на 50%, электроэнергии – около 2%, общего энергопотребления – до 15%, по сравнению с вариантом сохранения существующих тенденций. Несмотря на всю условность подобной оценки¹², она позволяет очертить возможный диапазон изменения энергопотребления с учетом фактора цифровизации жилого сектора.

Возможное влияние крупномасштабного внедрения электромобилей в России на увеличение спроса на электроэнергию. В работах [22-24] описываются подходы и даются прогнозные оценки потребления автомобильных топлив с учетом экологического фактора, развития межтопливной конкуренции, замещения традиционных нефтяных

¹² Перспективы применения цифровых технологий в России связаны с большой неопределенностью и зависят от экономической ситуации, политики государства, доступности технологий, образа жизни населения и др.

топлив альтернативными энергоносителями. Современным глобальным трендом становится перевод автотранспорта на электрическую энергию, а существующие прогнозы показывают стремительный рост парка электромобилей в будущем [25-28].

По мнению экспертов [12], для России очень важно проводить политику активной электромобилизации, включая развитие рынка электромобилей и соответствующей инфраструктуры (зарядных станций), стимулирование потребителей и коммерческих организаций (в частности, субсидирование и льготное налогообложение). При этом «оценки затрат на создание базовых условий не выглядят столь существенными по сравнению с возможными преимуществами».

На основе проведенной авторами прогнозной оценки можно ожидать, что в 2040-2050 гг. при увеличении парка электромобилей до 20-35 млн ед. прирост спроса на электроэнергию дополнительно к базовому сценарию составит 77-130 млрд кВт·ч¹³. Этот результат позволяет приблизительно обозначить дополнительную потребность в электроэнергии, обусловленную распространением электрифицированного автомобильного транспорта, которую необходимо учитывать при разработке долгосрочных прогнозов развития электроэнергетики (табл. 3).

Таблица 3

Оценка прироста потребления электроэнергии
(по отношению к базовому сценарию) при крупномасштабном
внедрении электромобилей в России на период 2030-2050 гг.

Показатель	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Суммарное электропотребление (базовый сценарий), млрд кВт·ч	1260	1450	1600
Обеспеченность автомобилями на 1000 чел. населения	405	550	600
Общая численность автопарка, млн ед.	59	78	84
Доля электромобилей, %	15	25	40
Парк электромобилей, млн ед.	9	20	30-35
Прирост электропотребления, млрд кВт·ч	36	77	130

Источник: расчеты авторов.

По оценкам МЭА, в долгосрочной перспективе ожидается значительное снижение использования традиционных видов топлив, а нефть окончательно потеряет свое доминирование к 2040 г. Основными заменителями нефтепродуктов в транспортном секторе будут, прежде всего, электроэнергия, затем природный газ, водород, биотопливо.

* * *

Согласно результатам проведенного исследования, в долгосрочной перспективе темпы роста потребления энергии в России замедляются, что позволяет ей перейти на траекторию развития с практически постоянным энергопотреблением. В соответствии с глобальными тенденциями продолжится опережающий рост потребления электроэнергии как наиболее прогрессивного и универсального энергоносителя. Показано, что на рост потребления электроэнергии оказывают влияние факторы цифровизации и электрификации.

Россия пока отстает от ведущих стран мира по применению цифровых технологий в секторах экономики и развитию электромобилей. Однако в будущем ситуация может существенно измениться в лучшую сторону. Этому должна способствовать

¹³ Рассчитано без учета потребления электроэнергии на зарядных станциях и потерь.

реализация государственных программ по цифровой экономике, развитию искусственного интеллекта, производству и использованию электрического автомобильного транспорта на период до 2030 г.¹⁴

Появление «умных» технологий в секторах потребления и энергоснабжения, позволяющих повысить энергоэффективность экономики и оптимизировать работу энергосистем, объемы и режимы спроса, потребует дальнейшего развития существующих методических подходов и новых прогнозных исследований.

Литература/References

1. Батенин В.М., Бушуев В.В., Воронай Н.И. и др. *Инновационная электроэнергетика – 21. М., ИЦ Энергия. 2017. 584 с. [Batenin V.M., Bushuev V.V., Voronaj N.I. i dr. Innovacionnaya elektroenergetika – 21. Moskva, Energiya. 2017. 584 p. (In Russ.)].*
2. Малахов В.А. *Подходы к прогнозированию спроса на электроэнергию в России // Проблемы прогнозирования. 2009. № 2. С. 57-62. [Malakhov V.A. Approaches to forecasting the demand for electricity in Russia. Problemy Prognozirovaniya. 2009. No. 2. Pp. 57-62. (In Russ.)].*
3. Филиппов С.П. *Прогнозирование энергопотребления с использованием комплекса адаптивных имитационных моделей // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2010. № 4. С. 41-55. [Filippov S.P. Prognozirovaniye energopotrebleniya s ispol'zovaniem kompleksa adaptivnykh imitacionnykh modelej // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika. 2010. No. 4. Pp. 41-55 (In Russ.)].*
4. Bhattacharyya S., Timilsina C.R. *A Review of Energy System Models // International Journal of Energy Sector Management. 2010. Vol. 4. No. 4. Pp. 512-513.*
5. Mantzos L. *The PRIMES. Version 2. Energy System Model: Design and features // Economics, Energy and Environment. 1999. Vol. 5. Pp. 155-200.*
6. Полина А.А., Замерград В.Э. *Методические подходы к прогнозированию спроса на топливно-энергетические ресурсы регионов РФ // Нефть, газ и бизнес. 2016. № 1. С. 13-18. [Polina A.A., Zamergrad V.E. Metodicheskie podhody k prognozirovaniyu sprosa na toplivno-energeticheskie resursy regionov RF // Neft', gaz i biznes. 2016. No. 1. Pp.13-18. (In Russ.)].*
7. Кононов Ю.Д. *Методы и модели прогнозных взаимосвязей энергетики и экономики. Новосибирск: Наука, 2009. 178 с. [Kononov Yu.D. Metody i modeli prognoznykh vzaimosvyazey energetiki i ekonomiki. Novosibirsk: Nauka, 2009. 178 p. (In Russ.)].*
8. Galperova E., Mazurova O. *Analysis of the prospects of adopting the digital technology across sectors of the economy and its impact on the demand for energy carriers / ENERGY-21: Sustainable Development & Smart Management. September 7-11, 2020. Irkutsk, Russia. Conference proceedings. Pp. 507-513.*
9. *Digitalization & Energy. International Energy Agency OECD/IEA, 2017. URL: https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/digitalizationandenergy3.pdf*
10. Мазурова О.В. *Электровооруженность промышленности как фактор качественного скачка в росте производительности труда // Промышленная энергетика. 2017. № 5. С. 2-8. [Mazurova O.V. Elektrovooruzhenost' promyshlennosti kak faktor kachestvennogo skachka v roste proizvoditel'nosti truda // Promyshlennaya energetika. 2017. No. 5. Pp. 2-8. (In Russ.)].*
11. Grushevenko D., Grushevenko E., Kulagin V. *Energy Consumption of the Russian Road Transportation Sector: Prospects for Inter-Fuel Competition in Terms of Technological Innovation // Foresight and STI Governance. 2018. Vol. 12. No. 4. Pp. 35-44. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.35.44*
12. Семикашев В.В., Яковлев А.А. *Электромобили в России: быть или не быть? // Нефтегазовая вертикаль. 2021. № 9-10. С. 57-68. [Semikashev V.V., Yakovlev A.A. Elektromobili v Rossii: byt' ili ne byt'? // Neftegazovaya vertikal'. 2021. No. 9-10. Pp. 57-68. (In Russ.)].*
13. Filippov S. *New Technological Revolution and Energy Requirements // Foresight and STI Governance. 2018. Vol. 12. No. 4. Pp. 20-33. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.20.33.*
14. Филиппов С.П., Малахов В.А., Веселов Ф.В. *Долгосрочное прогнозирование спроса на энергию на основе системного анализа // Теплоэнергетика. 2021. № 12. С. 5-19. [Filippov S.P., Malakhov V.A., and Veselov F.V. Long-Term Energy Demand Forecasting Based on a Systems Analysis. 2021. No. 12. Pp. 5-19 (In Russ.)]*
15. Bianco V. *The future of the Italian electricity generation sector. An analysis of the possible strategic models // Foresight and STI Governance. 2018. Vol. 12. No. 3. Pp. 20-28. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.3.20.28.*
16. Lukas G., Swan V., Ismet Ugursal. *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. Vol. 13. Issue 8. Pp. 1819-1835.*
17. Кононов Ю.Д., Кононов Д.Ю. *Анализ методов и моделей, используемых при оценке вариантов долгосрочного развития ТЭК // Энергетическая политика. 2018. № 3. С. 61-67. [Kononov Yu.D., Kononov D.Yu. Analiz metodov i modelej, ispol'zuemykh pri ocenke variantov dolgosrochnogo razvitiya TEK. Energeticheskaya politika. 2018. № 3. Pp. 61-67. (In Russ.)].*

¹⁴ Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р);

Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490);

«Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» (Утверждена распоряжением Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р).

18. Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. Прогноз развития энергетики мира и России 2019. М., Институт энергетических исследований РАН, 2019. 209 с. [Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. *Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii*. Moskva, Institut energeticheskikh issledovanij RAN. 2019. 209 p. (In Russ.)].
19. Гальперова Е.В., Мазурова О.В. Долгосрочные тенденции электропотребления в экономике и ее основных секторах в России и в мире // Энергетическая политика. 2014. № 1. С. 39-50. [Gal'perova E.V., Mazurova O.V. *Dolgosrochnye tendencii elektropotrebleniya v ekonomike i ee osnovnyh sektorah v Rossii i v mire* // *Energeticheskaya politika*. 2014. No. 1. Pp. 39-50 (In Russ.)].
20. Digitalization & Energy. International Energy Agency OECD/IEA, 2017. 188 p. URL: <https://www.connaissancesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/digitalizationandenergy3.pdf>.
21. Распространение цифровых технологий: влияние на качество жизни и спрос на энергию населением / Сб. науч. трудов XV Всероссийской с международным участием школы-симпозиума АМУР-2021. Симферополь, ИП Корниенко А.А., 2021. С. 105-107. [Rasprostranenie cifrovyyh tekhnologij: vliyaniye na kachestvo zhizni i spros na energiyu naseleniem / sbornik nauchnyh trudov XV Vserossiyskoj s mezhdunarodnym uchastiem shkoly-simpoziuma AMUR-2021, Simferopol', IP Kornienko A.A. 2021. Pp. 105-107 (In Russ.)].
22. Брагинский О.Б. Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России // Российский химический журнал. 2008. № 6. Т. LII. С. 137-146. [Braginskij O.B. *Al'ternativnye motornye topliva: mirovye tendencii i vybor dlya Rossii*. Rossijskij himicheskij zhurnal. 2008. No. 6. T. LII. S. 137-146. (In Russ.)].
23. Muratori M., Moran M.J., Serra E., Rizzoni G. Highly-resolved modeling of personal transportation energy consumption in the United States // *Energy*. 2013. No. 58. Pp. 168-177.
24. Сinya Ю.В., Колпаков А.Ю. Экономические оценки использования в автотранспорте альтернативных моторных топлив на базе природного газа // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 34-46. [Sinyak Yu.V., Kolpakov A.Yu. *Ekonomicheskie ocenki ispol'zovaniya v avtotransporte al'ternativnyh motornyh topliv na baze prirodnoho gaza* // *Problemy Prognozirovaniya*. 2012. No. 2. Pp. 34-46. (In Russ.)].
25. Синицын М.В. Китай как глобальный драйвер электрификации дорожного транспорта: риски для рынка нефти // ЭКО. 2021. № 8. С. 53-68. DOI: 10.30680/EKO0131-7652-2021-9-53-68. [Sinitsyn M.V. *Kitaj kak global'nyj drajver elektrifikacii dorozhnogo transporta: riski dlya rynka nefii* // *EKO*. 2021. No. 8. Pp. 53-68. (In Russ.)].
26. Bubeck S., Tomaschek J., Fahl U. Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany // *Transport Policy*. 2016. Vol. 50. Pp. 63-77. DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.05.012.
27. Lao J.M., Montoya F.G., Montoya M.G. Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 77. Pp. 970-983.
28. Figenbaum E. Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy // *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 2017. Vol. 25. Pp. 14-34. DOI: 10.1016/j.eist.2016.11.002.



Статья поступила в редакцию 26.04.2022. Статья принята к публикации 06.09.2022.

Для цитирования: О.В. Мазурова, Е.В. Гальперова. Энергопотребление в России: современное состояние и прогнозные исследования // Проблемы прогнозирования. 2023. № 1(196). С. 156-168. DOI: 10.47711/0868-6351-196-156-168

Summary

ENERGY CONSUMPTION IN RUSSIA: CURRENT STATE AND FORECAST

O.V. MAZUROVA, PhD in Engineering, Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

E.V. GALPEROVA, PhD in Engineering, Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Abstract: Study of development prospects of the country's economy and energy requires long-term forecasting of energy demand. Such forecasting is particularly complex due to, among other things, uncertainty of economic and political conditions and technological development, as well as increasing ambiguity and variability of the relevant influencing factors and trends. The article provides an analysis of the current state, long-term trends, and new directions of energy use in large sectors of the Russian economy (industry, household, transport), including comparisons with other countries. The applied methodological approach to forecasting energy demand can be adjusted for promising structural and technological changes in industries, the spread of new technologies, and improved energy efficiency. Possible trajectories of changes in electricity and energy demand and in the energy intensity of Russia's GDP in the period until 2050 are calculated for conservative and baseline economic development scenarios. It is shown that the dynamics of per capita electricity consumption in Russia correspond to global trends. Additionally, estimates of changes in energy consumption levels associated with the use of digital technologies in the household sector and with large-scale development of electric mobility are also given.

Keywords: development scenario, economic growth, forecasting, fuel and energy complex, prospects, energy consumption, energy demand, energy intensity.

Received 26.04.2022. Accepted 06.09.2022.

For citation: *O.V. Mazurova and E.V. Gal'perova. Energy Consumption in Russia: Current State and Forecast // Studies on Russian Economic Development. 2023. Vol. 34. No. 1. Pp. 105-114.*
DOI: 10.1134/S1075700723010136