

УДК 620.9:551.588.74(571)

Регион: экономика и социология, 2023, № 4 (120), с. 271–298

**Б.Г. Санеев, А.Д. Соколов, И.Ю. Иванова, А.Г. Корнеев,
Г.Г. Лачков, Е.П. Майсюк, Р.И. Музычук, С.П. Попов,
Л.Н. Такайшвили**

ЭНЕРГЕТИКА ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ

Исследования развития энергетики восточных регионов России с учетом тенденций технологического развития ТЭК страны носят сложный и комплексный характер. В условиях новых вызовов, связанных с геополитической обстановкой и санкционным давлением на Россию, восточные регионы играют особую и важную роль. Выдвинутые мировым сообществом и поддерживаемые Правительством РФ требования по декарбонизации экономики вносят свои коррективы при оценке развития топливно-энергетического комплекса и входящих в него энергетических систем.

В данной работе для выявления значимых факторов, влияющих на развитие территориально-производственной структуры ТЭК, на энергопотребление, на формирование транспортной инфраструктуры восточных регионов России, на экспорт энергоресурсов в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, на эффективность энергоснабжения потребителей изолированных и труднодоступных территорий, выполнен анализ региональных особенностей функционирования систем энергетики востока РФ. В результате анализа выделено несколько категорий особенностей энергетических систем восточных регионов страны: социально-экономические, инфраструктурные, отраслевые, топливно-энергетического баланса, эколого-климатические. Все эти особенности взаимосвязаны и должны быть приняты во внимание при формировании

сценариев развития энергетики с учетом перехода к низкоуглеродным технологиям.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс; энергетическая инфраструктура; топливно-энергетический баланс; энергоёмкость ВВП; потребление топливно-энергетических ресурсов; выбросы загрязняющих веществ; парниковые газы; энергетическое сотрудничество

Для цитирования: Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Иванова И.Ю., Корнеев А.Г., Лачков Г.Г., Майсюк Е.П., Музычук Р.И., Попов С.П., Такайшвили Л.Н. Энергетика восточных регионов России: региональные особенности и декарбонизация // Регион: экономика и социология. – 2023. – № 4 (120). – С. 271–298. DOI: 10.15372/REG20230412.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из глобальных современных вызовов является переход к низкоуглеродной экономике. В связи с этим перед Россией стоят непростые задачи, требующие кардинального изменения не только структуры топливно-энергетического баланса, но и производственной структуры отечественной экономики в целом. В России, как и в других странах, «энергетический переход» имеет свои специфические особенности, связанные с текущим состоянием экономики и энергетики страны и ее регионов. Важную роль в энергоснабжении страны и поставках энергетических ресурсов на внутренний и мировой рынки играют ее восточные регионы.

В данном исследовании в составе восточных регионов России учитываются все субъекты Дальневосточного и Сибирского федеральных округов. Все остальные субъекты рассматриваются как западные регионы России.

В свете Распоряжения Правительства РФ от 2 сентября 2022 г. № 25-15-р¹ о выполнении важнейшего инновационного проекта государственного значения по созданию Единой национальной системы

¹ См.: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.09.2022 № 2515-р. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209020048> (дата обращения: 22.12.2022).

мониторинга климатически активных веществ большое значение приобретает анализ функционирования топливно-энергетических систем как основного эмитента парниковых газов в атмосфере.

В настоящее время в восточных регионах России сложились свои особенности энерго- и топливоснабжения потребителей, обусловленные суровым климатом территорий, повышенной потребностью в тепловой и электрической энергии, а также наличием богатых запасов угля и углеводородов. Одной из критически важных особенностей в энергетике восточных регионов является преобладание угля в топливно-энергетическом балансе, что способствует поступлению в атмосферу значительных объемов парниковых газов: метана и диоксида углерода. Согласно Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года² Россия обязалась к 2030 г. снизить выбросы парниковых газов до 70% от уровня 1990 г. с учетом поглощений в лесном хозяйстве и при землепользовании. При этом в структуре совокупных выбросов парниковых газов по секторам экономики до 78,7% приходится на энергетику [3; 5], а наибольшие площади управляемых лесов и земельных угодий, участвующих в поглощении парниковых газов, сконцентрированы именно на территориях восточной части страны. В настоящее время проблемы декарбонизации обсуждаются всем мировым сообществом [15; 16], в том числе они обсуждаются и в России [1; 2; 4; 11], однако единое решение для большинства стран состоит в необходимости достижения нулевых выбросов углекислого газа, что нашло свое отражение в Парижском соглашении³.

Исходя из существующих региональных особенностей функционирования энергетических систем восточной части России назрела

² См.: *О Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года*: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения: 01.12.2022).

³ См.: *Парижское соглашение*. Организация Объединенных Наций. 2015. – URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf (дата обращения: 01.11.2021).

необходимость провести их тщательный анализ. Именно учет региональных особенностей рассматриваемых территорий позволит сформировать сценарии низкоуглеродного развития их энергетики.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Территория восточных регионов составляет 66,1% от площади РФ, здесь проживает около 17,2% населения страны и производится 16,1% валового продукта. В восточных регионах сконцентрированы основные топливно-энергетические ресурсы России. Роль восточных регионов страны в экономике постоянно возрастает, и главное место в этом принадлежит топливно-энергетическому комплексу (добыча нефти, газа, угля, производство электрической и тепловой энергии). Доля восточных регионов в российском валовом региональном продукте в 2020 г. составила 16,1%. Налоговые доходы в общий региональный бюджет Сибирского федерального округа равнялись в 2020 г. 112 тыс. руб. на душу населения, что ниже аналогичного показателя по РФ на 12%, а по сравнению с ВРП западной части России – на 16%.

Несмотря на богатую минерально-сырьевую базу и растущие объемы добычи нефти, газа, угля, золота, алмазов, редкоземельных металлов и др., налоговые доходы на душу населения на востоке страны значительно ниже показателя ВРП на душу населения, а бюджеты восточных регионов являются высокодотационными.

Одним из ключевых факторов, ограничивающих переход к безуглеродной энергетике, могут стать недостаточные инвестиции, в том числе и в отрасли ТЭК. Главными причинами дефицита инвестиций в настоящее время являются неблагоприятные условия внешней торговли, оседание основной доли налога на добычу полезных ископаемых в федеральном бюджете, обострение социально-экономического неравенства, недостаток налоговой базы субъектов, входящих в состав макрорегиона, и др.⁴

⁴ См.: *Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года* (разработан Минэкономразвития Рос-

Таблица 1

Производство топливно-энергетических ресурсов в России и ее восточных регионах, 2020 г.

Показатель	Россия	Восточные регионы
Электроэнергия, млрд кВт·ч	1 089,7	275,1
Теплоэнергия, млн Гкал	1 242,5	269,1
Уголь, млн т	398,1	382,1
Газ природный и попутный, млрд куб. м	694,5	58,8
Нефть, млн т	513,1	79,9
Переработка нефти, млн т	275,1	54,1

Источник: [12, с. 611–613, 618, 619].

Топливо-энергетический комплекс восточных регионов имеет значительный ресурсный потенциал, наличие которого позволило создать здесь крупную топливно-энергетическую базу России. В этих регионах добывается 96% угля страны, 15,6% нефти, 8,5% природного газа, производится 25,2% электроэнергии и 21,7% тепловой энергии, перерабатывается 19,7% нефти [12] (табл. 1).

В восточных регионах расходуется 142,3 млн т у.т. первичных энергоресурсов, или 18,4% от всей потребляемой в России первичной энергии. На эти регионы приходится около четверти общероссийского потребления электроэнергии, пятая часть потребления тепловой энергии, 68,5% потребления угля и лишь 7,9% – природного газа [12] (табл. 2).

Наличие в восточных регионах крупных месторождений нефти и природного газа создает предпосылки для организации здесь крупных нефтегазовых комплексов, способных не только обеспечивать внутреннюю потребность регионов, но и поставлять излишки углеводородов на экспорт – в Японию, Китай, Южную Корею и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Роль восточного направ-

сии). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/4c3674f211a65e5503e9bf95e11221a4bd7fda7e/ (дата обращения: 07.11.22).

Таблица 2

Потребление топливно-энергетических ресурсов в России и ее восточных регионах, 2020 г.

Показатель	Россия	Восточные регионы
Электроэнергия, млрд кВт·ч	1 085,0	272,6
Теплоэнергия, млн Гкал	1 126,3	235,0
Уголь, млн т	167,6	114,8
Газ природный и попутный, млрд куб. м	476,3	37,4

Источник: составлено по формам статотчетности 4-ТЭР за 2020 г.

ления в экспорте топливно-энергетических ресурсов в сложившихся геополитических условиях весьма существенна, в том числе с позиций обеспечения энергетической безопасности мира и его основных региональных рынков, а также с позиций формирования экспортных доходов страны. Сдерживающим фактором здесь выступают пропускная способность и состояние транспортных магистралей, портов и терминалов.

В настоящее время экспортные коридоры для поставок нефти и природного газа в восточных регионах России представлены в основном двумя трассами трубопроводного транспорта: нефтепроводом «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) и газопроводом «Сила Сибири». В целом из восточных регионов на экспорт в 2020 г. было поставлено 3,4 млрд кВт·ч электрической энергии, 11,6 млн т сжиженного природного газа, 48,2 млн т нефти и 3,8 млрд куб. м трубопроводного природного газа.

Таким образом, при сложившихся социально-экономических и инфраструктурных особенностях восточных регионов России основными задачами в области декарбонизации энергетики станут обеспечение экспорта энергоносителей и критических материалов для низкоуглеродной экономики и достижение связанности регионов страны за счет развития транспортной инфраструктуры для снабжения собственных потребителей и объектов региональной энергетики низкоуглеродными и безуглеродными энергоносителями.

ОСОБЕННОСТИ ОТРАСЛЕВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Системы электроснабжения

В структуре производства электроэнергии в восточных регионах более половины приходится на гидроэлектростанции, в отличие от западной части РФ, где этот показатель не превышает 9% (рис. 1). В то же время в западных регионах велика доля атомных электростанций.

Объединенные электроэнергетические системы. Объединенная электроэнергетическая система (ОЭС) Сибири – одно из крупнейших объединений Единой электроэнергетической системы (ЕЭС) России. Площадь территории, охватываемой ОЭС Сибири, – 4 944,3 тыс. кв. км. Электроэнергетический комплекс объединения образуют 118 электростанций суммарной установленной мощностью 52,1 ГВт. Основная электрическая сеть ОЭС Сибири сформирована на базе линий электропередачи напряжением 110, 220, 500 и 1150 кВ общей протяженностью около 103 тыс. км.

Объединенная электроэнергетическая система Востока связана с ОЭС Сибири и граничит с энергосистемой Китая. ОЭС Востока образуют 40 электростанций, 653 ЛЭП напряжением 110–500 кВ общей протяженностью около 34 тыс. км [7]. Установленная мощность электростанций ОЭС Востока – 11,1 ГВт.

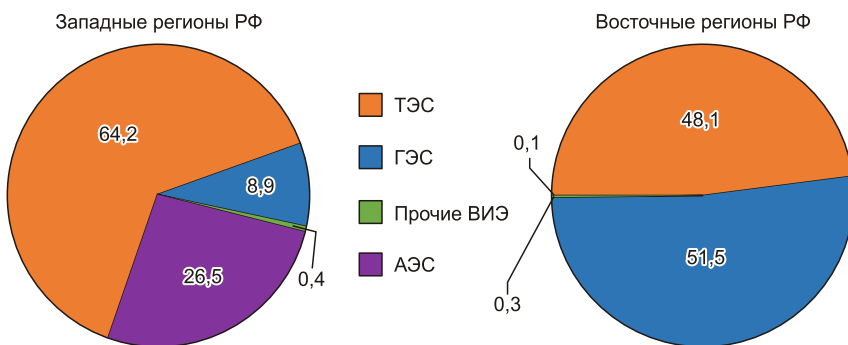


Рис. 1. Структура производства электроэнергии в западных и восточных регионах РФ, 2020 г., %

Годовая выработка электроэнергии электростанциями ОЭС Сибири и ОЭС Востока в 2020 г. составила 251 млрд кВт·ч, 82% из которых было выработано ОЭС Сибири. Из этого объема 46% произведено на ТЭС, 54% – на ГЭС (преимущественно сибирских регионов), на солнечных электростанциях (СЭС) – 0,1%.

Годовое потребление электроэнергии по двум энергообъединениям составило 250 млрд кВт·ч [7]. Наибольшие уровни электропотребления и максимума нагрузки в ОЭС Сибири наблюдаются в Иркутской, Кемеровской областях и Красноярском крае, что объясняется наличием в этих регионах крупных алюминиевых заводов. В ОЭС Востока наибольшие уровни электропотребления и максимума нагрузки отмечаются в Приморском и Хабаровском краях как наиболее промышленно развитых регионах.

ОЭС Сибири и ОЭС Востока имеют экспортные электрические связи с соседними государствами. Параллельно с ОЭС Сибири работает электроэнергетическая система (ЭЭС) Монголии через двухцепную ЛЭП 220 кВ из ЭЭС Бурятии. ОЭС Востока связана с ЭЭС Китая по ЛЭП 220 и 500 кВ через вставку постоянного тока, а также на переменном токе в «островном режиме» [7].

Большая пространственная протяженность ОЭС Сибири и ОЭС Востока, суровые природно-климатические условия в охватываемых ими регионах влекут повышенные капиталоёмкость и эксплуатационные затраты, а также длительные сроки строительства электростанций и электросетевых объектов. Фактические потери электрической энергии в сетях ПАО «Россети Сибирь» по итогам 2020 г. составили 7,3% от отпуска в сеть⁵.

⁵ См.: Годовой отчет ПАО «Россети Сибирь» по результатам работы за 2020 год. – URL: [https://www.rosseti-sib.ru/upload/iblock/f09/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%9F%D0%90%D0%9E%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8%20%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D1%80%D1%8C%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%20\(%D0%B1%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82\).pdf](https://www.rosseti-sib.ru/upload/iblock/f09/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%9F%D0%90%D0%9E%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8%20%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D1%80%D1%8C%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%20(%D0%B1%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82).pdf) (дата обращения: 26.10.2022).

Изолированные энергосистемы. Изолированно от ОЭС Сибири и ОЭС Востока в восточных регионах функционируют пять энергосистем на территории Красноярского и Камчатского краев, Сахалинской и Магаданской областей, Чукотского автономного округа. Суммарная установленная мощность электростанций изолированных энергосистем – немногим более 7 ГВт. Почти половину из них составляют тепловые электростанции (рис. 2).

В структуре мощности энергосистем Норильско-Таймырского района и Магаданской области значительная доля приходится на ГЭС – 41 и 76% соответственно. Почти третью часть мощности Чукотского АО составляют атомные электростанции: Билибинская АЭС (36 МВт после вывода из эксплуатации одного блока) и плавучая атомная теплоэлектростанция в г. Певек.

Следует отметить довольно высокую долю автономной генерации на территории изолированных энергосистем, особенно в Чукотском АО и Камчатском крае. Возобновляемые источники энергии составляют незначительную долю в суммарной мощности на этих территориях, за исключением Камчатского края и Сахалинской области, где наряду с ветростанциями (ВЭС) функционируют геотермальные электростанции (ГеоЭС). Ежегодно электростанциями на рассматри-

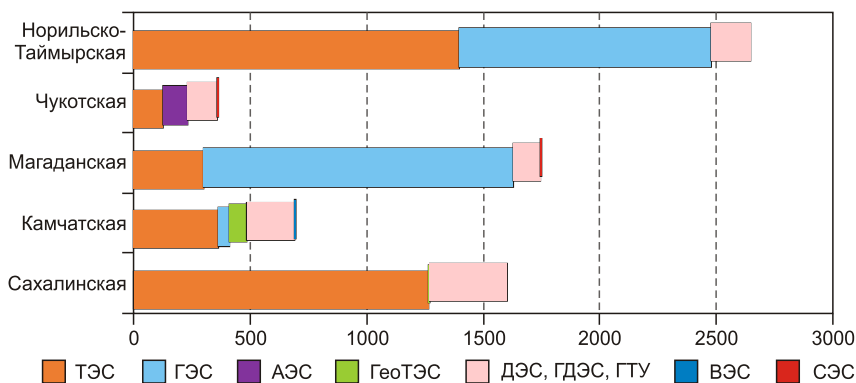


Рис. 2. Установленная мощность электростанций на территории изолированных энергосистем, 2020 г., МВт

ваемых территориях производится около 20 млрд кВт·ч электроэнергии, 56% из которых приходится на долю тепловых электростанций⁶.

Самая северная часть территории изолированных энергосистем относится к зоне Арктики. Это Таймырский и Туруханский районы Красноярского края, 13 районов Республики Саха (Якутия) и вся территория Чукотского АО. В настоящее время суммарная мощность электростанций восточной Арктики составляет 3183 МВт. Производство ими электроэнергии оценивается в немногим более 10 млрд кВт·ч, из которых свыше 90% приходится на Таймыро-Туруханскую зону.

Автономное электроснабжение. Отличительной особенностью восточных регионов РФ является отсутствие на значительной территории централизованного электроснабжения. Объединенные энергосистемы обеспечивают электроснабжение южных и отдельных центральных районов. На территории изолированных систем централизованным электроснабжением охвачены только наиболее промышленно развитые районы.

Установленная мощность автономных коммунальных электростанций и выработка электроэнергии в восточных регионах состав-

⁶ Данные из схем и программ развития электроэнергетики субъектов РФ на 2022–2026 гг. (см.: *Распоряжение* губернатора Красноярского края от 30.04.2021 г. № 212-рг «Об утверждении Схемы и программы развития электроэнергетики Красноярского края на период 2022–2026 годов». – URL: <http://kodeks.karelia.ru/api/show/574771512>, дата обращения: 20.10.2022; *Указ* главы Республики Саха (Якутия) от 29.04.2022 г. № 2424 «О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутии) на 2022–2026 годы». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400202205040007>, дата обращения: 12.10.2022; *Распоряжение* губернатора Камчатского края от 29.04.2022 г. № 286-Р «Об утверждении Схемы и программы развития электроэнергетики Камчатского края на 2022–2026 годы». – URL: <https://www.kamgov.ru/minzkh/shema-i-programma-razvitiia-energetiki-kamcatskogo-kraa>, дата обращения: 26.10.2022; *Указ* губернатора Сахалинской области от 29.04.2022 г. № 23 «Об утверждении Схемы и Программы развития электроэнергетики Сахалинской области на 2022–2026 годы». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/406074061>, дата обращения: 20.10.2022; *Распоряжение* губернатора Чукотского автономного округа от 19.04.2022 г. № 121-рг «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Чукотского автономного округа на 2022–2026 годы». – URL: <https://чукотка.рф/documents/normativno-pravovyye-akty/11548/>, дата обращения: 18.10.2022), а также из форм статистической отчетности «Электробаланс» за 2020 г.

ляют более 80% от суммарных показателей по России, в восточной Арктике – 32 и 24% соответственно. О состоянии электростанций свидетельствуют показатели удельных расходов топлива на выработку электроэнергии: от 230 до 800 г у.т./кВт·ч. Вследствие неразвитости транспортной инфраструктуры и сложной логистики цена топлива для дизельных электростанций (ДЭС) в восточных регионах составляет 45–65 тыс. руб./т, в восточной Арктике – 50–70 тыс., в отдельных труднодоступных районах превышает 130 тыс. руб./т.

В структуре затрат на энергоснабжение изолированных от энергосистем потребителей расходы на топливо достигают 80–90%. В восточных регионах средневзвешенные затраты превышают среднероссийские показатели на 8–10%, в восточной Арктике – на 25%. В Чукотском автономном округе удельные затраты на производство электроэнергии достигают 45,3 руб./кВт·ч. Это является одной из причин высоких экономически обоснованных тарифов на электроэнергию на объектах генерации и компенсируется из средств бюджетов разного уровня. Объем ежегодных субсидий на компенсацию выпадающих доходов энергоснабжающим предприятиям в восточных регионах превышает 20 млрд руб.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Установленная мощность электростанций России на основе ВИЭ (исключая крупные гидроэлектростанции), входящих в состав Единой электроэнергетической системы России, составляет 3 996 МВт⁷. Основные объекты системной ВИЭ-генерации расположены в западной части страны. В восточных регионах в составе объединенных энергосистем функционируют исключительно солнечные электростанции, и только в составе ОЭС Сибири. Их суммарная установленная мощность – 350 МВт.

Особенностью сложившейся и перспективной⁸ структуры генерирующих мощностей на основе возобновляемых источников энергии в рамках ОЭС Сибири и ОЭС Востока является отсутствие ВЭС. Это связано со сравнительно низким ветроэнергетическим потенциалом

⁷ См.: *Отчеты о функционировании ЕЭС.* – URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc-ups/> (дата обращения: 02.11.2022).

⁸ О проектах ВИЭ см.: <https://www.atsenergo.ru/vie/proresults> (дата обращения: 02.11.2022).

территории восточной части России в пределах ОЭС Сибири и ОЭС Востока, за исключением отдельных районов на восточном побережье.

В северо-восточных районах в зоне действия локальных энергоузлов возобновляемая генерация, за исключением крупных ГЭС, представлена в Камчатском крае Мутновской и Верхне-Мутновской геотермальными электростанциями мощностью 62 МВт, каскадом Толмачевских ГЭС совокупной мощностью 45,4 МВт, а также ветроэнергетическими станциями в Чукотском АО (2,58 МВт) и Камчатском крае (3,3 МВт). В то же время возобновляемые источники энергии в восточных регионах применяются довольно широко, в отличие от западной части РФ, в зонах автономного электроснабжения с целью экономии дальнепривозного топлива.

Таким образом, к *особенностям систем электроснабжения* восточных регионов следует отнести

- существенную долю гидрогенерации в составе ОЭС Сибири и ОЭС Востока – 48,5 и 41,5% соответственно;
- преобладающую долю угля на тепловых электростанциях: в ОЭС Сибири – 85,6%, в ОЭС Востока – 62,3%;
- повышенные удельные расходы топлива на ТЭС. Средние значения – 350–390 г у.т./кВт·ч;
- повышенную долю коммунально-бытовой нагрузки в электропотреблении ОЭС Востока – 25%;
- повышенные потери электроэнергии в сетях ОЭС Сибири и ОЭС Востока, обусловленные большой площадью обслуживаемой территории;
- наличие изолированно функционирующих энергосистем, чаще всего состоящих из нескольких энергоузлов, электростанции которых имеют худшие технико-экономические показатели даже по сравнению со средними в восточных регионах;
- низкую долю возобновляемой энергетики, функционирующей в составе энергосистем Сибири и Востока;
- наличие значительного количества территорий, изолированных от энергосистем и энергоузлов, электроснабжение потребителей на которых осуществляют автономные электростанции, чаще всего ДЭС.

Системы теплоснабжения

Восточные регионы занимают четвертую часть в структуре установленной тепловой мощности ТЭС России, в производстве тепловой энергии на них приходится 22% вследствие относительно меньшей доли котельных (рис. 3).

Производство тепловой энергии всеми источниками теплоснабжения в СФО в 2020 г. достигло 187,4 млн Гкал, или 15,1% от суммарного производства тепла в стране, в ДФО в 2020 г. – 81,6 млн Гкал (6,6%)⁹. Структура производства тепловой энергии в восточных регионах характеризуется преобладающей долей ТЭС, в отличие от западной части РФ (рис. 4).

Для производства тепловой энергии в восточных регионах страны используется преимущественно уголь. Доля угля в производстве тепловой энергии в СФО составляет 76,0%, в ДФО – 61,4%, доля газа в СФО – 17,9%, в ДФО – 30,2%.

Продолжительный осенне-зимний период в восточных регионах обуславливает большую выработку тепла на ТЭЦ в этих регионах, а соответственно, большие объемы сжигаемого топлива и большие объемы вредных выбросов в атмосферу.

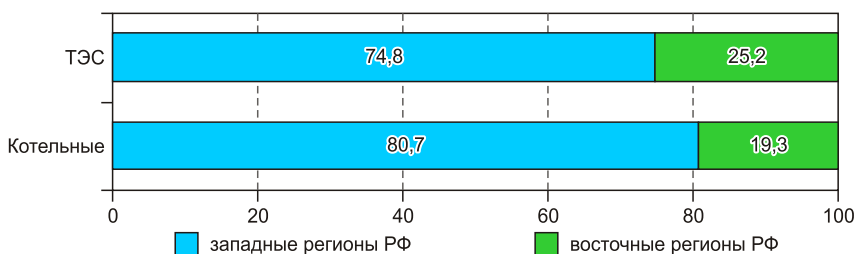


Рис. 3. Доли западных и восточных регионов РФ в производстве тепловой энергии на ТЭС и котельных, 2020 г., %

⁹ См.: *Использование топливно-энергетических ресурсов на отдельные виды продукции, работ (услуг) в 2017–2020 гг. Форма 4-ТЭР*. Росстат.

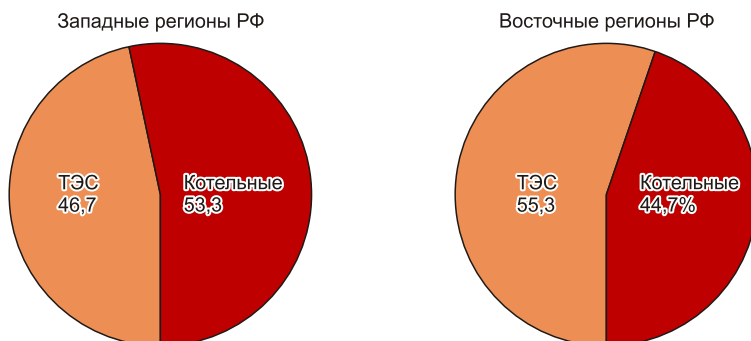


Рис. 4. Структура производства тепловой энергии в западных и восточных регионах РФ, 2020 г., %

Удельные расходы условного топлива на тепловую энергию, отпущенную котельными, характеризуются сравнительно высокими значениями по сравнению со среднероссийскими показателями (170,4 кг у.т./Гкал): в СФО – 186,9 кг у.т./Гкал, в ДФО – 208,1 кг у.т./Гкал¹⁰. Это связано с преобладанием в восточных регионах угольных котельных с более низким КПД.

Общая протяженность тепловых сетей в восточных регионах в 2020 г. составила 41,7 тыс. км, или 24,8% от общей протяженности тепловых сетей в России. При этом имеет место высокий износ: протяженность ветхих сетей достигает в СФО 30,9% от общей протяженности, в ДФО – 18,4%.

Таким образом, к *особенностям систем теплоснабжения* восточных регионов следует отнести

- преобладание угля и низкую долю природного газа в производстве тепловой энергии;
- высокие удельные расходы условного топлива на тепловую энергию, отпущенную котельными;
- повышенные удельные расходы тепловой энергии;
- высокую долю ветхих тепловых сетей.

¹⁰ См.: *Использование топливно-энергетических ресурсов на отдельные виды продукции, работ (услуг) в 2017–2020 гг.* Форма 4-ТЭР. Росстат.

Угольная промышленность

Объемы добычи угля в 2020 г. в восточных регионах страны оцениваются в 385,7 млн т. Доля восточных регионов в показателях добычи, переработки угля и поставок на внутренний рынок превышает 90%, а в поставках на экспорт достигла в 2020 г. 99%. Динамика добычи и поставок угля характеризуется ростом поставок на экспорт при сокращении поставок на внутренний рынок¹¹ (рис. 5).

Рост добычи угля обеспечивается за счет открытого способа [8]. В условиях санкционного давления на Россию в угольной промышленности существует негативная тенденция, связанная с увеличением использования импортного оборудования [10]. По основным процессам производства соотношение используемого отечественного и импортного горно-шахтного оборудования характеризуется высокой импортозависимостью (от 60 до почти 100%), в особенности для открытого способа добычи [13; 14].

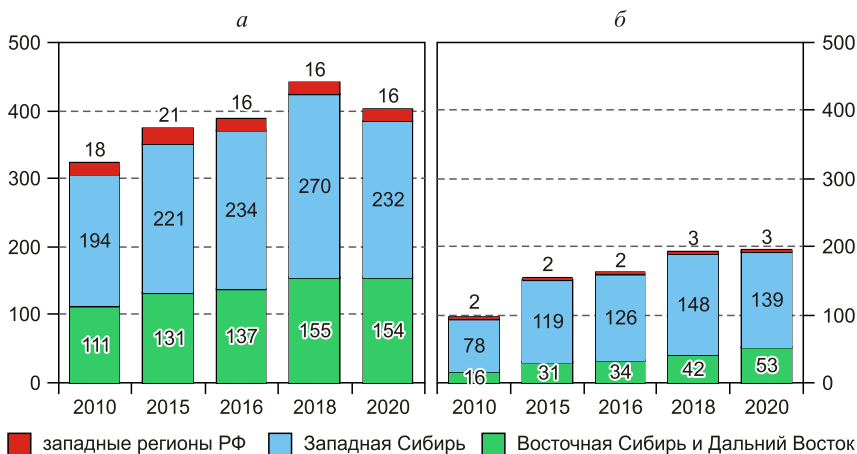


Рис. 5. Динамика добычи (а) и экспорта (б) угля по западным и восточным регионам РФ, млн т

¹¹ Статистические и аналитические информационные материалы по основным показателям производственной деятельности организаций угольной отрасли России см. на сайте <http://www.cdu.ru> (дата обращения: 23.12.2021).

Следует отметить, что из регионов СФО на экспорт поставляются преимущественно высококачественные каменные и коксующиеся угли, а из дальневосточных – бурые угли (в основном из Сахалинской области). Уголь экспортируется преимущественно морским транспортом. В восточном направлении его доставка до угольных терминалов и погранпереходов осуществляется железнодорожным транспортом¹². При этом расстояние для экспортеров угля из Западной Сибири и Республики Хакасии составляет от 5,2 до 6,0 тыс. км¹³.

Курс на декарбонизацию экономики в развитых странах мира может в перспективе привести к значительному сокращению востребуемых объемов энергетического угля [9].

В восточных регионах России расположены наиболее крупные гидроэлектростанции страны, и угольные электростанции традиционно восполняют потребность в электроэнергии при снижении выработки электроэнергии на ГЭС в периоды низкой водности рек.

Таким образом, к особенностям добычи и поставок угля в восточных регионах страны относятся

- возрастание роли восточных регионов в добыче, переработке и поставках российских углей;
- возможное постепенное сокращение объемов поставок углей восточных регионов под влиянием курса на декарбонизацию российской экономики;
- необходимость снижения импортозависимости для стабильного и надежного функционирования угольной промышленности;
- отсутствие адекватной законодательной базы и стимулирующих механизмов в отношении экологических аспектов разработки угольных месторождений;
- наличие значительных логистических проблем, связанных с транспортировкой угольной продукции, в том числе на экспорт, в особенности железнодорожным транспортом.

¹² URL: <https://ru.investinrussia.com/data/file/ey-russia-transportation-services-2020.pdf> (дата обращения: 31.10.2022).

¹³ URL: https://glogist.ru/site/calculateDist?CalcDistance%5Bfrom_station%5D=870000&CalcDistance%5Bto_station%5D=980200 (дата обращения: 31.10.2022).

Системы газоснабжения и газификации

Несмотря на наличие огромных запасов природного и попутного газа, в восточных регионах России практически отсутствует или слабо развита газоснабжающая инфраструктура. На фоне российских показателей газификации (70,9%) регионы восточной части страны имеют самые низкие уровни: в СФО – 25,0%, в ДФО – 23,9%. Это связано с высокой капиталоемкостью и низкой окупаемостью проектов газификации.

Причинами такого положения с газификацией в восточных регионах, наряду с низкой плотностью населения и пространственной рассредоточенностью населенных пунктов, являются относительно низкие цены на уголь и электроэнергию, а также низкая платежеспособность потребителей и суровые природно-климатические условия.

Наибольший уровень сетевой газификации достигнут в Новосибирской области и Хабаровском крае. В ряде субъектов (Республика Хакасия, Республика Тыва, Республика Бурятия, Забайкальский край, Амурская и Магаданская области, Еврейская автономная область) сетевая газификация отсутствует. В большинстве восточных регионов (за исключением Магаданской, Сахалинской областей и Чукотского автономного округа) частично используется СУГ. Ниже приведены уровни газификации восточных регионов в 2020 г. (%):

Омская обл.	52,2
Томская обл.	49,2
Новосибирская обл.	53,7
Алтайский край	23,9
Республика Алтай	19,5
Кемеровская обл.	18,4
Республика Тыва	4,7
Республика Хакасия	1,0
Красноярский край	18,5
Иркутская обл.	2,1
Республика Бурятия	0,1
Республика Саха (Якутия)	40,1
Забайкальский край	2,5
Камчатский край	46,0

Приморский край	23,8
Хабаровский край	61,6
Амурская обл.....	0,6
Магаданская обл.	0
Сахалинская обл.....	39,9
Еврейская авт. обл.....	1,6
Чукотский АО	20,9

ОСОБЕННОСТИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА

Основной особенностью топливно-энергетического баланса (ТЭБ) восточных регионов является преобладание угля. В этих регионах потребляется 68,5% угля и лишь 7,9% природного газа от российских показателей. Доля угля в потреблении топлива на электростанциях составляет 76%, в котельных – 58%. Тогда как в западной части России как электростанциями, так и котельными сжигается преимущественно природный газ, его доля достигает 88–90% (рис. 6 и 7).

Анализируя структуры приходной и расходной частей ТЭБ восточных регионов России, можно отметить высокую долю угля, что во многом определяет существование в энергетике экологических проблем и необходимость декарбонизации экономики региона. Большие

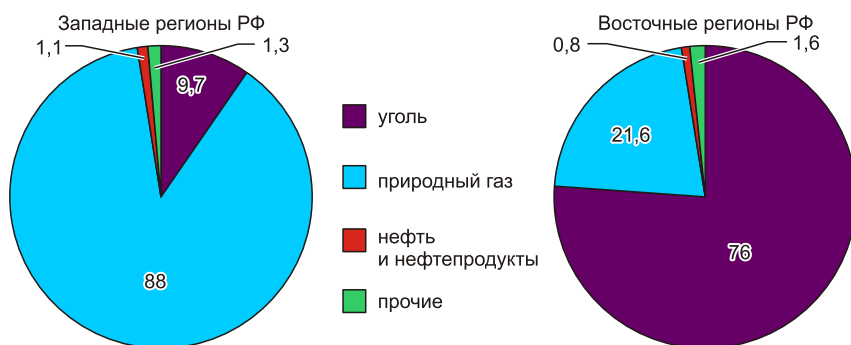


Рис. 6. Структура потребления топлива электростанциями в западных и восточных регионах РФ, 2020 г., %

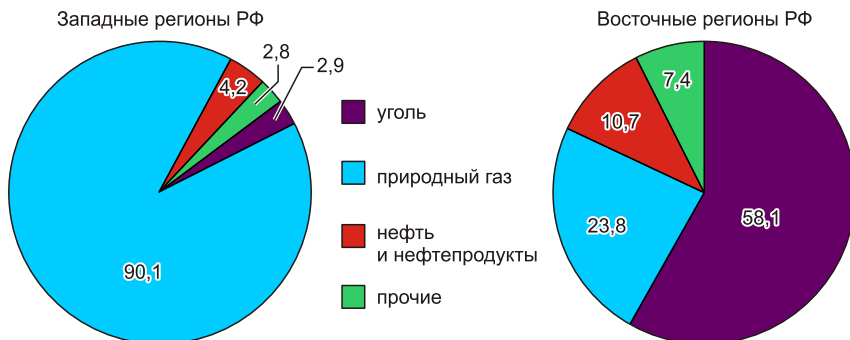


Рис. 7. Структура потребления топлива котельными в западных и восточных регионах РФ, 2020 г., %

объемы вредных выбросов значительно возрастают в периоды мало-
водья из-за снижения выработки электроэнергии на ГЭС и соответ-
ствующего увеличения выработки на ТЭС.

ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Экологические особенности функционирования энергетических объектов восточных регионов России связаны с объемами потребления топлива и его качественным составом. Несмотря на значительно меньший объем производства энергии и, соответственно, меньший расход топлива по сравнению с западной частью РФ, а также высокую долю гидрогенерации в производстве электроэнергии, доля восточных регионов в российской структуре выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) от ТЭС и котельных составляет 63%.

Наибольший объем выбросов в восточных регионах поступает в атмосферу от котельных (рис. 8), основным загрязняющим веществом являются твердые частицы. В структуре выбросов от ТЭС в восточных регионах наряду с выбросами твердых частиц (40–43% от суммарного выброса) почти 30% составляют выбросы диоксида серы, в отличие от крупных ТЭС западной части страны, где основной примесью являются оксиды азота (табл. 3).

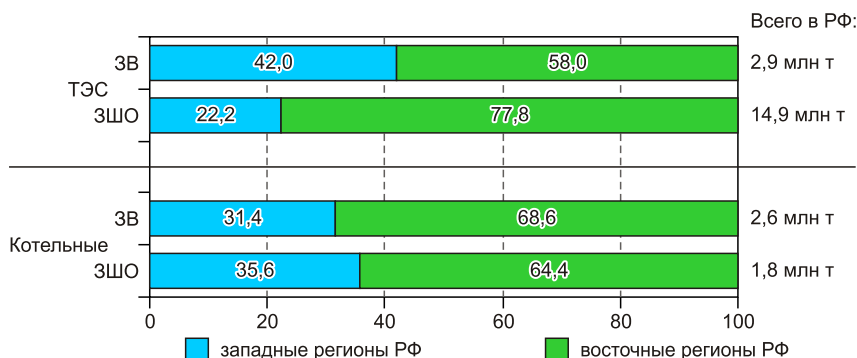


Рис. 8. Доли западных и восточных регионов РФ в расчетном выбросе загрязняющих веществ в атмосферу и образовании золошлаковых отходов от ТЭС и котельных, 2020 г., %

В списке из 37 городов России с самым высоким уровнем загрязнения атмосферы присутствует 27 городов, расположенных в восточных регионах [6]. Во всех городах приоритетного списка вклад в очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха внес бенз(а)пирен, в наибольших количествах поступающий в воздух в результате сжигания твердого топлива.

На восточные регионы приходится 66% от количества золошлаковых отходов (ЗШО), образуемых в целом по России. Наибольший

Таблица 3

Ингредиентная структура расчетных выбросов по западным и восточным регионам России, 2020 г., тыс. т/год

Регионы РФ	Расчетные выбросы в атмосферу				
	Твердые частицы	Диоксиды серы	Оксиды азота	Оксид углерода	Всего
Западные	857	386	542	247	2 032
Восточные	2 056	660	487	248	3 451
Россия	2 913	1 046	1 029	495	5 483

Источник: составлено автором Е.П. Майсюк.

вклад в этот показатель вносят ТЭС, на которых улавливается значительное количество летучей золы. Расчетное количество ЗШО на ТЭС в восточных регионах практически в 2 раза превышает их образование на ТЭС в западной части РФ, в котельных – в 3,4 раза.

Расчетный выброс диоксида углерода от ТЭС и котельных оценивается почти в 600 млн т, из которых третью часть поставляют в атмосферу энергообъекты восточных регионов страны. Более половины расчетной эмиссии CO_2 от генерирующих объектов приходится на долю ТЭС западной части РФ, что объясняется значительными объемами потребляемого топлива. Однако этот вклад формируется за счет потребления природного газа (94% от всего газа РФ), тогда как в восточных регионах высокий вклад ТЭС в эмиссии диоксида углерода формируется за счет угольной генерации. Удельный выброс диоксида углерода в восточных регионах составляет 2,5 т CO_2 /т у.т., а в западных – 1,7 т CO_2 /т у.т на единицу сожженного топлива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ текущего состояния топливно-энергетического комплекса восточных регионов России позволил выделить несколько категорий особенностей региональных энергетических систем: социально-экономические, инфраструктурные, отраслевые, топливно-энергетического баланса, эколого-климатические. Все эти особенности взаимосвязаны и требуют учета при формировании сценариев декарбонизации и перехода к низкоуглеродному развитию энергетики восточных регионов.

Приоритетные направления декарбонизации энергетических систем восточных регионов РФ должны включать

- внедрение современных и эффективных технологий сжигания угля;
- внедрение технологий улавливания CO_2 ;
- повышение уровня газификации регионов за счет как сетевого, так и сжиженного природного газа;
- увеличение доли возобновляемых источников энергии и др.

Учет особенностей региональных систем энергетики требует совершенствования научно-методического инструментария с использо-

ванием технологий, обеспечивающих единство информационной базы для стратегического планирования, мониторинга выполнения решений на каждом уровне иерархии энергетических систем Российской Федерации.

Исследование выполнено в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2022-0004) программы фундаментальных исследований РФ на 2021–2030 гг. с использованием ресурсов ЦКП «Высокотемпературный контур» (Минобрнауки России, проект № 13.ЦКП.21.0038)

Список источников

1. Аналитический доклад «Евразийские трансграничные экономические и научно-технические взаимодействия» / Международный научный центр СО РАН по проблемам трансграничных взаимодействий в Северной и Северо-Восточной Азии, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН. – Новосибирск, 2022. – 490 с.
2. Волошин В.И., Назарова О.Е. Низкоуглеродное развитие энергетики: угрозы для России и возможности их преодоления // Российский внешнеэкономический вестник. – 2022. – № 2. – С. 5–14. DOI: 10.24412/2072-8042-2022-2-5-15.
3. Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2019 гг. – М.: Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю.А. Израэля, 2021. – Ч. 1. – 459 с.
4. Новый импульс Азиатской России / Под. ред. В.А. Крюкова, Н.И. Суслова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2022. – 572 с.
5. Основные показатели охраны окружающей среды: Стат. бюл. – М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2021. – 110 с.
6. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ им. М.В. Ломоносова, 2021. – 864 с.
7. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2020 году / Системный оператор Единой энергетической системы. – 2021. – 36 с.
8. Петренко И.Э. Итоги работы угольной промышленности России за 2021 год // Уголь. – 2022. – № 3. – С. 9–23. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23.
9. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Основные тенденции развития угольной промышленности мира и России в условиях низкоуглеродной энергетики. Ч. II: Низкоуглеродное развитие как фактор снижения спроса на уголь и его влияние на планы развития угольной генерации // Горный журнал. – 2022. – № 8. – С. 17–23. DOI: 10.17580/gzh.2022.08.01.

10. Плаkitкина Л.С., Плаkitкин Ю.А., Дьяченко К.И. Оценка импортозависимости российских угольных компаний от закупок зарубежного оборудования // Горная промышленность. – 2018. – № 3. – С. 35–39.
11. Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю. Комплексный подход к стратегии низкоуглеродного социально-экономического развития России // Георесурсы. – 2021. – № 23 (3). – С. 3–7. DOI: 10.18599/grs.2021.3.1.
12. Регионы России: Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 1112 с.
13. Рожков А.А. Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз // Горная промышленность. – 2017. – № 6. – С. 4–13.
14. Рожков А.А., Карпенко С.М. Оценка уровня импортозависимости угольной промышленности России и подготовки инженерных кадров для импортозамещения горного оборудования // Горная промышленность. – 2020. – № 4. – С. 24–36.
15. Battiston S., Dafermos Y., Monasterolo I. Climate risks and financial stability // Journal of Financial Stability. – 2021. – No. 54. – 100867. DOI: 10.1016/J.JFS.2021.100867.
16. Summary for Policymakers // Climate Change 2021. – The Physical Science Basis / IPCC. – Cambridge University Press, 2021. – 41 p.

Информация об авторах

Санев Борис Григорьевич (Россия, Иркутск) – доктор технических наук, профессор, руководитель научного направления «Комплексные проблемы энергетики и региональная энергетическая политика», заведующий отделом Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: sanev@isem.irk.ru.

Соколов Александр Данилович (Россия, Иркутск) – доктор технических наук, заведующий лабораторией Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: sokolov@isem.irk.ru.

Иванова Ирина Юрьевна (Россия, Иркутск) – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: nord@isem.irk.ru.

Корнеев Анатолий Григорьевич (Россия, Иркутск) – старший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: korn@isem.irk.ru.

Лачков Георгий Георгиевич (Россия, Иркутск) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: g.lachkov@isem.irk.ru.

Майсюк Елена Петровна (Россия, Иркутск) – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: maysyuk@isem.irk.ru.

Музычук Роман Игоревич (Россия, Иркутск) – младший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: rmuz@isem.irk.ru.

Попов Сергей Петрович (Россия, Иркутск) – кандидат технических наук, заведующий международным исследовательским центром «Энергетическая инфраструктура в Азии» Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: popovsp@isem.irk.ru.

Такайшвили Людмила Николаевна (Россия, Иркутск) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130). E-mail: luci@isem.irk.ru.

DOI: 10.15372/REG20230412

Region: Economics & Sociology, 2023, No. 4 (120), p. 271–298

**B.G. Saneev, A.D. Sokolov, I.Yu. Ivanova, A.G. Korneev,
G.G. Lachkov, E.P. Maysyuk, R.I. Muzychuk,
S.P. Popov, L.N. Takaishvili**

ENERGY SECTOR IN EASTERN RUSSIA: REGIONAL FEATURES AND DECARBONIZATION

Research on energy development in Eastern Russia, in light of the nation's evolving energy sector technologies, is both multifaceted and intricate. Against the backdrop of new challenges driven by geopolitical dynamics and sanctions

on Russia, the Eastern regions play a pivotal role. The global mandate for economic decarbonization, endorsed by the Russian government, necessitates a reevaluation of energy sector growth and its integral energy systems.

This study examines regional features of energy systems in Eastern Russia to discern influential factors impacting territorial and production structures, energy consumption, transport infrastructure construction in the eastern part of the country, energy exports to Asia-Pacific nations, and the efficacy of energy distribution to isolated and remote areas. The analysis identifies several categories of regional energy system features in Eastern Russia, including socio-economic, infrastructural, sectoral, fuel and energy balance, and environmental-climatic aspects. These interconnected features must be considered when formulating energy development strategies, especially in the context of transitioning to low-carbon technologies.

Keywords: energy sector; energy infrastructure; fuel and energy balance; energy-GDP ratio; energy consumption; pollutant emissions; greenhouse gases; energy cooperation

For citation: Saneev, B.G., A.D. Sokolov, I.Yu. Ivanova, A.G. Korneev, G.G. Lachkov, E.P. Maysyuk, R.I. Muzychuk, S.P. Popov & L.N. Takaishvili. (2023). Energetika vostochnykh regionov Rossii: regionalnye osobennosti i dekarbonizatsiya [Energy sector in Eastern Russia: regional features and decarbonization]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 4 (120), 271–298. DOI: 10.15372/REG20230412.

The research was carried out under the government order project (No. FWEU-2022-0004) within the Program for Basic Research of the Russian Federation for 2021–2030 using the resources of the High-Temperature Circuit Multi-Access Research Center (Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. 13.CKP.21.0038)

References

1. *Analiticheskiy doklad “Evraziyskie transgranichnye ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie vzaimodeystviya”* [Analytical Report “Eurasian Cross-Border Economic and Scientific-Technical Interactions”]. (2022). Novosibirsk, International Re-

search Center SB RAS for Cross-Border Interactions in North and North-East Asia, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS, 490.

2. *Voloshin, V.I. & O.E. Nazarova.* (2022). Nizkouglerodnoe razvitie energetiki: ugrozy dlya Rossii i vozmozhnosti ikh preodoleniya [Low-carbon energy development: Challenges for Russia and ways to overcome them]. Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik [Russian Foreign Economic Journal], 2, 5–14. DOI: 10.24412/2072-8042-2022-2-5-15.

3. *Natsionalnyy doklad Rossiyskoy Federatsii o kadastre antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorptsii poglotitelyami parnikovyykh gazov, ne reguliruemyykh Monrealskim protokolom, za 1990–2019 gg.* Chast 1. [National Report of the Russian Federation on the Register of Anthropogenic Emissions from Sources and Absorption by Sinks of Greenhouse Gases Non-Regulated by the Montreal Protocol for 1990–2019. Part 1]. (2021). Moscow, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology Publ., 459.

4. *Kryukov, V.A. & N.I. Suslov.* (Eds.). (2022). Novyy impuls Aziatskoy Rossii [New Impetus for Asian Russia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 572.

5. *Osnovnye pokazateli okhrany okruzhayushchey sredy.* Stat. byull. [Main Indicators of Environmental Protection. Statistical Bulletin]. (2021). Moscow: Federal State Statistics Service (Rosstat), 110.

6. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu: Gosudarstvennyy doklad* [On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2020: State Report]. (2021). Moscow, Russian Ministry of Natural Resources and Environment; Lomonosov Moscow State University, 864.

7. *Otchet o funktsionirovanii EES Rossii v 2020 godu* [Report on Functioning of the Unified Energy System of Russia in 2020]. (2021). System Operator of the Unified Energy System, 36.

8. *Petrenko, I.E.* (2022). Itogi raboty ugolnoy promyshlennosti Rossii za 2021 god [Russia's coal industry performance for January – December, 2021]. Ugol [Coal], 3, 9–23. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23.

9. *Plakitkin, Yu.A., L.S. Plakitkina & K.I. Dyachenko.* (2022). Osnovnye tendentsii razvitiya ugolnoy promyshlennosti mira i Rossii v usloviyakh nizkouglerodnoy energetiki. Chast II. Nizkouglerodnoe razvitie kak faktor snizheniya sprosa na ugol i ego vliyanie na plany razvitiya ugolnoy generatsii [Major trends shaping development of coal industry in the world and in Russia under conditions of low-carbon energy economy. Part II. Low-carbon development as a factor of decline in coal demand and its implications for coal-fired power generation prospects]. Gornyy zhurnal [Mining Journal], 8, 17–23. DOI: 10.17580/gzh.2022.08.01.

10. *Plakitkina, L.S. Yu.A. Plakitkin & K.I. Dyachenko.* (2018). Otsenka importozavisimosti rossiyskikh ugolnykh kompaniy ot zakupok zarubezhnogo oborudovaniya [Assessment of the import dependence of Russian coal companies on the purchase of foreign equipment]. Gornaya promyshlennost [Russian Mining Industry], 3, 35–39.

11. *Porfiriev, B.N., A.A. Shirov & A.Yu. Kolpakov.* (2021). Kompleksnyy podkhod k strategii nizkouglerodnogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Rossii [Comprehensive approach to the strategy of low-carbon socio-economic development of Russia]. Georesursy [Georesources], 23 (3), 3–7. DOI: 10.18599/grs.2021.3.1.
12. *Regiony Rossii: Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli.* 2021: Stat. sb. [Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2021: Statistical Collection]. (2021). Moscow, Rosstat, 1112.
13. *Rozhkov, A.A.* (2017). Strukturnyy analiz importozameshcheniya v ugolnoy promyshlennosti Rossii: realnost i prognoz [Structural analysis of import substitution in the Russian coal industry: reality and prognosis]. Gornaya promyshlennost [Russian Mining Industry], 6, 4–13.
14. *Rozhkov, A.A. & S.M. Karpenko.* (2020). Otsenka urovnya importozavisimosti ugolnoy promyshlennosti Rossii i podgotovki inzhenernykh kadrov dlya importozameshcheniya gornogo oborudovaniya [Assessment of the level of import dependence of the Russian coal industry and training of engineering personnel for import substitution of mining equipment]. Gornaya promyshlennost [Russian Mining Industry], 4, 24–36.
15. *Battiston, S., Y. Dafermos & I. Monasterolo.* (2021). Climate risks and financial stability. Journal of Financial Stability, 54 (June), 100867. DOI: 10.1016/J.JFS.2021.100867.
16. *Summary for Policymakers.* (2021). In: Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. IPCC, Cambridge University Press, 41.

About Authors

Saneev, Boris Grigorievich (Irkutsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Scientific Direction “Complex Problems of Energy and Regional Energy Policy,” Head of Department at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: saneev@isem.irk.ru.

Sokolov, Alexander Daniilovich (Irkutsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Laboratory at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: sokolov@isem.irk.ru.

Ivanova, Irina Yuryevna (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher, Head of Laboratory at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: nord@isem.irk.ru.

Korneev, Anatoly Grigorievich (Irkutsk, Russia) – Senior Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: korn@isem.irk.ru.

Lachkov, Georgiy Georgievich (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Engineering), Senior Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: g.lachkov@isem.irk.ru.

Maysyuk, Elena Petrovna (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: maysyuk@isem.irk.ru.

Muzychuk, Roman Igorevich (Irkutsk, Russia) – Junior Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: rmuz@isem.irk.ru.

Popov, Sergey Petrovich (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Engineering), Head of the International Research Center “Energy Infrastructure in Asia” at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: popovsp@isem.irk.ru.

Takaishvili, Lyudmila Nikolaevna (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Engineering), Senior Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia). E-mail: luci@isem.irk.ru.

Поступила в редколлегию 21.02.2023.

После доработки 21.03.2023.

Принята к публикации 24.03.2023.