

Н.В. Горбачева

**ДИНАМИКА ЭНЕРГОПЕРЕХОДА СИБИРИ И СКАНДИНАВИИ:
ФАКТОРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ¹**

Аннотация. Настоящий поликризис, когда интенсифицируются и переплетаются экономические, геополитические и климатические проблемы, усугубляются противоречия и усложняются конфликты в глобальной энергосистеме, что ведет к трудностям энергоперехода для целого ряда стран и регионов. В качестве ответа на эти вызовы текущие ресурсные, технологические, человеческие потоки, от которых во многом зависит скорость, масштаб и глубина энергетических трансформаций, аккумулируются в рамках мегарегионов и региональных хабов, образуя во многом самостоятельные, конкурентоспособные конгломераты территориальных образований.

Сибирь и Скандинавия представляют релевантные мегарегионы для исследования основных трансформационных процессов, которые определяются достаточностью ресурсов, экологичностью и инновационностью производства энергии. Оба мегарегиона обладают подобными природными ареалами, энергетическим и промышленным потенциалом, численностью населения и уровнем его образования, структурой рабочей силы, степенью урбанизации. Будучи по ряду параметров схожими, мегарегионы выбирают разные типы декарбонизации энергосистемы в виде сочетания традиционных и возобновляемых источников энергии.

На основе проведенного компаративистского анализа использования традиционных и возобновляемых источников энергии в двух подобных социоэкономических контекстах – Сибири и Скандинавии, делается вывод, что, во-первых, достаточность сырья и материалов (не только энергоресурсов, но и редкоземельных металлов) приобретает приоритетное значение для масштабного энергоперехода. Во-вторых, факторы экологии и климата смещают акцент от сокращения выбросов в пользу наращивания поглощения парниковых газов для компенсации «углеродного следа» как традиционной, так и возобновляемой энергетики. В-третьих, инновации не только в самой энергетике, но и энергоемкой промышленности становятся ключевым параметром, определяющим динамику энергетических трансформаций в двух мегарегионах.

1. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-20308 (<https://rscf.ru/project/22-28-20308>) и финансовой поддержке Правительства Новосибирской области.

Ключевые слова: изменение климата; энергопереход; электроэнергетика; декарбонизация; углеводороды; возобновляемая энергетика; инновации; мегарегион; Сибирь; Скандинавия.

Горбачева Наталья Викторовна – кандидат экономических наук
СИУ РАНХиГС, старший научный сотрудник Институт экономики
и организации промышленного производства СО РАН.
Россия, Новосибирск.
E-mail: Nata_lis@mail.ru
Web of Science Researcher ID: E-6894-2017
ORCID: 0000-0001-7988-1848

Gorbacheva N.V. Energy transition in Siberia and Scandinavia: dimensions of transformation²

Abstract. *The present polycrisis which reveals itself in economic, geopolitical and climate challenges being interwoven and mutually intensified, when conflicts and controversies in the global energy system appear to be more complicated and deeper than anticipated. These make it challenging for many countries to engage in energy transition. As a response to these challenges, current resource, technological, and human flows, which greatly influence the speed, scale, and depth of energy transformation, have been concentrated in megaregional and regional hubs, creating self-sufficient, competitive agglomerations of territorial formations.*

The Siberia and Scandinavia megaregions appear to be relevant for studying basic transformation processes, which are determined by the availability of resources, sustainability, and innovation of energy use.

Both megaregions possess similar environmental characteristics, energy and industrial capacities, quantity of population and level of education, structure of labour force and degree of urbanization. Despite being quite comparable based on a number of similar dimensions, however, they choose different modes of decarbonization, i.e. combination of conventional and renewable sources of energy.

On the basis of comparative analysis of energy use in the two similar socio-economic contexts of Siberia and Scandinavia, it is possible to draw a conclusion that, firstly, the availability of commodities, not only energy resources but also rare earth metals, becomes a priority for large-scale energy transition. Secondly, ecological and climate change factors shift focus from cutting emission to removing carbon dioxide with purpose to offset «carbon footprint» from conventional and renewable energy. Thirdly, innovations not only

2. I am grateful to the Russian Science Foundation (RSF), grant No. 22-28-20308 «Assessing Benefits and Costs of Decarbonising the Economy: Comparative Analysis of Siberia and Scandinavia regions» (<https://rscf.ru/project/22-28-20308>) and Government of the Novosibirsk region.

in the energy sector, but also in manufacturing become a key parameter determining the dynamics of energy transformation in the two similar megaregions.

Keywords: *climate change; energy transition; electricity generation; decarbonization; fossil fuels; renewables; innovation; megaregion; Siberia; Scandinavia.*

Gorbacheva Natalya Viktorovna – Candidate of Economic Sciences,
Institute of Economics and Organization of Industrial Production
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Russia, Novosibirsk.

E-mail: Nata_lis@mail.ru

Web of Science Researcher ID: E-6894-2017

ORCID: 0000-0001-7988-1848

Введение

Экономическая нестабильность и геополитическая неопределенность усугубляют противоречия и конфликты в глобальной энергосистеме, усложняя энергопереход для разных стран и регионов. Уровень и интенсивность использования традиционных и возобновляемых источников энергии, будучи разнонаправленными процессами, определяют *скорость, масштаб и глубину* энергетических трансформаций, детерминанты которых меняются. Если раньше энергопереход планировался как эволюционный, поступательный процесс, требующий нескольких десятков лет, где был предусмотрен полный отказ от самого токсичного вида энергии – угля, при этом природному газу и атомной энергетике отводилась роль транзитного топлива, а долю ВИЭ предполагалось увеличивать постепенно с учетом накопления опыта и знаний, то сейчас энерготранзит приобретает противоречивый характер, когда угольная генерация пролонгируется, а природный газ становится слишком дефицитным и дорогим для выполнения своей основной роли, темпы внедрения ВИЭ стремительно ускоряются. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), в 2022–2027 гг. совокупная установленная мощность возобновляемых источников энергии в мире увеличится на 2400 ГВт, т.е. будет расти на 85% быстрее, чем в предыдущие пять лет, и на 30% быстрее, чем МЭА предсказывало годом ранее³. Несмотря на то что ежегодно за последние пять лет (2017–2021) глобальные инвестиции в энергетику снижались в среднем на 1,3 %⁴, вложения в электроэнергетику росли на 1,6 % и в постпандемийный

3. По данным IRENA, 2022.

4. Расчеты автора на основе IEA (2022), *World Energy Investment 2022*.

период впервые превысили объемы мировых вложений в добычу углеводородов: 530 млрд долл. против 457 млрд в 2021 г. Мир находится в стадии перехода к тотальной электрификации, и конкуренция между традиционными и возобновляемыми источниками энергии усиливается при переходе от петро-к электроэкономике.

Сибирь⁵ и Скандинавия⁶ – это важные мегарегионы, в значительной степени влияющие на происходящие энергетические трансформации в мире. Скандинавия представляет собой «зеленую электростанцию Европы», где планируется производить более 50% требуемой ЕС [REPowerEU Plan 2022] возобновляемой энергии в рамках North Seas Energy Cooperation (NSEC) [The Declaration 2022]. «Чистая» генерация в Скандинавии – это залог сохранения промышленности в ЕС, энергоемкая часть которой перемещается в нордический регион в ответ на американский «Inflation Reduction Act», предполагающий преференции и льготы для дислокации предприятий в США [H.R.5376 2022]. В Азии Китай также весной 2022 г. выпустил «Четырнадцатый план развития современной энергосистемы», согласно которому доля потребления безуглеродных источников энергии увеличится с 15,9% в 2021 г. до 25% к 2030 г., а ВИЭ станет главным компонентом энергобаланса страны. Эти планы не могут не касаться Сибири как основного российского экспортера углеводородов не только для Европы и Китая, но и для Индии и других бурно развивающихся экономик Азии. Более того, внутренние потребности в традиционной энергетике обусловлены созданием, согласно недавно принятой «Стратегии социально-экономического развития 2023», промышленных кластеров в Сибири, предполагающих создание к 2035 г. более 500 тыс. новых рабочих мест с привлечением более 16 трлн руб. инвестиций в мегарегион.

В силу определяющегося тренда актуально сравнить во многом сопоставимые по экономическим, энергетическим, климатическим параметрам Сибирь и Скандинавию, которые демонстрируют разные паттерны энергоперехода.

5. Мегарегион Сибирь включает 24 субъекта Российской Федерации, а именно Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Тюменская область, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Тыва, Республика Хакасия, Алтайский край, Забайкальский край, Красноярский край, Иркутская область, Кемеровская область, Новосибирская область, Омская область, Томская область, Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Магаданская область, Сахалинская область, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ [Супрун и др., 2018].

6. Мегарегион Скандинавия подразумевает единое пространство пяти северных стран: Дании, Исландии, Норвегии, Финляндии, Швеции.

Цель статьи – провести сравнительный анализ текущего состояния дел и перспектив энергетической трансформации Сибири и Скандинавии посредством выявления факторов общности и различия, которые в статье определяются тремя параметрами: 1) достаточностью ресурсов 2) экологичностью производства энергии 3) инновационным характером энергосистемы для реализации энергоперехода.

Выбор этих параметров объясняется возрастающей степенью их важности в определении *динамики* энергоперехода в современных условиях. *Достаточность* ресурсов считается объективным фактором масштабного энергоперехода, но сейчас они приобретают наивысший приоритет для обеспечения энергобезопасности в период военных конфликтов и геополитических противостояний. Если в эпоху глобализации многое можно купить и продать в рамках создания «глобальных цепочек стоимости», то текущая *деглобализация* фрагментирует торговое пространство, а возможная *реглобализация* реформатирует привычные маршруты поставок топлива и сырья [Blas, Farchy 2022]. *Факторы экологии и климата*, которые изменили «правила игры», сейчас превращаются в опосредованный фактор декарбонизации энергосистемы за счет не прямых рестрикций и ограничений, а в большей степени косвенных предпочтений и стимулов для создания «зеленых» союзов, торговых партнерств и «устойчивых» сфер влияния [Жилина 2020]. Будучи высокотехнологичной отраслью, энергетика неразрывно связана с *инновациями*, которые кардинальным образом изменяют как традиционную, так и возобновляемую энергетику [Горбачева 2019]. Показательно, что самый влиятельный глобальный энергетический саммит CERAWeek⁷, который состоялся в марте 2023 г., выделяет именно инновационную секцию AGORA как знаковое мероприятие. Но в настоящий момент энергетические разработки начинают все больше коррелировать с развитием *Новой индустриальной революции*, преобразующей не только энергетику, но и весь экономический уклад [Ленчук 2021]. Мировое производство в 100 трлн долл. на 80% зависит от углеводородов, и как обычная промышленность (металлургия, цемент, удобрения и др.), так и новые индустрии (дата-центры, хайтек и др.) до сих пор нуждаются в традиционной энергетике, поэтому переход от углеводородов к ВИЭ требует не только инноваций в энергетике, но и в промышленности. Таким образом, от степени доступности, экологичности и инновационности традиционной и возобновляемой энергии зависит во многом масштаб, скорость и глубина энергоперехода в Сибири и Скандинавии.

7. Повестка и Программа мероприятия с выложенными подкастами и записями трансляций. <https://ondemand.ceraweek.com/detail/video/6236403858001/voices-of-innovation:-ernie-moniz:-a-pragmatist-s-guide-to-decarbonization>

Акцент в исследовании сделан на электроэнергетике, поскольку производство электроэнергии, *во-первых*, обладает широким спектром источников энергии для выбора альтернатив генерации, что создает благоприятные условия для экономической конкуренции и ведет к снижению издержек для общества при энергопереходе. *Во-вторых*, электроэнергетика является самым крупным отраслевым потребителем первичной энергии, и даже небольшие изменения в структуре выработки электроэнергии существенно влияют на декарбонизацию всей энергосистемы. Следовательно, от того, как разрешится конфликт между разными источниками энергии, во многом зависит перспективный энергобаланс и будущее декарбонизации мировой экономики. «*Электрификация для изменения климата аналогична вакцине при борьбе с COVID-19*»: хотя это не панацея для решения проблемы, но необходимый инструмент для борьбы [Griffith 2021].

Достаточность энергии и энергетическая безопасность

Изобилие и дешевизна того или иного источника энергии во многом обуславливают его доминирование в энергобалансе, а его истощение и дороговизна побуждают к поиску альтернатив.

Энергоресурсы: запасы и потенциал. Углеводороды сыграли ключевую роль в экономическом становлении обоих мегарегионов [Кембриджская экономическая история... 2013, с. 106–107]. При этом в Сибири уголь до сих пор остается «королем», обеспечивая 36 % выработки электроэнергии [Крюков 2021]. Скандинавия же совершила радикальный «углеводородный отказ», при этом Швеции понадобилось 28 лет (1980–2008), чтобы перейти от 90% зависимости от нефти к 90% генерации электроэнергии на основе ВИЭ (с учетом гидро); Дании – 28 лет (1990–2018) для сокращения доли угля с 90 до 14% в электроэнергетике.

Скандинавы не только из-за стратегических установок, но и из-за скудости запасов углеводородов сделали ставку на гидроресурсы и атомную энергетику, хотя перспективы последней не очевидны в условиях планируемого Швецией закрытия АЭС [Nordic Energy Outlooks 2022]: к 2050 г. в мегарегионе планируется оставить только 12% от текущего уровня установленной мощности (1600 МВт), и только в Финляндии.

Сибирь также богата гидроресурсами, обеспечивающими 36% выработки электроэнергии, но, в отличие от Скандинавии, в Сибири отсутствует атомная энергия, «чистота» которой до сих пор обсуждается [Technical assessment 2020]. При этом Сибири не удалось избежать захоронения твердых радиоактивных отходов из европейской части РФ, которые еще с советского времени складированы в объеме более 1 млн м³ в г. Железногорске Красноярского края и г. Северске Томской области [Отчет по экологической безопасности

2019], так что показатели радиоактивности, которая отрицательно сказывается на здоровье сибиряков, кратно превышают средние показатели по европейской части России⁸.

Кроме традиционных, оба мегарегиона богаты возобновляемыми источниками энергии, причем Сибирь намного превосходит Скандинавию по природному потенциалу (в особенности по инсоляции⁹), но уступает по уровню реализации этого потенциала – 0,1 % против 19 % выработки электроэнергии за счет ВИЭ в 2020 г. Для развития ВИЭ в обоих мегарегионах имеется достаточная сырьевая база: в Сибири – производство цветных и редкоземельных металлов (в Красноярском крае, Тыве, на Алтае), а в Скандинавии – производство меди и лития, в Швеции и Финляндии – кобальта.

Стремительная экспансия «прерывистой и непостоянной» ВИЭ в Скандинавии стала возможна благодаря развитому электросетевому хозяйству. Скандинавские электросети обеспечивают межрегиональные перетоки в объеме 99,2 ТВт ч, что покрывает 23,1% годовой выработки электроэнергии, а общий энергорынок Nord Pool позволяет еще и экспортировать 21,2 ТВт ч электроэнергии преимущественно в Германию и Нидерланды. Дополнительные капвложения в сумме 173 млрд долл. (по ППС 2015 г.) в строительство высоковольтных линий электропередач позволят к 2050 г. увеличить экспорт электроэнергии до 89,1 ТВт ч [NETP 2016]. На датском побережье Ютландии, в районе г. Эсбьерг (Esbjerg) выстраивается цифровой архипелаг из «энергетических островов», способных аккумулировать с текущих 4 ГВт до 150 ГВт ветрогенерации к 2050 г.

Мегарегион Сибирь интегрирован в единую энергетическую систему России посредством трех региональных кластеров: ОЭС Сибири (12 регионов), ОЭС Востока (пять регионов), ОЭС Урала (три региона), а четыре сибирских региона (Сахалинская и Магаданская области, Камчатский край, Чукотский автономный округ) работают в изолированном режиме. Такая фрагментация обуславливает весьма скромные межрегиональные перетоки электроэнергии: менее 1% от годового объема потребления (1,1 ТВт ч). Внешнеэкономические выгоды до последнего времени оставались весьма скромными. Так, в 2021 г. экспорт из Сибири в Китай, Монголию и Казахстан

8. Например, по показателю «Объемная $\Sigma\beta$ в воздухе приземного слоя атмосферы» среднее значение для азиатской части России составило 20,6, а для европейской части России 8,1 в 2019 г. [http://egasmro.ru/files/documents/ro_ezhegodniki/ezhegodnik_ro_2019.pdf]

9. Годовой объем солнечной радиации в южных регионах Сибири достигает 1300–1600 кВт ч на 1 км², а в южных регионах Дании 1000–1100 кВт ч на 1 км². По энергии ветра мегарегионы сопоставимы: с медианной среднегодовой скоростью ветра 7,5–9,5 м/с на высоте 100 м. Также Сибирь (Камчатка, Чукотка, Байкал, Сахалин) и Скандинавия (Исландия) богаты геотермальными источниками энергии.

РОССИЯ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

составил всего 6,7 ТВт ч. Обострение геополитической ситуации, возможно, ускорит энергообъединение Сибири со странами Восточной Азии. Так, за 2022 г. экспорт электроэнергии в Китай удвоился. Для развития электросетевой интеграции Сибири планируется инвестировать 444 211 млн руб. (75% от общестрановых инвестиций, или 16,8 млрд долл. по ППС 2015 г.) за 2021–2027 гг.¹⁰. В целом, согласно экспертным оценкам, нереализованный потенциал энергообъединения Сибири со странами Восточной Азии составляет свыше 2 млрд долл. в год, а «годовой экономический эффект от формирования энергообъединения превысит 24 млрд долл.» для всех участников [Марченко 2018].

Объективные преимущества от изобилия и разнообразия энергоресурсов и их доступности благодаря развитой инфраструктуре по-разному распределены между ключевыми экономическими субъектами мегарегионов: населением и промышленностью Сибири и Скандинавии (табл. 1).

Таблица 1

Структура потребления электроэнергии и тепла, 2018 г.

Структура	Россия	Мегарегион Сибирь	Мегарегион Скандинавия
Промышленность	44,80%	59,20%	42,92%
Транспорт	10,80%	н/а	1,32%
Население	21,89%	10,80%	31,59%
Другое	22,51%	н/а	24,16%

Источник: составлено автором на основе данных Росстата и IEA.

Население Сибири, потребляя всего 10,8% от общего объема выработки электроэнергии, платит за нее на 25% меньше, нежели в среднем скандинавы¹¹, однако сибирская промышленность, потребляя львиную долю электроэнергии, наоборот, платит почти в 3 раза больше скандинавской¹². Кроме доступной электроэнергии и тепла, население получает еще важные выгоды –

10. Приказ Минэнерго России от 26.02.2021 № 88 «Об утверждении Схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2021–2027 годы».

11. В Сибири для населения тариф на электроэнергию по ППС варьируется в диапазоне 10–15 центов / кВт ч (2,6–3,7 руб. / кВт ч), а в Скандинавии 12,6–16,9 центов / кВт ч (0,09–0,12 евро / кВт ч). Конвертация проведена по курсу национальной валюты по ППС, согласно данным ОЭСР: 1 долл. США = 26,370 руб., 1 евро = 0,69 долл. США (<https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>)

12. В Сибири для промпредприятий цены электроэнергии по ППС варьируются в диапазоне 16–23 цента / кВт ч (4–6 руб. / кВт ч), а в Скандинавии 5–9 центов / кВт ч (0,04–0,07 евро / кВт ч). Конвертация проведена по курсу национальной валюты по ППС, согласно данным ОЭСР: 1 долл. США = 26,370 руб., 1 евро = 0,69 долл. США (<https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>)

оплачиваемые выше среднего *рабочие места*. Так, в традиционной энергетике Сибири занято 8% рабочей силы мегарегиона (1,2 млн человек), из них 60% – в секторе добычи и 40% – в электроэнергетике. В Скандинавии примерно такое же количество работников задействовано в энергетике: 10% рабочей силы (1,4 млн человек)¹³. Эти рабочие места формируют пул заработной платы, которая в обоих мегарегионах на 25–30% выше среднего уровня зарплаты по экономике в целом, хотя в Сибири энергетики получают вознаграждение в 3 раза меньшее (по ППС), чем их скандинавские коллеги.

Экологичность и декарбонизация энергосистемы

Экология и климат считаются главными факторами, меняющими правила игры в энергетике, что способствует поиску «зеленых», «чистых» источников энергии и соответствующему изменению энергетической парадигмы. Хотя пока отсутствуют единые критерии «чистоты» источников энергии, как и более широкое понимание концепций декарбонизации, которую одни трактуют как «низкоуглеродное развитие» с постепенным снижением антропогенной эмиссии парниковых газов [Порфирьев, Широков 2022], вторые интерпретируют как «углеродную нейтральность» с возможной компенсацией совокупной эмиссии за счет улавливания и поглощения углерода из атмосферы [Коданева 2022], а третьи стремятся к «безуглеродному развитию» благодаря осуществлению экономической деятельности вообще без какой-либо антропогенной эмиссии парниковых газов [Ланьшина 2022].

Сибирь и Скандинавия играют важную роль в вопросах защиты окружающей среды и борьбы с изменениями климата. Оба мегарегиона неразрывно связаны с быстро теплеющей Арктикой и обладают ценными природными ресурсами, значимыми для всего мирового сообщества. Показательно, что лесные массивы составляют 44,2% площади Сибири и 31,1% Скандинавии. Огромные природные экосистемы служат резервуаром для уникального биоразнообразия. Так, на Сибирь приходится 1,5 млн км² особо охраняемых природных территорий, в то время как в Скандинавии этих территорий насчитывается около 198 тыс. км². По своей уникальности нетронутые лесные массивы Сибири входят в топ-5 самых ценных «мегалесов» планеты¹⁴.

Несмотря на высокую ценность природы и уникальность обеих экосистем, оценки последствий изменения климата и деградации окружающей

13. Расчеты автора на основе статистики МОТ по разделу экономической деятельности «Mining and quarrying; Electricity, gas and water supply» за 2020 г.

14. Четыре другие «мегалеса» расположены в США (Аляска), Бразилии (Амазонка), Конго и Новой Гвинее.

РОССИЯ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

среды стали значительно различаться и даже вступать в противоречие с середины 1970-х годов, что отражается на текущем уровне декарбонизации энергетики мегарегионов: уровень углеродоемкости электроэнергетики Сибири в 2 раза выше, чем Скандинавии – 0,53 против 0,3 кг CO_{2экв}/ кВт ч, а экономика мегарегиона Сибирь в целом остается одной из самых углеродоемких в мире, кратно превышающей скандинавский уровень.

Таблица 2

Целевые показатели достижения углеродной нейтральности Сибири и Скандинавии

	Россия (Сибирь)	Дания	Финляндия	Исландия	Норвегия	Швеция
Рубежный год для достижения углеродной нейтральности	2060	2050	2050	2040	2050	2045
Снижение уровня выбросов парниковых газов по сравнению с 1990 г.	– 70% к 2030	– 70% к 2030	– 80% к 2050	– 40% к 2030	– 40% к 2030	Н/а
Использование ЗИЗЛХ и углеродных кредитов	Да, углеродная нейтральность к 2060 г. на 65% будет достигнута за счет увеличения поглощения в 2 раза (с 535 до 1200 млн т CO _{2экв})	Незначительно для международной торговли	Н/а	Н/а	Да, углеродная нейтральность к 2030 г. на 33% будет достигнута за счет углеродных кредитов	Да, углеродная нейтральность к 2045 г. на 15% будет достигнута за счет углеродных кредитов

Источник: составлено автором на основе Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. и национальных стратегий Дании, Исландии, Норвегии, Финляндии и Швеции, размещенных на ClimateWatchData.org.

Будучи совсем незначительным эмитентом (лишь 0,005% от ежегодных глобальных выбросов парниковых газов) и оценивая вероятность кардинального изменения климата как невысокую¹⁵, Скандинавия ставит амбициозные

15. По уровню климатических рисков Дания находится на 132-м месте (из 180 стран мира), Норвегия – на 149-м, Швеция – на 144-м, Финляндия – на 163-м, Исландия – на 17-м, согласно ClimateWatch. Для сравнения, Россия на 32-м месте в мире (чем выше место, тем выше риск).

цели по декарбонизации экономики: к 2030 г. электроэнергетика должна достичь 100% безуглеродного контента, объем эмиссии CO₂ в экономике должен снизиться до 50% от уровня 1990 г.¹⁶; а к 2050 г. мегарегион должен стать полностью углероднейтральным (табл. 3). Хотя Швеция планирует стать первой в мире углероднейтральной страной к 2045 г., запустив для этого в 2015 г. специальную государственную инициативу «Fossil Free Sweden». Слияние климатической и энергетической политики привело в середине 1990-х годов к реорганизации министерств энергетики в странах Скандинавии с включением ведомств по вопросам защиты окружающей среды и климата, и только в Норвегии до сих пор существуют два отдельных министерства: энергетики и окружающей среды. Как отмечает министр климата и энергетики Дании D. Jorgensen, *«это вроде бы незначительная вещь, но слова и названия многое значат... Действительно, борьба с изменением климата стала приоритетом государственного управления... Подобно как в прошлом викинги, используя физическую силу, управляли миром, так теперь энергия ветра – наша сила в преобразовании мира»*¹⁷.

Несмотря на положительную динамику, достижение «чистых нулевых выбросов» к 2050 г. требует масштабной и ускоренной декарбонизации [Nordic Clean Energy Scenarios 2021]. Планы по всеобъемлющей электрификации за счет ВИЭ начали встречать сопротивление со стороны местного населения, которое обеспокоено утратой привычной среды обитания, размеренного тихого образа жизни из-за строительства масштабных ветропарков [Студенцов 2022]. Гонка за масштабной инсталляцией ВЭС продуцирует дополнительные риски, связанные с участвовавшими поломками и неисправностями агрегатов. Если первая в мире офшорная Виндеби ВЭС, построенная в 1991 г. в Дании, включала 11 турбин общей мощностью 5 МВт, то современные ветропарки состоят из 100 турбин мощностью до 14 МВт каждая. «Эффект масштаба» снижает стоимость ветрогенерации за счет того, что мощные турбины и длинные лопасти позволяют «захватить» ветропотоки на больших высотах и тем самым выработать тот же объем электроэнергии с меньшим числом инсталляций. Но стремление сократить издержки повышает промышленные риски, снижая качество новых турбин и дестабилизируя и без того прерывистую выработку электроэнергии на основе ВИЭ. Так, в апреле 2022 г. было приостановлено морское сообщение в районе пролива Каттегат (Дания) из-за поломки лопастей двух турбин Анхольт ветропарка (Anholt Offshore Wind Farm), а в июле подобный инцидент случился уже в Швеции. Показательно, что гарантийные

16. Хотя, некоторые страны, например Дания, рассматривают законопроект о радикальном снижении эмиссии, чтобы стать углероднейтральной к 2050 г.

17. Interview with Dan Jorgensen Denmark's Minister for Climate, Energy and Utilities, 2019.

выплаты компании Vestas Wind Systems выросли с 600 млн евро в 2019 г. до 1,2 млрд евро в 2020–2021 гг. и «турбины слишком большие сейчас, поэтому наращивание производства будет ключевым вызовом для отрасли в предстоящее десятилетие» [Vestas CEO 2023].

Сибирь как мегарегион России, напротив, входит в топ-5 самых крупных эмитентов в мире (3,1% глобальных выбросов) и планирует к 2060 г. достичь углеродной нейтральности за счет, прежде всего, увеличения в 2 раза поглотительной способности экосистем Сибири (табл. 2).

Эволюционное, постепенное, с акцентом на природные, а не технологические возможности, сокращение эмиссии обусловлено несколькими факторами. *Во-первых*, деиндустриализация России в 1990-е годы привела к объективному резкому сокращению промышленного производства [Структурная модернизация российской экономики, 2022], в результате чего за 1990–2020 годы России удалось сократить «чистую»¹⁸ эмиссию на 48% до уровня 1,99 Гт без целенаправленных мер декарбонизации экономики, в отличие от Скандинавии, которой пришлось практически отказаться от угольной генерации, повсеместно внедряя ВИЭ и расширяя электрификацию экономики. В этом отношении в Сибири сформировался некоторый инерционный стереотип эволюционного, естественного, постепенного, с опорой на природные возможности, сокращения парниковых газов.

Во-вторых, парадигмальность мышления и пассивность действий объясняются также и распространением скептицизма среди ряда управленцев, экспертов, групп населения относительно антропогенных причин изменения климата [Курбанов, Прохода 2019]. В этом контексте природный газ воспринимается не как транзитное топливо, а как долгожданный источник энергии, который позволит не только сократить вредные выбросы, но и кардинально улучшить условия жизни населения за счет повышения уровня газификации домохозяйств с текущих 7 до 68% к 2030 г.

В-третьих, тайга и огромные просторы Сибири создают впечатление возможности значительного снижения «углеродного следа» российской экономики, хотя ежегодно половина этого потенциала девальвируется из-за вырубки лесов и массивных природных пожаров. Нетронутые¹⁹ зрелые «мегалеса» Сибири, по оценкам [Reid, Lovejoy, 2022], занимающихся этой проблемой с 1979 г., принципиально невозстановимы, поскольку фрагментарные лесонасаждения и биоплантации абсорбируют CO₂ намного меньше, так как этот

18. «Чистая» означает совокупная эмиссия за вычетом поглощения парниковых газов.

19. Нетронутый лесной массив – это ареал площадью как минимум 500 км², без дорог, линий электропередач, карьеров, городов и поселков, промышленных предприятий.

процесс зависит не только от площади крон деревьев, но и от биоразнообразия, которое невозможно воспроизвести на обозримых ограниченных территориях.

В-четвертых, потепление в суровой Сибири даже некоторыми учеными и политиками воспринимается как явление позитивное, открывающее возможности круглогодичного судоходства по Северному морскому пути, сокращения отопительного сезона, улучшения условий для сельского хозяйства и выращивания экзотических фруктов. Однако в расчет не принимаются колоссальные, возможно катастрофические, издержки, связанные с пожарами²⁰ и наводнениями²¹, таянием вечной мерзлоты, пересыханием болот, горением торфа, исчезновением определенных видов животных и растений²². Т. Gustafson подчеркивает, что «климатический горизонт до 2050 года для России» становится весьма коротким, так как уже сейчас начнут учащаться, особенно в Сибири, явления, казавшиеся весьма отдаленными и редкими: аномальная жара, паводки, таяние вечной мерзлоты [Gustafson 2021]. Период, длящийся в России уже более 20 лет, по консервации доходов от невозобновляемых углеводородов, может стать еще короче, и природный газ может оказаться не транзитным топливом, а *cul-de-sac*.

На этом фоне из альтернативы угольной генерации «экология плюс климат» возобновляемая энергетика в Сибири может перейти, по сравнению с парогазовыми установками, в сугубо климатическую повестку, к которой у россиян весьма неоднозначное отношение.

Инновационность и индустриализация

Инновации в энергетике призваны разрешить дилемму традиционных и возобновляемых источников посредством использования новых технологий, которые во многом определяют глубину энергоперехода. Как утверждается [Vaitheeswaran 2012], «нужда – мать инноваций» и необходимость соблюдения ESG-повестки, введение платы за превышение квоты выбросов

20. За последние 20 лет площадь пожаров в Сибири увеличилась в 200 раз: если в 1997 г. природными пожарами было охвачено 31,3 тыс. га, то в 2018 г. уже 8,5 млн га.

21. В мегарегионе, где сконцентрировано 90 % водных ресурсов страны, наводнения становятся масштабными и разрушительными. Так, в результате наводнения в Тулузе в 2019 г. было разрушено 10 тыс. домов, 40 тыс. человек остались без жилья, а затраты на восстановления составили 40 млрд руб. (0,3 % ВВП мегарегиона).

22. Помимо погодных аномалий, природа Сибири страдает от техногенных катастроф: ущерб от разлива 21 тыс. т дизельного топлива в Норильске в 2020 г. был оценен в 146,2 млрд руб., и еще 174 млн руб. (около 250 тыс. руб. на каждого) было выплачено коренным жителям в связи с ограничениями оленеводства и рыболовства как основных видов хозяйственной деятельности малочисленных народов Таймыра.

парниковых газов, трансграничное налогообложение зарубежных стран вынуждают традиционные энергокомпании модернизировать станции, улучшать производство, совершенствовать процессы очистки.

Сектор исследований и разработок в Сибири намного скромнее (0,5% ВВП мегарегиона, или 4278 млн долл. по ППС в ценах 2020 г.), чем в Скандинавии, где расходы на исследования и разработки составляют 3,2% ВВП мегарегиона (56 719 млн долл. по ППС в ценах 2020 г.). В секторе ИиР мегарегиона трудятся 380 тыс. человек (2% от занятых), а в Сибири в этой сфере заняты всего 65 тыс. человек (0,5%). Значительное различие в уровне и масштабе сектора ИиР двух мегарегионов проявляется и в направлениях развития традиционной и возобновляемой энергетики.

Возобновляемая энергетика рассматривается инновационно активной Скандинавией в качестве важного фактора не только декарбонизации энергосистемы, но и долгосрочного роста экономики в целом благодаря формированию принципиально нового сектора с высоким экспортным потенциалом (10% экспорта в 2020 г.) и рабочими местами (140 тыс. человек заняты в 2020 г.). Сильный промышленный сектор Скандинавии позволил создать конкурентоспособных мировых лидеров в области ВИЭ [Такмашева, Тяглов 2019]. Например, глобальное лидерство по расходам на ИиР (372 млн евро, или 3,1% выручки) датской компании Vestas обеспечило ей 12,5% мирового рынка технологий ВИЭ, хотя текущий успех был достигнут вследствие кропотливой, десятилетней (начиная с 1979 г.) инновационной стратегии. Другая датская компания, Dong Energy, изначально будучи нефтегазовой, кардинально трансформировала свою корпоративную стратегию после кризиса 2009 г., переведя газовые и угольные станции на использование биомассы, а с 2017 г. превратилась в компанию Orsted – мирового лидера в сфере ВИЭ. Показательно, что Orsted стала единственной энергокомпанией, вошедшей за последнее десятилетие в топ-20 трансформационных бизнесов по версии Harvard Business Review в 2019 г., в ряду таких хай-тек-фирм, как Netflix, Amazon.com, Microsoft и др. Конфигурация рейтинга неслучайна, поскольку возобновляемая энергетика, подобно хай-теку, – нарождающийся, динамичный, высокомаржинальный бизнес, ориентированный на постоянные вложения в ИиР. Эта атмосфера предпринимательства подпитывается большим количеством энергетических стартапов, исследовательских спин-аутов, промышленных спин-оффов, формирующих одну из самых благоприятных в мире экосистем для инноваций²³.

23. Согласно рейтингу *The Global Startup Ecosystem Report 2022*, Стокгольм (21-е место) и Копенгаген (30-е место) входят в топ-30 самых лучших экосистем по генерации стартапов в мире.

Хотя сейчас соотношение традиционной и возобновляемой энергетики в инновационных процессах зависит не только от расходов на исследования и разработки, но и уровня развития новых индустрий, создающих спрос на новые источники энергии. Сибирь сопоставима со Скандинавией по индустриальному потенциалу, где в обоих мегарегионах задействовано 11 % рабочей силы (табл. 3).

Таблица 3

Производство тяжелой промышленности в мегарегионах Сибирь и Скандинавия

Продукция	Сибирь	Скандинавия	в том числе				
			Дания	Финляндия	Исландия	Норвегия	Швеция
Сталь (на основе железной руды), млн т в год	6,2	5,7	–	2,7	–	0,1	2,9
Сталь (из лома черных металлов) млн т в год	2,1	3,4	–	1,4	–	0,5	1,5
Бумага и картон, млн т в год	0,5	14,8	–	7,2	–	–	7,6
Первичная переработка нефти, т в день	192 513	177 000	28 000	33 000	–	32 000	84 000
Производство первичного алюминия, млн т в год	3,8	2,28	–	–	0,85	1,3	0,13
Цемент, млн т в год	9,6	9,0	2,4	1,5	–	1,9	3,2

Источник: составлено автором на основе NordicStatistics, ЕМИСС.

Подобное сочетание энергетики и промышленности объясняется наличием исторической общности индустриального развития в прошлом мегарегионов. В Сибири было две крупных волны промышленного роста: индустриализация в 1930–1940-е годы с разработкой угольных бассейнов и строительством металлургических комбинатов Кузбасса и послевоенные 1960-е с возведением крупных гидроэлектростанций, алюминиевых заводов, открытием богатых месторождений нефти и газа в Тюмени. В Скандинавии наблюдалась ускоренная индустриализация Норвегии после распада Шведско-норвежского союза в 1905 г. (Swedish-Norwegian Union), потом послевоенный «золотой век» промышленности Скандинавии со строительством крупных электростанций в Швеции, открытием нефтяных месторождений в Норвегии. Все это

позволяло удерживать занятость в промышленности на уровне 22–25% и обеспечивать до 30% добавленной стоимости в Северной Европе²⁴.

Индустриальная память Сибири во многом девальвирована, сейчас вклад промышленности значительно сократился до 10,5% валовой добавленной стоимости, а в Скандинавии (за исключением Норвегии) этот показатель достигает 14–15%. Если в Сибири добывающий сектор создает в 4 раза больше добавленной стоимости, то в Скандинавии, наоборот, в 2,5 раза меньше, нежели промышленность. Такая моностратегия объясняется «голландской болезнью» Сибири и отчасти Норвегии²⁵, где сверхприбыльный экспорт углеводородов девальвирует привлекательность других видов экономической деятельности [Mazzucato 2021]. Это создает риски для долгосрочного развития как Сибири, так и Норвегии, существенно ограничивая возможности «зеленой» промышленной революции, которая на основе автоматизации, роботизации и цифровизации производственных процессов кардинально трансформирует и энергетику.

Сибирь концентрирует свои скромные расходы на ИиР и человеческий потенциал не на высокорисковых и долгосрочных инвестициях в инновации, а на модернизации традиционных энергообъектов, многие из которых морально и физически устарели. Исторически в Сибири сконцентрированы знаковые отраслевые исследовательские институты в сфере энергетики, создававшие научные разработки (технологии сжигания угля на сверхкритических параметрах пара, проект водоугольного топлива и др.), вполне конкурентоспособные в 1970–1980-е годы, но оказавшиеся невостребованными национальной экономикой в период стремительного инновационного рывка в 1990-е годы в мировой энергетике [Горбачева 2016]. Текущие исследовательские программы направлены на поддержание жизнеспособности энергообъектов, и традиционная энергетика остается основным источником модернизационной активности в мегарегионе.

Выводы

В результате сравнительного анализа использования традиционных и возобновляемых источников энергии в двух подобных мегарегионах – Сибири и Скандинавии – можно сделать вывод о значимых различиях в масштабе, уровне и глубине энергетических трансформаций, проходящих по трем векторам:

24. По данным Кембриджской энциклопедии (2 том 1870 – наши дни), к Северной Европе относятся Дания, Финляндия, Норвегия и Швеция.

25. В Норвегии, по данным ОЭСР за 2020 г., промышленность в структуре добавленной стоимости составляет всего 7,5%.

достаточности ресурсов, уровне экологичности и степени инновационности производства электроэнергии.

Сибирь и Скандинавия проходят разные по масштабу, скорости и глубине энергетические трансформации. Эволюционный, поэтапный, фрагментарный энергопереход Сибири обусловлен в большей степени объективными факторами: изобилием ископаемого топлива, имеющейся энергетической инфраструктурой, обширными природными экосистемами и апробированными временем научными заделами. Кардинальный, ритмичный и системный энергопереход Скандинавии определяется долгосрочной стратегией экономических субъектов в лице как государства, так и бизнеса, которые за последние 10–15 лет принципиально трансформировали свой энергоподход, вовлекая местные сообщества и общество в целом в движение к безуглеродному будущему.

В то же время поликризис 2022–2023 гг. может сблизить позиции двух мегарегионов, если энергетическая безопасность и новая индустриализация вынудят Скандинавию нарастить объемы потребления углеводородов, а Сибирь – пересмотреть безуглеродный статус АЭС и крупных ГЭС с точки зрения их безопасности. Но в долгосрочной перспективе, по-видимому, противоречия между традиционной и возобновляемой энергетикой только обострятся, что позволит ускорить радикальный переход Скандинавии к ВИЭ. В Сибири же может окончательно утвердиться опора на ископаемое топливо, уже к тому времени, возможно, теряющее свою востребованность на европейских и азиатских рынках, если не удастся воспользоваться кумулятивным эффектом в сфере знаний и финансов и сконцентрировать текущие внешнеэкономические доходы на действительно прорывных технологиях декарбонизации. Для этого важно обратить внимание не только на объективные преимущества Сибири, но и на инновационную стратегию и индустриальный потенциал, которые во многом определяют масштаб, глубину и скорость энергетических трансформаций.

Библиография

- Горбачева Н. Угольная генерация в условиях нового индустриального развития // *Мировая экономика и международные отношения*. 2016. Т. 60. № 6. С. 42–51.
- Горбачева Н.В. Динамика инновационной деятельности традиционной и возобновляемой энергетик. Сравнительный анализ // *Инновации*. 2019. № 5(247). С. 35–45.
- Жилина И.Ю. Экономические последствия изменения климата // *Россия и современный мир*. 2020. № 3(108). С. 50–67.
- Кембриджская экономическая история Европы Нового и Новейшего времени. Том 2: 1870 – наши дни. М.: Изд-во Института Гайдара, 2013. 624 с.
- Коданева С.И. Энергетический переход: перспективы и механизмы реализации // *Россия и современный мир*. 2022. № 4(117). С. 162–183.
- Крюков В., Суслов Н., Крюков Я. ТЭК азиатской России в меняющемся мире // *Мировая экономика и международные отношения*. 2021. Т. 65. № 12. С. 101–108.

Курбанов А.Р., Прохода В.А. Экологическая культура: эмпирическая проекция (отношение россиян к изменению климата) // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2019. № 4(152). С. 347–370.

Ланьшина Т.А., Сливяк В.И., Стрелкова С.В. Российская электроэнергетика до 2035 года: на пути к полному переходу на возобновляемые источники энергии // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 4(56). С. 223–229.

Ленчук Е.Б. Россия в мировом процессе научно-технологического развития // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2021. Т. 14. № 4. С. 72–91.

Марченко О., Савельев В., Подковальников С., Соломин С., Чудинова Л. Россия в евразийской электроэнергетической интеграции // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62, № 6. С. 18–29.

Отчет по экологической безопасности за 2019 год. ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами». URL: <http://www.norao.ru/upload/iblock/564/564e4901c43d07377c7200708c979d3e.pdf> (дата обращения: 07.02.2023).

Порфирьев Б.Н., Широков А.А. Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов: сценарии и реалии для России // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92, № 5. С. 415–423.

Стратегия социально-экономического развития Сибирского федерального округа до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 26 января 2023 г. №129-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/drWrVydZYzvipBV3mBNArхTlхlghtuAM.pdf> (дата обращения: 07.02.2023).

Структурная модернизация российской экономики: условия, направления, механизмы / под ред. Е.Б. Ленчук, Н.Ю. Ахапкина, В.И. Филатова. СПб.: Алетейя, 2022. 276 с.

Студенцов В.Б. Скандинавский уравнилельный индивидуализм и государство всеобщего благосостояния // Современная Европа. 2022. № 1(108). С. 154–168.

Супрун В.И. Сибирь как мегарегион: параметры и цели. Новосибирск: Фонд социопрогностических исследований «Тренды», 2018. 192 с.

Такмашева И.В., Тяглов С.Г. Инновационное развитие предпринимательского сектора: опыт Скандинавских стран // Современная Европа. 2019. № 4(90). С. 60–73.

Aklin M., Urpelainen J. Renewables. The politics of a global energy transition. Cambridge: MIT Press, 2018.

Blas J., Farchy J. (2022). The World for Sale: Money, Power and the Traders Who Barter the Earth's Resources. N.Y.: Oxford University Press, 416 p.

Griffith S. Electrify: An Optimist's Playbook for Our Clean Energy Future. Cambridge, Massachusetts: the MIT Press, 2021. 269 p.

Gustafson T. Klimat: Russia in the age of climate change. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2021. 336 p.

H.R.5376 – Inflation Reduction Act of 2022. URL: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376?q=%7B%22search%22%3A%5B%22Inflation+Reduction+Ac%22%2C%22Inflation%22%2C%22Reduction%22%2C%22Ac%22%5D%7D&r=2&s=1> (дата обращения: 07.02.2023).

Mazzucato M., Kattel R., Algiers J., Mikheeva O. (2021). The Green Giant: New Industrial Strategy for Norway. UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Policy report (PR 21/01). Available at: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/pr21-01> (дата обращения: 07.02.2023).

Nordic Energy Outlooks – Final report WP2. Increased electrification – new generators and consumers. 2022. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2022/08/NEOFinalreportWP2.pdf> (дата обращения: 07.02.2023).

- Nordic Energy Technology Perspectives 2016. URL: <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2015/12/Nordic-Energy-Technology-Perspectives-2016.pdf> (дата обращения: 07.02.2023).
- Nordic Clean Energy Scenarios. Solutions for Carbon neutrality. Nordic Energy Research, 2021. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2021/09/nordicenergyresearch2021-01.pdf> (дата обращения: 07.02.2023).
- Reid J.W., Thomas E., Lovejoy T.E. Ever Green: Saving Big Forests to Save the Planet. N.Y.: W.W. Norton & Company, 2022. 320 p.
- REPowerEU Plan. COM (2022) 230 final, Brussels, 18.5.2022. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF (дата обращения: 07.02.2023).
- Technical assessment of nuclear energy with respect to the «do no significant harm» criteria of Regulation (EU) 2020/852 («Taxonomy Regulation»). URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment_en.pdf (дата обращения: 07.02.2023).
- The Declaration of Energy Ministers on The North Sea as a Green Power Plant of Europe. URL: [https://en.kefm.dk/Media/637884570050166016/Declaration%20of%20Energy%20Ministers%20\(002\).pdf](https://en.kefm.dk/Media/637884570050166016/Declaration%20of%20Energy%20Ministers%20(002).pdf) (дата обращения: 07.02.2023).
- Vaitheeswaran V. Need, Speed, and Greed. HarperCollinsPublishers, New York, 2012.
- Wendling Z.A., Emerson J.W., de Sherbinin A., Esty D.C. et al. (2022). 2022 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. epi.yale.edu. URL: <https://epi.yale.edu/downloads/epi2022report06062022.pdf> (дата обращения: 07.02.2023).
- Wind Turbines Are Big Enough for Now, Vestas CEO Says. 2023. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-01-16/wind-turbines-are-big-enough-for-now-vestas-ceo-says> (дата обращения: 07.02.2023).

References

- Aklin M., Urpelainen J. Renewables. The politics of a global energy transition. Cambridge: MIT Press, 2018.
- Blas J., Farchy J. (2022). The World for Sale: Money, Power and the Traders Who Barter the Earth's Resources. N.Y.: Oxford University Press, 416 p.
- Gorbacheva N. Ugolnaya generatsiya v usloviyakh novogo industrial'nogo razvitiya [Coal-fired power in the New industrial development]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* [World Economy and International Relations]. 2016. Issue 60. N 6. P. 42–51. (In Russ.)
- Gorbacheva N.V. Dinamika innovatsionnoy deyatelnosti traditsionnoy i vozobnovlyаемoy energetiki. *Sravnitel'nyy analiz* [Innovations in conventional and renewable power generation. Comparative analysis]. *Innovatsii* [Innovations]. 2019. N 5(247). P. 35–45. (In Russ.)
- Griffith S. *Electrify: An Optimist's Playbook for Our Clean Energy Future*. Cambridge, Massachusetts: the MIT Press, 2021. 269 p.
- Gustafson T. *Klimat: Russia in the age of climate change*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2021. 336 p.
- H.R.5376 – Inflation Reduction Act of 2022. URL: <https://www.congress.gov/bills/117/congress/house-bill/5376?q=%7B%22search%22%3A%5B%22Inflation+Reduction+Ac%22%2C%22Inflation%22%2C%22Reduction%22%2C%22Ac%22%5D%7D&r=2&s=1> (date of access: 07.02.2023).
- Kodaneva S.I. Energeticheskiy perekhod: perspektivy i mekhanizmy realizatsii [Energy Transition: Perspectives and Mechanisms of Realization]. *Rossiya i sovremennyy mir* [Russia and the Contemporary World]. 2022. N 4(117). P. 162–183. (In Russ.)

РОССИЯ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Kryukov V., Suslov N., Kryukov Y. TEK aziatskoy Rossii v menyayushchemsya mire. [Asian Russia's Energy Complex in a Changing World]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* [World Economy and International Relations]. 2021. Issue. 65. N 12. P. 101–108. (In Russ.)

Kurbanov A.R., Prokhoda V.A. Ekologicheskaya kul'tura: empiricheskaya proektsiya (otnoshenie rossiyan k izmeneniyu klimata) [Ecological Culture: an Empirical Projection (Attitudes of Russians towards Climate Change)]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsial'nye peremny* [Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes]. 2019. N 4(152). P. 347–370. (In Russ.)

Lanshina T.A., Slivyak V.I., Strelkova S.V. Rossiyskaya elektroenergetika do 2035 goda: na puti k polnomu perekhodu na vozobnovlyаемые istochniki energii [Russian Electric Power Industry until 2035: on the Way to Full Transition to Renewable Energy Sources] *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii* [Journal of the New Economic Association]. 2022. N 4(56). P. 223–229. (In Russ.)

Lenchuk E.B. Rossiya v mirovom protsesse nauchno-tehnologicheskogo razvitiya [Russia in the Global Process of Scientific and Technological Development]. *Kontury global'nykh transformatsiy: politika, ekonomika, pravo* [Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law]. 2021. Issue. 14. N 4. P. 72–91. (In Russ.)

Marchenko O., Savelev V., Podkovalnikov S., Solomin S., Chudinova L. Rossiya v evraziyskoy elektroenergeticheskoy integratsii [Russia in Eurasian Electric Power Integration]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* [World Economy and International Relations]. 2018. Issue. 62. N 6. P. 18–29. (In Russ.)

Mazzucato M., Kattel R., Algers J., Mikheeva O. (2021). *The Green Giant: New Industrial Strategy for Norway*. UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Policy report (PR 21/01). Available at: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/pr21-01> (date of access: 07.02.2023).

Nordic Clean Energy Scenarios. Solutions for Carbon neutrality. Nordic Energy Research, 2021. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2021/09/nordicenergyresearch2021-01.pdf> (date of access: 07.02.2023).

Nordic Energy Outlooks – Final report WP2. Increased electrification – new generators and consumers. 2022. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2022/08/NEOFinalreportWP2.pdf> (date of access: 07.02.2023).

Nordic Energy Technology Perspectives 2016. URL: <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2015/12/Nordic-Energy-Technology-Perspectives-2016.pdf> (date of access: 07.02.2023).

Otchet po ekologicheskoy bezopasnosti za 2019 god. [Report on environmental safety for 2019]. Federal State Unitary Enterprise «National Operator for Radioactive Waste Management». URL: <http://www.norao.ru/upload/iblock/564/564e4901c43d07377c7200708c979d3e.pdf> (date of access: 07.02.2023).

Porfirev B.N., Shirov A.A. Strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya s nizkim urovnem vybrosov parnikovyykh gazov: stsennarii i realii dlya Rossii [Strategies for Socio-Economic Development with Low Greenhouse Gas Emissions: Scenarios and Realities for Russia]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk]. 2022. Issue. 92. N 5. P. 415–423. (In Russ.)

Reid J.W., Thomas E., Lovejoy T.E. *Ever Green: Saving Big Forests to Save the Planet*. N.Y.: W.W. Norton & Company, 2022. 320 p.

REPowerEU Plan. COM (2022) 230 final, Brussels, 18.5.2022. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF (date of access: 07.02.2023).

Strategiya sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Sibirskogo federalnogo okruga do 2035 goda [Strategy for the socio-economic development of the Siberian Federal District until 2035]. Decree of the Government of the Russian Federation dated January 26, 2023 N 129-r. URL: <http://>

static.government.ru/media/files/drWrVydZYzvipBV3mBNArxTlxlgftuAM.pdf (date of access: 07.02.2023).

Strukturnaya modernizatsiya rossiyskoy ekonomiki: usloviya, napravleniya, mekhanizmy [Structural modernization of the Russian economy: conditions, directions, mechanisms]. Edited by E.B. Lenchuk, N.Y. Akhapkina, V.I. Filatova. Saint-Petersburg: Aleteya. 2022. 276 p. (In Russ.)

Studentsov V.B. Skandinavskiy uravnitel'nyy individualizm i gosudarstvo vseobshchego blagosostoyaniya [Scandinavian Egalitarian Individualism and the Welfare State]. *Sovremennaya Evropa* [Contemporary Europe]. 2022. N 1(108). P. 154–168. (in Russ.)

Suprun V.I. Sibir kak megaregion: parametry i tseli [Siberia as a megaregion: parameters and goals]. Novosibirsk: Fund for socio-prognostics research «Trends», 2018. 192 p. (In Russ.)

Takmasheva I.V., Tyaglov C.G. Innovatsionnoe razvitie predprinimatel'skogo sektora: opyt Skandinavskikh stran [Innovative development of the business sector: the experience of the Scandinavian countries]. *Sovremennaya Evropa* [Contemporary Europe]. 2019. N 4(90). P. 60–73. (In Russ.)

Technical assessment of nuclear energy with respect to the «do no significant harm» criteria of Regulation (EU) 2020/852 («Taxonomy Regulation»). URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment_en.pdf (date of access: 07.02.2023).

The Cambridge Economic History of Modern Europe: Volume 2: 1870 to the Present. Edited by Stephen Broadberry and Kevin H. O'Rourke. N.Y.: Cambridge University Press, 2010. 468 p.

The Declaration of Energy Ministers on The North Sea as a Green Power Plant of Europe. URL: [https://en.kefm.dk/Media/637884570050166016/Declaration%20of%20Energy%20Ministers%20\(002\).pdf](https://en.kefm.dk/Media/637884570050166016/Declaration%20of%20Energy%20Ministers%20(002).pdf) (date of access: 07.02.2023).

Vaitheeswaran V. *Need, Speed, and Greed*. HarperCollinsPublishers, New York, 2012.

Wendling Z.A., Emerson J.W., de Sherbinin A., Esty D.C. et al. (2022). 2022 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. epi.yale.edu. URL: <https://epi.yale.edu/downloads/epi2022report06062022.pdf> (date of access: 07.02.2023).

Wind Turbines Are Big Enough for Now, Vestas CEO Says. 2023. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-01-16/wind-turbines-are-big-enough-for-now-vestas-ceo-says> (date of access: 07.02.2023).

Zhilina I.Y. Ekonomicheskie posledstviya izmeneniya klimata [The Economic Consequences of Climate Change]. *Rossiya i sovremennyy mir* [Russia and the Contemporary World]. 2020. N 3(108). P. 50–67. (In Russ.)