

УДК 332.1

## ТИПОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ РОССИИ ПО СТЕПЕНИ ЗАВИСИМОСТИ ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТ ПРОЦЕССОВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ САНКЦИЙ

Гайнанов Д.А., Сафиуллин Р.Г.

*Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, Уфа,*

*-mail: 2d2@inbox.ru, safiullinrg@yandex.ru*

Исследований по анализу, оценке трансформации электроэнергетических региональных систем России и их типологии под влиянием процессов декарбонизации и экономических санкций крайне мало, что является существенным пробелом в области научных проектов. В задачи исследования входят анализ, оценка, выявление территориально-структурных особенностей и типологизация электроэнергетических региональных систем России по степени влияния процессов глобальной декарбонизации и экономических санкций на их трансформацию. Типологизация электроэнергетических региональных систем России по степени зависимости их функционирования и трансформации от процессов декарбонизации и экономических санкций выполнена с учетом количественных и качественных показателей производственной специализации и территориально-структурной генерации электроэнергии. Высокая степень зависимости трансформации электроэнергетических региональных систем от процессов декарбонизации и экономических санкций определяется их кластерным участием во всех экспортно-ориентированных производственных комплексах. Гипотеза проекта подтверждена результатами исследования и представленным интегральным видом типологизации электроэнергетических региональных систем по степени уязвимости от процессов декарбонизации и экономических санкций. Результаты исследования доказывают необходимость учета территориально-структурной дифференциации уязвимости электроэнергетических региональных систем России от процессов декарбонизации и экономических санкций при разработке долгосрочных целевых программ социо-эколого-экономической трансформации этих систем.

**Ключевые слова:** электроэнергетические региональные системы, декарбонизация экономики, экономические санкции, типология

## TYPOLOGY OF REGIONAL ELECTRICITY SYSTEMS IN RUSSIA BY THE DEGREE OF DEPENDENCE OF THEIR TRANSFORMATION ON THE PROCESSES OF DECARBONIZATION AND ECONOMIC SANCTIONS

Gainanov D.A., Safiullin R.G.

*Ufa Federal research center of the Russian Academy of Sciences, Ufa,*

*e-mail: 2d2@inbox.ru, safiullinrg@yandex.ru*

There are very few studies on the analysis and assessment of the transformation of Russia's regional electric power systems and their typology under the influence of decarbonization processes and economic sanctions, which is a significant gap in the field of scientific projects. The objectives of the study include the analysis, assessment, identification of territorial and structural features and typology of the electric power regional systems of Russia according to the degree of influence of the processes of global decarbonization and economic sanctions on their transformation. The typology of the electric power regional systems of Russia according to the degree of dependence of their functioning and transformation on the processes of decarbonization and economic sanctions is carried out taking into account quantitative and qualitative indicators of industrial specialization and territorial-structural generation of electricity. The high degree of dependence of the transformation of regional electric power systems on the processes of decarbonization and economic sanctions is determined by their cluster participation in all export-oriented production complexes. The hypothesis of the project is confirmed by the results of the study and the presented integral type of typologization of electric power regional systems according to the degree of vulnerability from decarbonization processes and economic sanctions. The results of the study prove the need to take into account the territorial and structural differentiation of the vulnerability of Russia's regional electric power systems from the processes of decarbonization and economic sanctions when developing long-term targeted programs for socio-ecological and economic transformation of these systems.

**Keywords:** electric power regional systems, decarbonization of the economy, economic sanctions, typology

Проблемы устойчивой динамики региональных эколого-экономических систем достаточно подробно исследованы в отечественной региональной экономике и отражены в публикациях [1, 2]. С 2020 г. в России наблюдается научный публикационный «взрыв» по проблемам декарбонизации. Акцентируется внимание на исследованиях проблем декарбонизации экономики веду-

щего экспортно ориентированного нефтегазохимического сектора России [3, 4].

Наш проект направлен на устранение научного пробела в типологизации электроэнергетических региональных систем России, оказавшихся под влиянием процессов глобальной декарбонизации и экономических санкций. Исследований по территориально-структурному анализу,

оценке трансформации электроэнергетических региональных систем России и их типологии под влиянием процессов декарбонизации и экономических санкций крайне мало, что является существенным пробелом в области научных проектов в России [5]. В случае игнорирования глобального тренда декарбонизации экономики российские электроэнергетические региональные системы столкнутся с проблемами социо-эколого-экономической трансформации. Инвестирование в инновационные проекты низко- и безуглеродных технологий в промышленности, лесном, сельском, жилищно-коммунальном хозяйстве, автотранспорте является современным трендовым направлением в развитых странах мира (США, странах ЕС, Великобритании, Японии, Канаде и др.) [6].

Исходя из сохраняющегося тренда глобальной декарбонизации, вводимых экономических санкций необходимо «... в короткие сроки уйти от нефтегазовой зависимости и диверсифицировать экономику, делая ставку на энергосберегающие, энергоэффективные и зеленые технологии, рассматривая их не как угрозу экономической безопасности, но как вызов и возможность» для трансформации электроэнергетических региональных систем России в сложившейся форс-мажорной ситуации долгосрочного характера [7, с. 21].

Имеющиеся немногочисленные научные публикации и проекты по электроэнергетическим региональным системам России посвящены рассмотрению сценарных вариантов декарбонизации энергетической системы России для дальнейшей выработки стратегии развития отрасли в целом, постепенного перехода от углеводородов в пользу «чистой» энергетики с увязкой последствий влияния экономических санкций со стороны развитых стран, но без территориально-структурного анализа и оценки [8, 9].

Цель исследования заключается в анализе, оценке, выявлении территориально-структурных особенностей и типологизации электроэнергетических региональных систем России по степени влияния процессов глобальной декарбонизации и экономических санкций на их трансформацию.

#### **Материалы и методы исследования**

Использованы официальные статистические данные в целом по России и на региональном уровне (объем валовой добавленной стоимости, производство электроэнергии на душу населения). Выбор метода территориально-структурного анализа и типологического метода исследования определялся тем, что они соответствовали решению задач исследования, позволяли провести типологию

электроэнергетических региональных систем России по степени влияния процессов глобальной декарбонизации и экономических санкций на их трансформацию. Полученные результаты типологизации электроэнергетических региональных систем страны применимы при разработке долгосрочных целевых программ социо-эколого-экономической трансформации этих систем.

Научно-прикладные проекты типологизации трансформации электроэнергетических региональных систем России выходят в ряд приоритетных в связи с актуализацией синергетического территориально-структурного влияния процессов глобальной декарбонизации и экономических санкций на развитие экономики.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Электроэнергетические региональные системы являются составной частью энергетического подкомплекса топливно-энергетического комплекса страны и состоят из совокупности взаимосвязанных и взаимодействующих элементов: электростанций различных видов (ТЭС, АЭС, ГЭС, ВЭС, СЭС), распределительной сети магистральных, территориальных и локальных линий электропередачи, регулирующих подстанций, объектов и субъектов потребления электроэнергии (промышленные, аграрные, инфраструктурные, экологические, социальные, население и др.) (рисунки).

В плане ГОЭЛРО 1920 г. выстраивание архитектуры территориальной организации экономических районов базировалось на формировании и развитии электроэнергетических региональных систем на основе строительства 20 ТЭС и 10 ГЭС до 2030 г. Цель и задачи обеспечения масштабов индустриального развития экономических районов в 1925–1940 гг. определялись электроэнергетическим потенциалом и возможностями практической реализации. Для этого этапа индустриального развития было характерно формирование замкнутых (автаркических) электроэнергетических региональных систем. До 1990 г. в России функционировала государственная монополия Единая электроэнергетическая система.

Переходный период с 1991 по 1999 гг. к формированию рыночной экономики сопровождался приватизацией Единой электроэнергетической системы, что было обусловлено необходимостью ликвидации государственной монополии в экономике, формированием рыночной конкурентной среды в производстве, распределении и потреблении электроэнергии предприятиями, организациями и населением.



Электроэнергетическая система России в составе топливно-энергетического комплекса

Таблица 1

Структурные изменения электроэнергетических мощностей и объемов производства электроэнергии в России за 1991–2021 гг.\*

Показатели	Годы	Установленная мощность, млн кВт					
		Всего	ТЭС	АЭС	ГЭС	ВЭС	СЭС
Электроэнергетическая мощность региональных систем России	1990	213	149	20	43	0	0
	2000	213	147	22	44	0	0
	2010	230	158	24	47	0	0
	2021	247	163	30	50	2	2
Производство электроэнергии электроэнергетическими системами России	1990	1082	780	120	168	0	0
	2000	878	582	131	165	0	0
	2010	1038	699	170	168	0	0
	2021	1114	677	222	210	4	2

\*Составлена авторами по: [10].

В структуре производства электроэнергии электроэнергетическими региональными системами России до сих пор преобладает генерация электроэнергии на ТЭС, достигающая 61% (в 1990 г. составляла 72%), что обуславливает высокую степень зависимости электроэнергетических региональных систем от процессов глобальной декарбонизации. Удельный вес экологически чистых генераций электроэнергии электроэнергетическими региональными системами на АЭС вырос за период с 1990 по 2021 гг. с 11% до 20%, на ГЭС – с 15,5% до 18,9%. Доля возобнов-

ляемых видов генерации электроэнергии на ВЭС и СЭС в 2021 г. составила всего 0,54%. В результате суммарная доля экологически чистых генераций электроэнергии электроэнергетическими региональными системами России за 1990–2021 гг. выросла с 26,5 до 39,4% (табл. 1).

Большие объемы и высокая доля генерации электроэнергетическими региональными системами страны электрической энергии с использованием природного газа, мазута и энергетических углей связаны с образованием значительных объемов выбросов парниковых газов (табл. 2).

Таблица 2

Объемы потребления топлива и выбросы парниковых газов тепловыми электростанциями на органическом топливе с мощностью 1 млн кВт (тыс. т/год)\*

Показатели	Природный газ	Мазут	Энергетический уголь
Объем расхода топлива	1,9 млрд м <sup>3</sup>	1,6 млн т	2,3 млн т
Выбросы парниковых газов:			
SO <sub>x</sub>	0,012	52,7	139,0
NO <sub>x</sub>	12,1	21,7	20,9
CO <sub>x</sub>	–	0,1	0,2
Твердые частицы	0,5	0,7	4,5
Итого	12,72	75,2	164,6

\*Рассчитана авторами по: [11, с. 299].

При рассмотрении ядерно-энергетического цикла в отношении АЭС также возникают вопросы, связанные с экологическим загрязнением при добыче, транспортировке урановой руды, переработке и обогащении, производстве твэлов, утилизации радиоактивных отходов, потенциальными угрозами технологических аварий на АЭС («Тримал Айленд», штат Пенсильвания, США, 1979; Чернобыльская АЭС, г. Припять, Украинская ССР, 1986; «Фукусима – 2», Япония, 2015). Именно эти экологические аспекты и угроза аварий определили свертывание программ строительства новых и консервации построенных АЭС в Германии, Швеции.

Высокая степень зависимости трансформации электроэнергетических региональных систем от процессов декарбонизации и экономических санкций определяется кластерным участием во всех экспортно ориентированных производственных комплексах (нефтяном, газовом, угольном, металлургическом, химическом, лесном, аграрном, военно-промышленном).

*Типология электроэнергетических региональных систем России*

По многим направлениям процессы декарбонизации через механизм углеродного налогообложения и конкретные экономические санкции синхронизируются во влиянии на функционирование электроэнергетических региональных систем России. Электроэнергетические региональные системы, которые не участвуют напрямую в международном территориальном разделении труда через внешнюю торговлю товарами и функционируют только внутри замкнутой региональной экономики, не испытывают влияния процессов декарбонизации и экономических санкций. В новых реалиях трансформации подвергнутся элек-

троэнергетические региональные системы страны, имеющие в структуре генерации большие объемы и высокую долю тепловой электроэнергетики (ТЭС), которые обеспечивают функционирование экспортно ориентированных производств и предприятий.

Типология электроэнергетических региональных систем выполнена на основе четырех показателей количественного и качественного характера (табл. 3).

1. Производство электроэнергии на душу населения: а) выше среднего российского показателя более 1,25 раза; б) на уровне среднего российского показателя; в) ниже среднего российского показателя – менее 0,75 раз (тыс. квт-ч).

2. Преобладающий структурный тип генерации электроэнергии (ТЭС, АЭС, ГЭС): а) тепловая генерация (доля выше 50%); б) атомная генерация (доля выше 25%); в) гидроэнергетическая генерация (доля выше 25%).

3. Объем валовой добавленной стоимости: а) крупнейшие региональные системы (свыше 15 трлн рублей); б) крупные региональные системы (от 5 до 12 трлн рублей); в) малые региональные системы (от 1 до 3 трлн рублей); г) микрорегиональные системы (менее 1 трлн рублей).

4. Территориальная производственная специализация региональных систем.

Территориальная производственная специализация региональных систем определяется по следующей формуле:

$$K = (V_i / W_y) / (O_i / Q_y), \quad (1)$$

где K – коэффициент территориальной производственной специализации региональных систем; V<sub>i</sub> – объем валовой добавленной стоимости i-го вида экономической деятельности региональной системы (млрд рублей); W<sub>y</sub> – объем валовой добав-

ленной стоимости всех видов экономической деятельности региональной системы (млрд рублей);  $O_i$  – объем валовой добавленной стоимости  $i$ -го вида экономической

деятельности страны (млрд рублей);  $Q_y$  – объем валовой добавленной стоимости всех видов экономической деятельности страны (млрд рублей).

Таблица 3

Типология электроэнергетических региональных систем России по зависимости их функционирования и трансформации от процессов декарбонизации и экономических санкций с учетом территориальной производственной специализации и территориально-структурной генерации электроэнергии

№ п/п	Тип региональных систем по производственной специализации	Подтипы электроэнергетических региональных систем	Перечень электроэнергетических региональных систем страны
1	Нефтегазовая сырьевая специализация	С монопольной тепловой генерацией	ХМАО, ЯНАО, Сахалинская, Томская, Омская, Оренбургская области, Республики Башкортостан и Татарстан, Удмуртия, Ненецкий АО, Пермский край
		С высокой долей генерации электроэнергии на ГЭС	Самарская, Иркутская области
2	Специализация на угольной промышленности	С монопольной тепловой генерацией	Кемеровская область, Республика Коми
		С высокой долей генерации электроэнергии на АЭС и ГЭС	Ростовская, Иркутская области, Красноярский и Забайкальский края
3	Специализация на черной металлургии	С монопольной тепловой генерацией	Липецкая, Тульская, Вологодская, Челябинская, Свердловская, Оренбургская, Кемеровская области
		С высокой долей генерации электроэнергии на АЭС и ГЭС	Белгородская, Иркутская области, Республика Карелия
4	Специализация на автомобилестроении	С монопольной тепловой генерацией	Город Москва, Калужская, Калининградская, Ленинградская, Московская области, Республики Удмуртия, Татарстан, Башкортостан
		С высокой долей генерации электроэнергии на ГЭС	Самарская, Ульяновская области
5	Специализация на авиационной промышленности	С монопольной тепловой генерацией	г. Москва, Ульяновская область, Республики Башкортостан и Татарстан, Пермский край
		С высокой долей генерации электроэнергии на АЭС и ГЭС	Самарская, Воронежская, Иркутская области, Хабаровский край
6	Специализация на производствах военно-промышленного комплекса	С монопольной тепловой генерацией	Города Москва, С.-Петербург, Республики Башкортостан и Татарстан, Удмуртия, Приморский, Пермский края, Московская, Архангельская, Воронежская, Челябинская, Свердловская, Омская, Нижегородская, Астраханская, Пензенская, Курганская области, Еврейская АО
		С высокой долей генерации электроэнергии на ГЭС	Республика Дагестан, Самарская, Волгоградская, Иркутская области, Хабаровский край
7	Специализация на золотодобывающей промышленности	С монопольной тепловой генерацией	Магаданская, Свердловская, Челябинская области, Республики Саха Якутия, РБ, Забайкальский, Камчатский края, Чукотский АО
		С высокой долей генерации электроэнергии на ГЭС	Красноярский край
8	Специализация на транспортном машиностроении (вагоностроение)	С монопольной тепловой генерацией	Города Москва, Санкт-Петербург, Московская, Свердловская области
		С высокой долей генерации электроэнергии на АЭС и ГЭС	Тверская область, Республика Хакасия
9	Специализация на лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности	С монопольной тепловой генерацией	Архангельская, Вологодская, Тюменская, Свердловская, Новосибирская, Томская, Омская, Сахалинская, Костромская области, Республики Карелия, Коми, Башкортостан, Бурятия, Пермский, Забайкальский края
		С высокой долей генерации электроэнергии на ГЭС	Иркутская область, Красноярский, Хабаровский край

### Заключение

Таким образом, авторами разработана методика типологизации электроэнергетических региональных систем России исходя из степени их зависимости от процессов декарбонизации и экономических санкций и представлена типология электроэнергетических региональных систем России по степени уязвимости от процессов декарбонизации и экономических санкций.

Обоснована научно-прикладная значимость использования результатов типологизации зависимости электроэнергетических региональных систем России от процессов глобальной декарбонизации и экономических санкций в реализации их территориально-структурной трансформации. Разработанная типология электроэнергетических региональных систем России позволяет проанализировать и оценить территориально-структурные особенности влияния процессов декарбонизации и экономических санкций на их трансформацию и имеет научно-практическое значение в долгосрочном социо-эколого-экономическом прогнозировании.

Результаты исследования доказывают необходимость учета территориально-структурной дифференциации уязвимости электроэнергетических региональных систем России различных типов от процессов декарбонизации и экономических санкций при разработке долгосрочных целевых программ социо-эколого-экономической трансформации этих систем.

*Данное исследование выполнено в рамках государственного задания УФИЦ РАН № 075-03-2022-001 от 14.01.2022 г.*

### Список литературы

1. Зелёная экономика и цели устойчивого развития для России: монография / Под науч. ред. С.Н. Бобылёва, П.А. Кирюшина, О.В. Кудрявцевой. М.: МГУ, 2019. 180 с.
2. Устойчивое развитие территорий: монография / Под науч. ред. О.В. Кудрявцевой. М.: МГУ, 2021. 492 с.
3. Карасевич В. Пути декарбонизации в российских нефтегазовых компаниях // Нефтегазовая вертикаль. 2021. № 6. С. 64-67.
4. Кулапин А. Энергетический переход: Россия в глобальной повестке // Энергетическая политика. 2021. № 7 (161). С. 10-15.
5. Сафиуллин Р.Г. Типология регионов России по степени зависимости от процесса глобальной декарбонизации экономики // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 126-131.
6. Гайнанов Д.А., Сафиуллин Р.Г. Институциональные основы глобальной декарбонизации экономики. XIII Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-ти летнему юбилею со дня основания Института социально-экономических исследований УФИЦ РАН. В сб.: Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов. Уфа, 2021. С. 47-53.
7. Юлкин М.А. Глобальная декарбонизация и ее влияние на экономику России. М.: АНО «Центр экологических инвестиций», 2019. 29 с.
8. Глебова А.Г., Данеева Ю.О. Адаптация российской энергетики к декарбонизации мировой экономики // Экономика. Налоги. Право. 2021. № 14(4). С. 48-55.
9. Казанцев С.В. Оценка влияния антироссийских санкций на топливно-энергетический и оборонно-промышленный комплексы России // Мир новой экономики. 2018. № 12 (3). С. 46-57.
10. EES. EAEC. Мировая энергетика – Электроэнергетический комплекс России. 2021.
11. Экология города / Под ред. Ф.В. Стольберга. Киев: Либра, 2000. 464 с.