

<https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-2.8>

УДК 330.15

JEL Q20, Q42, Q57

А. Ю. Даванков ^{а,б)}, Д. Ю. Двинин ^{а)}

^{а)} Челябинский государственный университет (Челябинск, Российская Федерация; e-mail: ecologchel@74.ru)

^{б)} Челябинский филиал Института экономики УрО РАН (Челябинск, Российская Федерация)

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ РЕГИОНОВ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА¹

Публикация посвящена вопросу сбалансированности регионов Уральского федерального округа при развитии альтернативных источников энергии. Под сбалансированностью понимается хозяйственная деятельность, которая не выходит за пределы материально-энергетических потоков экосистем региона. Цель исследования: оценить влияние развития альтернативной энергетики на повышение уровня сбалансированности регионов УрФО. Задачи исследования: обоснование использования особых методических подходов и критериев осуществления оценки, проведение расчетов в соответствии с различными сценариями развития альтернативной энергетики в регионах УрФО. В предложенной методике оценка основывается на соотношении потребляемой энергии в регионе в процессе хозяйственной деятельности и уровня ассимиляционной (экологической) емкости природной среды, что позволяет получить индикатор сбалансированности развития региона. Ассимиляционный потенциал определяется природными ландшафтами территории, а потребляемая энергия в регионе зависит от уровня природоемкости отраслей хозяйства. Выявлено, что функционирование традиционной энергетики, работающей на ископаемом топливе, создает существенные дисбалансы в материально-энергетических потоках. В результате все регионы Уральского федерального округа, кроме Ямало-Ненецкого автономного округа, находятся в несбалансированном состоянии. Особенно высокий уровень несбалансированности в Челябинской области — 15,02, что значительно больше пороговой величины индикатора, равно единице. Данная ситуация приводит и к высокой величине удельной эмиссии парниковых газов традиционной энергетикой — 0,57 кг/кВт.ч CO₂-эквивалент в среднем по УрФО. Особенность альтернативной энергетики в том, что она использует материально-энергетические потоки, циркулирующие в биосфере, без их существенного изменения. В процессе исследования были осуществлены расчеты, позволившие установить, что при существующих прогнозных сценариях перехода на альтернативные источники энергии в 3–5 % к 2030 году в УрФО высокий уровень несбалансированности практически не изменится. Для обеспечения сбалансированного развития УрФО необходимо увеличение доли альтернативной энергетики в среднем до 46 %.

Ключевые слова: социо-эколого-экономическая система, ассимиляционный потенциал, сбалансированное развитие, материально-энергетические потоки, альтернативная энергетика, индикатор сбалансированности

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–010–00195.

Для цитирования: Даванков А. Ю., Двинин Д. Ю. Влияние развития альтернативной энергетики на сбалансированность регионов Уральского федерального округа // Журнал экономической теории. 2021. Т. 18. № 2. С. 265–276. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-2.8>

¹ © Даванков А. Ю., Двинин Д. Ю. Текст. 2021.

Aleksey Yu. Davankov ^{a, b)}, Dmitriy Yu. Dvinin ^{a)}^{a)} Chelyabinsk State University (Chelyabinsk, Russian Federation; e-mail: ecologchel@74.ru)^{b)} Chelyabinsk Branch of the Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (Chelyabinsk, Russian Federation)

Influence of the Alternative Energy Development on the Cross-Regional Balance of the Ural Federal District

The paper discusses the role of alternative energy development in cross-regional balance in the Ural Federal District (Russia). The paper describes the methodological approaches, assessment criteria and calculations for various scenarios of alternative energy development. The research methodology relies on the calculation of the ratio of the energy consumed in the region to the environmental capacity of the region. We calculate the indicator showing how balanced the regional social, environmental and economic system is. The environmental capacity is determined by the natural landscape of the territory while the energy consumed in the region depends on the environmental intensity of the economic sectors.

We found that the use of traditional energy sources such as fossil fuel has a disruptive effect on the cross-regional balance of the Ural Federal District, especially in Chelyabinsk region (the indicator value is 15.02, which is significantly higher than the threshold value). The only exception is the Yamalo-Nenets Autonomous District. This situation also leads to the high average level of greenhouse gas emissions — 0.57 kg / kWh CO₂-equivalent.

Alternative energy uses material and energy flows circulating in the biosphere without significantly changing them. Our calculations have shown that under the existing forecast scenarios of transition to alternative energy sources with the share of alternative energy sources 3–5 % by 2030 will not bring any substantial change to the situation. To ensure balanced development of the Ural Federal District, it is necessary to increase the share of alternative energy to 46 %.

Keywords: socio-ecological-economic system, assimilation potential, balanced development, material and energy flows, renewable energy, balance indicator

Acknowledgements

The study has been funded by RFBR, project number 20–010–00195.

For citation: Davankov, Al. Yu., & Dvinin, D. Yu. (2021). Influence of the Alternative Energy Development on the Cross-Regional Balance of the Ural Federal District. Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii [Russian Journal of Economic Theory], 18(2), 265–276, <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-2.8>

1. Введение

Сбалансированным развитием региона является такая организация обществом процесса функционирования хозяйственной деятельности, которая не выходит за пределы биосферных материально-энергетических потоков природной среды конкретной территории. Следует отметить, что существует широко распространенное понятие «устойчивое развитие», по значению очень близкое к «сбалансированному развитию». Однако некоторые ученые, в частности В.И. Данилов-Данильян, отмечают, что термин «сбалансированность» является более точным, чем «устойчивость», поэтому считают его использование более предпочтительным при описании сущности явления (Данилов-Данильян и др., 2002). При оценке сбалансированности регионального развития всегда возникают вопросы, связанные с необходимостью применять некоторые специальные критерии (Бобылев, 2006). Энергетическая деятельность в процессе хозяйственной деятельности приводит не только к выбросам в окружающую природную среду («выходным» потокам), которым уделяется пристальное внимание при решении природоохранных вопросов, но также создает и «входные» материально-энергетические потоки ис-

пользуемых природных и энергетических ресурсов. Указанная ситуация представляется более значимой при оценке воздействия на окружающую среду в сравнении с возникающими выбросами. В экосистемах оказываются нарушенными природные процессы, и они не могут в дальнейшем поддерживать необходимые условия для поддержания собственного функционирования. Трансформация биосферных материально-энергетических потоков с течением времени оказывает все большее влияние на общее состояние социо-эколого-экономической системы, приводит к обострению экологических проблем. Воздействовать на указанную ситуацию возможно лишь при создании управленческой модели, позволяющей сформировать в регионе сбалансированное развитие хозяйственной деятельности, которая не будет превышать границы устойчивости биосферы, т. е. способности нейтрализовать последствия техногенеза. В девяностых годах прошлого века российским ученым В.Г. Горшковым была разработана комплексная теория биотической регуляции, позволившая сделать вывод, что нарастающий экологический кризис связан в первую очередь с переводом биосферных материально-энергетических потоков в социально-экономическую систему (Горшков, 1995).

Таблица 1

Сценарии развития альтернативной энергетики в России к 2030 г.

Показатель	«Худший прогноз сбывается»	«Опора на экспорт углеводородов»	«Централизованная диверсификация»	«Новый энергетический уклад»
Доля альтернативной энергетики в энергобалансе (%)	3	5	8	10

Также необходимо особо выделить, что исследование потоков дает возможность выявить возникающую зависимость между социально-экономической и природной системами (Бутко, Иванова, 2011). Изымаемые из природы ресурсы, используемые при функционировании энергообъектов, имеют рыночную цену, а это позволяет более точно оценивать себестоимость возобновляемых источников энергии. В настоящее время широко обсуждается возможность «зеленого поворота» в экономике. Некоторые исследователи прогнозируют формирование следующего долгого цикла Кондратьева в мировой экономике, связанного с зелеными технологиями и возобновляемой энергетикой (Вайцзеккер, Харгроуз, 2013. С. 15). Б.Н. Порфирьев отмечает, что развитие альтернативной энергетики в России даст возможность осуществить «двойной выигрыш»: одновременное снижение общего ресурсопотребления, за счет более полного использования местных ресурсов, и уменьшение эмиссии парниковых газов. В итоге это приведет к существенному снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду в регионах (Порфирьев, 2011. С. 143). С учетом этого адекватная оценка материальной интенсивности ряда базовых отраслей экономики, таких как энергетика, приобретает не только природоохранное значение, она способствует повышению экономической конкурентоспособности отдельных регионов (Бобылев и др., 2018). Ключевая особенность альтернативной энергетики — использование энергии, циркулирующей в биосфере, т. е. в отличие от традиционной энергетики она не оказывает существенного влияния на изменение природных материально-энергетических потоков (Белик, 2016). Таким образом, создание методов, позволяющих проводить измерение уровня сбалансированного развития регионов, при условии развития альтернативных источников энергии, представляет особую ценность не только с исследовательской, но и с управленческой точки зрения (Двинин, 2020). Согласно «Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы)» приоритетным на-

правлением признано «определение единой комплексной оценки экологического состояния территориальной единицы как функции уязвимости компонентов природной среды и интенсивности техногенного стресса с целью экологического прогнозирования с учетом тенденции экономического развития региона и глобального потепления»¹.

2. Методические подходы к оценке уровня развития сбалансированности регионов

На данный момент нет общепринятого теоретико-методологического подхода к анализу и оценке сбалансированного развития территориальных систем. В исследовании приводится авторский метод, позволяющий проводить подобную оценку сбалансированности хозяйственной деятельности, ее техногенных потоков с ассимиляционным (экологическим) потенциалом природной среды территории, по мере увеличения в энергетическом балансе доли альтернативной энергии.

Поскольку доля альтернативной энергетики на российском рынке в настоящее время невелика, для оценки ее влияния на сбалансированное развитие региона в первую очередь необходимо определить прогнозные величины развития на будущий период времени. НИУ «Высшая школа экономики» в проекте «Исследование глобальных вызовов и долгосрочных тенденций инновационного развития» (Проскуракова, Ермоленко, 2017) оценила наиболее перспективные сценарии развития альтернативной энергетики, что представлено в таблице 1.

Проведенный анализ указанных сценариев позволил сформулировать следующий прогноз: макроэкономические показатели роста экономики останутся небольшими, наиболее вероятным следует рассматривать долю альтернативных источников энергии к 2030 году в пределах 3–5 %.

Оценку сбалансированности развития регионов предлагается осуществлять на основе особого индикатора. Это показатель, который

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-р.

характеризует уровень влияния техногенного воздействия на исследуемой территории на основе соотношения потребляемой энергии в регионе и уровня ассимиляционного (экологического) потенциала природной среды региона, способного нейтрализовать негативные последствия хозяйственной деятельности (Постников, 2004). В предлагаемом методическом подходе ассимиляционный (экологический) потенциал определяется на основе показателя ПДЭН (предельно допустимая экологическая нагрузка), он позволяет оценивать способность региональных природных ландшафтов осуществлять эмиссию O_2 (кислорода) и поглощать CO_2 (углекислый газ). Региональная хозяйственная деятельность оценивается в показателях энергоёмкости, что дополнительно позволяет выявлять и уровень общей природоёмкости экономики (Даванков и др., 2016). При указанном подходе большое значение приобретает величина выработки и потребления электроэнергии на оцениваемой территории (Татаркин, Гершанок, 2006), а также следующие характеристики природных ландшафтов: залесенность площади; территории, свободные от лесных массивов; сельскохозяйственные угодья, акватории и др.

Выявление существующих позитивных (либо негативных) процессов в регионе осуществляется с помощью указанного индикатора. Целенаправленная управленческая деятельность позволяет воздействовать на него в положительную сторону, таким образом меняя ситуацию и усиливая сбалансированность социо-эколого-экономической системы региона (Липенков, 2012). При этом следует учитывать, что если традиционная энергетика, работающая на ископаемом топливе, создает существенные дисбалансы в материально-энергетических потоках, то альтернативная энергетика их не изменяет и не оказывает серьезного влияния на природные процессы (Порфирьев, 2011). Таким образом, чтобы рассчитать изменение уровня сбалансированности региона при развитии альтернативной энергетике, нужно из общей величины энергии, потребляемой в регионе, вычесть долю, приходящуюся на альтернативную энергетику.

$$K_{\text{сбал.}}^t = \frac{\mathcal{E}^t - \mathcal{E}^{At}}{H_3}, \quad (1)$$

где \mathcal{E}^t — объем потребленной энергии в регионе за некоторый период времени; \mathcal{E}^{At} — объем электроэнергии в регионе, производимой из возобновляемых источников энергии; H_3 —

общий показатель ассимиляционного потенциала территории региона.

Если в результате проводимых расчетов $K_{\text{сбал.}}^t$ получился меньше единицы, региональное развитие в целом сбалансированное. При величине значительно выше единицы следует признать выход социо-эколого-экономической системы в состояние несбалансированности. Значение указанного коэффициента для мира в целом – 10, поэтому при превышении индикатором указанной величины необходимо сделать вывод о сложившейся крайне напряженной экологической ситуации в исследуемом регионе.

Для общей оценки природоёмкости электроэнергетики в некоторых случаях полезным является показатель материальной интенсивности, с помощью которого возможно проводить анализ использования вещества, изымаемого из природных систем. Отдельные предприятия энергетике могут использовать показатель удельной материальной интенсивности продукта или услуги, получаемый из методики «*Material Input Per Service unit*» (анализ удельных материальных потоков), в ее основу положен критерий *MI (Material Input)*-чисел (Schmidt-Bleek, 2009). Он дает возможность проанализировать величину материалоемкости на единицу произведенного продукта либо услуги. Обычно указанный критерий отображает величину (в единицах массы) природных ресурсов, использованных в производственном процессе. *MI*-числа были заранее определены для основных сырьевых материалов, их можно найти в специально распространяемом отчете «Вуппертальского института климата и окружающей среды» (Германия) на сайте: www.wupperinst.org¹. Применяя полученные данные, можно получить *MI*-числа и для любых других объектов, обладающих сложным материальным составом (Сергиенко, Рон, 2004). Для оценки сбалансированности материально-энергетических биосферных потоков и энергетике хозяйственной деятельности авторы считают возможным использовать особые суммарные *MI*-числа. При их расчете отсутствует надобность отдельного выделения различных категорий «материального входа», все сводится к общей величине. Такой подход позволяет значительно более эффективно проводить эколого-экономическую оценку целых отраслей экономики, в том числе традиционной и альтернативной энергетике. Так как суммарные *MI*-числа выражают общий

¹ MIT 2014. Wuppertal Institut.

«материальный вход», они могут использоваться и при анализе материальной интенсивности региональной социо-эколого-экономической системы. Суммарные *MI*-числа позволяют определить и наличие зависимости между использованием природных ресурсов энергетикой и эмиссией парниковых газов.

3. Характеристика традиционной и альтернативной энергетики Уральского федерального округа

В Уральский федеральный округ (УрФО) входят шесть регионов: Курганская область, Свердловская область, Челябинская область, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ. Округ занимает значительную площадь в 1,82 млн км², численность проживающего населения 12,33 млн человек (2021 г.). Доля округа в выработке электроэнергии Российской Федерацией — 17,3 %. Наиболее крупными энергообъектами являются мощные ТЭС (тепловые электростанции). При этом доля альтернативной энергетики в УрФО относительно небольшая — 0,027 %, что более чем в пять раз меньше общероссийской величины в 0,14 %. По уровню развития альтернативных источников энергии УрФО в настоящее время занимает последнее место среди федеральных округов Российской Федерации.

Традиционная энергетика УрФО, использующая в качестве топлива каменный и бурый уголь, достаточно широко представлена в округе, ее деятельность оказывает значимое антропогенное воздействие на уровень сбалансированности региональных социо-эколого-экономических систем. Удельная материальная интенсивность традиционной энергетики Уральского федерального округа в суммарных *MI*-числах составляет 1,33 кг/кВт·ч, удельная эмиссия парниковых газов 0,57 кг/кВт·ч. Значительные величины материальной интенсивности, выраженной в суммарных *MI*-числах, выявлены в Челябинской (1,81 кг/кВт·ч) и Свердловской (1,64 кг/кВт·ч) областях. Ситуация в указанных регионах объясняется высокой долей в топливном балансе каменного и бурого угля, однако следует отметить существующий тренд на расширение использования природного газа. Особо высокие величины отмечены в Челябинской области, поскольку крупнейшие энергообъекты региона (Троицкая и Южноуральская ГРЭС) работают на угле. До настоящего времени в области широко используются и низкокачественные угли Челябинского бурогоугольного бассейна, что ока-

зывает дополнительное влияние как на материальную интенсивность региональной энергетикой, так и на общую экологическую ситуацию. В Челябинской и Свердловской областях энергетика обладает и высокой эмиссией парниковых газов. В Курганской области находится одна крупная ТЭС, ее топливный баланс смешанный, состоит из природного газа и угля. В результате удельная ресурсоемкость достаточно высокая (1,32 кг/кВт·ч), однако на незначительную величину меньше, чем в двух предыдущих регионах. В Тюменской области (1,22 кг/кВт·ч), Ханты-Мансийском (1,18 кг/кВт·ч) и Ямало-Ненецком (0,83 кг/кВт·ч) АО присутствуют крупные ТЭС, особенно мощные расположены в Ханты-Мансийском автономном округе. Особенность данных регионов — практически полное исключение углей из топливного баланса и переход на природный газ. Природный газ обладает небольшими величинами удельной материальной интенсивности, как соответственно и энергетика перечисленных регионов. Эмиссия парниковых газов при производстве электроэнергии также невысока. В северных регионах большее количество новых электростанций с инновационным технологическим процессом, они обладают и наилучшими показателями материальной интенсивности.

Альтернативная энергетика УрФО в настоящее время в основном представлена малыми гидроэлектростанциями (Dvinin, Nikolaeva, 2020), однако имеются и некоторые крупные проекты, находящиеся в стадии реализации. В Курганской области объекты альтернативной энергетики, занимающиеся промышленной выработкой энергии, отсутствуют. В Челябинской области альтернативная энергетика представлена исключительно малыми ГЭС (гидроэлектростанциями). ГЭС «Пороги» (мощность 1,36 МВт) — старейшая гидроэлектростанция России, открытая еще в 1910 году, сейчас выведена из эксплуатации и поставлена на ремонт. В регионе имеются Шершневская, Аргазинская, Зюраткульская ГЭС, однако достаточно длительный период времени они находятся в нерабочем состоянии. Эксплуатируется Верхнеуральская ГЭС (1 МВт), ежегодно она вырабатывает до 1,5 млн кВт·ч электроэнергии. Отдельные предприятия создают собственные установки, акционерное общество «Русские электрические двигатели» (АО «РЭД») готовит к введению СЭС (солнечная электростанция) мощностью в 244 кВт. В регионе существуют проекты сооружения крупных ветроэлектростанций, имеющиеся сейчас — крайне не-

большие по мощности и не имеют связи с общей энергосистемой. В Свердловской области схожая ситуация, альтернативная энергетика представлена преимущественно малыми гидроэлектростанциями, построенными в советское время. Эксплуатируются: Верхотурская (Верхнетурская) ГЭС (7 МВт), ежегодно вырабатывающая 32 млн кВт·ч, и Вогульская ГЭС (2,4 МВт) с выработкой электроэнергии в 1,76 млн кВт·ч. В регионе работают и микро-ГЭС: в поселении Нижнеиргинском (100 кВт), в Сысерти, в Серове. Большие запасы ископаемых углеводородов в северных регионах УрФО оказали непосредственное влияние на замедленные темпы развития и внедрения возобновляемой энергетике. В Тюменской области, Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском автономных округах альтернативные источники энергии практически не представлены. Исключением является небольшая СЭС в поселении Никулкино Кондинского района Ханты-Мансийского АО, однако ее мощность всего 15 кВт. В Ямало-Ненецком автономном округе имеется одна маломощная ВЭС в г. Лабитнанги (0,25 МВт), с годовым производством электроэнергии не более 0,54 млн кВт·ч, правда, следует отметить, что в округе имеются проекты строительства еще одиннадцати ВЭС.

4. Выявленная зависимость между деятельностью традиционной энергетике и уровнем развития сбалансированности региона

На примере производства электроэнергии из традиционных ископаемых источников энергии было проведено исследование, которое позволило выявить, что высокая удельная материальная интенсивность присутствует в промышленных регионах Уральского федерального округа с крупными электростанциями, работающими на угле (каменном и буром). Указанная ситуация оказывает существенное негативное антропогенное влияние, что находит подтверждение в значительной величине эмиссии парниковых газов. В таблице 2 представлены регионы с традиционной энергетикой, где материальная интенсивность наиболее значительная (более 1 кг/кВт·ч).

Полученные результаты позволяют сформулировать вывод, что производственная деятельность объектов традиционной энергетике, применяющих ископаемое топливо, приводит к появлению и значительных дисбалансов в материально-энергетических потоках.

Проведенное ранее авторами исследование (Даванков и др., 2016) позволило получить значение индикатора сбалансированности для ре-

гионов, входящих в состав Уральского федерального округа. Результаты представлены в таблице 3.

У всех регионов Уральского федерального округа, кроме Ямало-Ненецкого АО, индикатор сбалансированности выше единицы, что явным образом свидетельствует о наличии общей неустойчивости. Особенно высокий уровень несбалансированности установлен в Челябинской области, более 15, что существенно выше общемировой величины.

Указанный индикатор должен проявлять себя и в уровне материальных потоков, это может свидетельствовать о значительном воздействии на окружающую среду. Был проведен сравнительный анализ данных об удельной ресурсоемкости традиционной электроэнергетике с индикатором сбалансированности и величиной эмиссии парниковых газов, что представлено в таблице 4.

Установлен высокий уровень взаимосвязи между индикатором сбалансированности региона и материальными потоками электроэнергетике: коэффициент корреляции 0,745, а между материальными потоками и парниковыми газами указанный коэффициент — 0,998. В результате необходимо сделать следующий вывод: если наблюдается высокий уровень несбалансированности в регионе, присутствуют и значительные материальные потоки в электроэнергетике, высокая эмиссия парниковых газов.

5. Влияние альтернативной энергетике на повышение уровня сбалансированности регионов Уральского федерального округа

Как указывалось выше, ключевая особенность альтернативной (возобновляемой) энергетике — использование энергии, уже циркулирующей в биосфере. Таким образом, в отличие от традиционной энергетике она не оказывает существенного влияния на изменение природных материально-энергетических потоков. Отсюда можно сделать вывод, что по мере увеличения в энергетическом балансе доли возобновляемой энергии будет изменяться и уровень сбалансированности хозяйственной деятельности в регионе. Формируются новые закономерности, связанные с повышением уровня сбалансированного развития хозяйственной деятельности в регионе при развитии альтернативной энергетике.

На 2018 год доля альтернативной энергетике в энергобалансе Российской Федерации была невелика и составляла 0,14 %. Ее структура, по видам альтернативных источников

Таблица 2

Регионы Уральского федерального округа России с наибольшими удельными материальными потоками, возникающими в процессе деятельности традиционной энергетики

Регион	Суммарные МІ-числа традиционной энергетики, кг/кВт·ч	Удельная эмиссия парниковых газов, кг/кВт·ч
Курганская область	1,32	0,58
Свердловская область	1,64	0,76
Тюменская область	1,22	0,49
Ханты-Мансийский автономный округ	1,18	0,49
Челябинская область	1,81	0,87

Таблица 3

Оценка сбалансированности развития регионов Уральского федерального округа

Регион	Экологическая емкость экосистем, ГВт	Потребляемая энергия в единицу времени (мощность), ГВт	Индикатор сбалансированности региона
Свердловская область	5,64	14,35	2,54
Челябинская область	0,94	14,17	15,02
Курганская область	0,67	1,7	2,56
Тюменская область	2,39	4,81	2,01
Ханты-Мансийский автономный округ	14,05	22,16	1,58
Ямало-Ненецкий автономный округ	10,28	5,25	0,51
Уральский федеральный округ	33,94	62,46	1,84

Таблица 4

Удельная ресурсоемкость и эмиссия парниковых газов традиционной энергетики при сравнении с индикатором устойчивости регионов Уральского федерального округа

Регион	Индикатор сбалансированности региона	Удельная ресурсоемкость электроэнергетики в суммарных МІ-числах, кг/кВт·ч	Удельные выбросы CO ₂ -экв., кг/кВт·ч
Челябинская область	15,02	1,81	0,87
Курганская область	2,56	1,32	0,58
Свердловская область	2,54	1,64	0,76
Тюменская область	2,01	1,22	0,49
Ханты-Мансийский автономный округ	1,58	1,18	0,49
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,51	0,83	0,48
Уральский федеральный округ	1,84	1,33	0,57

энергии, следующая: малые ГЭС и установки на биотопливе — 53,5 %, солнечная энергетика — 26 %, геотермальные станции — 11 %, установки, использующие силу ветра, — 9,5 %. При этом развитие альтернативной энергетики в регионах крайне неравномерно. В Уральском федеральном округе ее величина составляет лишь 0,027 % (Dvinin, 2020), в ряде регионов округа (Курганской и Тюменской областях) возобновляемые источники энергии практически не используются, в остальных имеют крайне незначительные величины в общем производстве электроэнергии и представлены в основном малыми гидроэлектростанциями и не-

большими экспериментальными установками солнечной и ветряной энергетики. Поскольку в настоящий момент времени фактически нет эффективных механизмов стимулирования для внедрения объектов альтернативной энергетики, их используют чаще всего для электроснабжения поселений, не связанных с общей энергосистемой, практически не используется возможность снижения с ее помощью негативного воздействия на окружающую среду.

Исходя из сложившейся ситуации, в исследовании использовались прогнозные величины развития альтернативной энергетики на период до 2030 года (предложены НИУ

«Высшая школа экономики»), а также гипотетический сценарий, предполагающий полное структурное замещение традиционной энергетики альтернативными источниками.

В работе НИУ ВШЭ «Исследование глобальных вызовов и долгосрочных тенденций инновационного развития» представлено несколько сценариев развития возобновляемой энергетики в Российской Федерации. Изначально, используя экспертную оценку, сформулирован список существующих трендов в альтернативной энергетике. Было выделено три возобновляемых источника энергии, обладающих значительным потенциалом развития: ветряные электростанции (ВЭС), солнечные (СЭС) и использующие в качестве топлива биомассу (БиоЭС). Далее сформированы четыре сценария развития, получившие следующие условные названия: «Новый энергетический уклад», «Опора на экспорт углеводородов», «Худший прогноз сбывается», «Централизованная диверсификация». Проведенный анализ представленных сценариев позволил сделать авторам следующий вывод: макроэкономические показатели роста экономики, на обозримый период времени, останутся относительно небольшими, что не позволяет сделать оптимистический прогноз о быстром развитии возобновляемой энергетики. Наиболее вероятными следует рассматривать прогнозные сценарии, где доля альтернативных источников энергии в 2030 году не превысит величин в 3–5 %.

Исследование позволило установить, насколько снизятся материально-энергетические потоки при развитии альтернативных источников энергии в регионах Уральского федерального округа с наиболее проблемной традиционной энергетикой. Указанный подход позволяет установить и эколого-экономический эффект, который проявится в будущем периоде времени. Среднее удельное значение материальной интенсивности для возобновляемой энергетики Российской Федерации — 0,15 кг / кВт·ч (в суммарных *MI*-числах). Данный показатель и был взят за основу при сравнении с традиционной энергетикой. Величина, демонстрирующая, на какую величину уменьшится удельная материальная интенсивность при полной замене традиционной энергетики возобновляемой, представлена в таблице 5.

В двух регионах Уральского федерального округа гипотетический сценарий замены традиционной энергетики возобновляемой способен уменьшить материальную интенсивность (значит, и повысить общий уровень сбалансированности материально-энергети-

ческих потоков) на величину более чем в 10 раз. Очевидно, что при реализации сценария, когда возобновляемая энергетика составит 3–5 % в энергобалансе, существенного изменения уровня сбалансированности материально-энергетических потоков ждать не приходится. Таким образом, необходимо сделать вывод, что сбалансированность материально-энергетических биосферных потоков и энергетической отрасли может быть достигнута лишь при гораздо более амбициозных сценариях по переходу на возобновляемые источники энергии.

Оценка сбалансированности развития региона, при условии развития альтернативной энергетики, осуществлялась на основе представленного выше индикатора. Возобновляемая энергетика использует существующие биосферные потоки, поэтому, чтобы рассчитать изменение уровня сбалансированности региона при развитии альтернативных источников энергии, нужно из величины потребляемой энергии в регионе вычесть долю, которая будет приходиться на альтернативную энергетику. Расчет изменения уровня сбалансированности при условии развития альтернативной энергетики согласно сценариям, предложенным НИУ ВШЭ, в регионах Уральского федерального округа представлен в таблице 6.

Результаты, представленные в таблице 6, позволяют сформулировать следующий вывод: при существующих прогнозных сценариях перехода на альтернативные источники энергии в Уральском федеральном округе высокий уровень несбалансированности практически не изменится. Изменение сложившейся ситуации возможно лишь при увеличении доли альтернативных источников энергии в региональном энергобалансе в гораздо более существенных величинах.

Предложенная методика позволяет определить долю альтернативной энергетики в энергобалансе региона, при которой индикатор сбалансированного состояния социо-эколого-экономической системы будет равен единице. Полученные данные представлены в таблице 7.

На полученные результаты главным образом будут влиять такие эколого-экономические особенности регионов, как состояние территориальных экосистем и уровень развития энергоемких отраслей экономики. Наибольшая доля альтернативной энергетики потребуется в Челябинской области — 93 %, что обусловлено структурой промышленности региона, 74 % которой составляет металлургическая от-

Таблица 5

Регионы Уральского федерального округа, где развитие возобновляемой энергетики способно существенно повлиять на сбалансированность материально-энергетических потоков

Регион	Снижение удельной материальной интенсивности при условии полного замещения возобновляемой энергетикой (количество раз)
Челябинская область	12,07
Свердловская область	10,93
Курганская область	8,8
Тюменская область	8,13
Ханты-Мансийский автономный округ	7,87

Таблица 6

Влияние альтернативной энергетики на повышение уровня сбалансированного развития регионов УрФО при различных сценариях развития альтернативной энергетики

Регион	Существующий индикатор сбалансированности региона	«Новый энергетический уклад»	«Опора на экспорт углеводородов»	«Худший прогноз сбывается»	«Централизованная диверсификация»
Свердловская область	2,54	2,29	2,42	2,47	2,34
Челябинская область	15,02	13,57	14,32	14,62	13,87
Курганская область	2,56	2,28	2,41	2,46	2,33
Тюменская область	2,01	1,81	1,91	1,95	1,85
Ханты-Мансийский автономный округ	1,58	1,42	1,50	1,53	1,45
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,51	0,46	0,49	0,50	0,47
Уральский федеральный округ	1,84	1,66	1,75	1,79	1,69

Таблица 7

Доля альтернативной энергетики в региональном энергобалансе, позволяющая достичь сбалансированного уровня развития регионов УрФО

Регион	Экологическая емкость экосистем, ГВт	Потребляемая энергия в единицу времени (мощность), ГВт	Существующий индикатор сбалансированности региона	Доля альтернативной энергетики с индикатором сбалансированности, равном единице, %
Челябинская область	0,94	14,17	15,02	93
Свердловская область	5,64	14,35	2,54	61
Курганская область	0,67	1,7	2,56	61
Тюменская область	2,39	4,81	2,01	50
Ханты-Мансийский автономный округ	14,05	22,16	1,58	37
Ямало-Ненецкий автономный округ	10,28	5,25	0,51	—
Уральский федеральный округ	33,94	62,46	1,84	46

расль. При этом в Челябинской области очень высокая доля антропогенно измененных сельскохозяйственных угодий — 59 %, и относительно низкая величина лесных ландшафтов — 33 %, что значительно снижает ассимиляционный (экологический) потенциал региона. В Курганской области природные ландшафты обладают схожей характеристикой, однако уровень энергоемкости промышленности значительно ниже. В Свердловской, Тюменской областях, а также Ханты-Мансийском автономном округе ситуация несколько сглаживается благодаря залесенности территорий значительно более чем на 50 %. Наилучшая ситуация наблюдается в Ямало-Ненецком автономном округе, что объясняется обширной площадью региона и относительно невысокой его хозяйственной освоенностью в настоящее время.

6. Заключение

Сбалансированность региона определяется соотношением материально-энергетических потоков, возникающих в процессе хозяйственной деятельности и функционирующих в экосистемах. Данная ситуация предъясняет требования к необходимости поддержания некоторых пропорций между указанными потоками. Оценку соотношения материально-энергетических потоков возможно проводить на основе индикатора сбалансированности региональной системы. Он позволяет охарактеризовать общий уровень антропогенной деятельности в регионе, опираясь на соотношение потребляемой энергии в регионе и уровня ассимиляционного (экологического) потенциала природ-

ной среды. Ассимиляционный потенциал зависит от природных особенностей ландшафтов регионов, а хозяйственная деятельность региона оценивается по общей величине энергоемкости. Полученное значение индикатора позволяет оценить уровень сбалансированного развития исследуемого региона. Дальнейшие управленческие воздействия на него, при необходимости, дают возможность повлиять на общее увеличение сбалансированности.

Проведенные расчеты позволили выявить, что большинство регионов Уральского федерального округа находятся в несбалансированном состоянии, что в значительной степени обусловлено как наличием энергоемких отраслей хозяйства, так и непосредственной деятельностью традиционной энергетики, работающей на ископаемом топливе и обладающей существенными удельными величинами материально-энергетических потоков. При этом особенность альтернативной энергетики, получающей все большее распространение в мире, — то, что она использует биосферные материально-энергетические потоки, практически их не изменяя. Проведенные расчеты позволили установить, что при существующих прогнозных сценариях перехода на альтернативные источники энергии в России к 2030 году в 3–5 % в регионах Уральского федерального округа высокий уровень несбалансированности не изменится. Потребуется увеличение доли альтернативной энергетики в среднем до 46 %, чтобы обеспечить сбалансированность развития регионов округа.

Список источников

- Белик И. С., Стародубец Н. В., Майорова Т. В., Ячменева А. И. Механизмы реализации концепции низкоуглеродного развития экономики. Уфа: МЦИИ «Омега Сайнс», 2016. 119 с.
- Бобылев С. Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение: Пособие по региональной экологической политике. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 60 с.
- Бобылев С. Н., Кудрявцева О. В., Соловьева С. В., Ситкина К. С. Индикаторы экологически устойчивого развития: региональное измерение // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2018. № 2. С. 21–33.
- Бутко Г. П., Иванова О. А. Оценка использования природных ресурсов с учетом факторов инновационного развития // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2011. № 6. С. 101–108.
- Вайцеккер Э., Харгроуз К. Фактор пять. Формула устойчивого роста: Доклад Римскому клубу. М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. 368 с.
- Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / Отв. ред. К. С. Лосев. М.: ВИНТИ, 1995. 470 с.
- Даванков А. Ю., Двинин Д. Ю., Постников Е. А. Методический инструмент оценки социо-эколого-экономической среды региона в границах устойчивости биосферы // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 4. С. 1029–1039. DOI: 10.17059/2016-4-5.
- Данилов-Данильян В. И., Гранберг А. Г., Циканова М. М., Шопхоева Е. С. Стратегия и проблемы устойчивого развития России в 21 веке. М.: «Экономика», 2002. 414 с.
- Двинин Д. Ю. Эколого-экономические характеристики традиционной и альтернативной энергетики в регионах Российской Федерации. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2020. 127 с.

Липенков А. Д. Экономика, жизнь, разум. Общественное производство с точки зрения глобальной эволюции. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2012. 218 с.

Порфирьев Б. Н. Альтернативная энергетика как фактор эколого-энергетической безопасности: особенности России // Экономика региона. 2011. № 2. С. 137–143.

Постников Е. А. Оценка экологической устойчивости региона // Материалы всероссийской конференции молодых ученых по институциональной экономике. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2004. С. 210–212.

Проскурякова Л. Н., Ермоленко Г. В. Возобновляемая энергетика 2030: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 96 с.

Сергиенко О. И., Рон Х. Основы теории эко-эффективности. СПб: СПбГУНиПТ, 2004. 223 с.

Татаркин А. И., Гершанок А. Г. Методология оценки устойчивого развития локальных территорий на основе измерения их социально-экономической и экологической емкости // Вестник НГУ: серия социально-экономические науки. 2006. Т. 6. Вып. 1. С. 40–48.

Dvinin D. Y. Environmental and economic benefits of the Russian alternative energy regarding resource intensity // The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2020. Vol. 92. P. 1671–1677. DOI: 10.15405/epsbs.2020.10.05.220.

Dvinin D. Y., Nikolaeva E. Comparative analysis of traditional and alternative energy in the Russian Federation. E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 157. DOI: 10.1051/e3sconf/202015703015.

Schmidt-Bleek F. The Earth: Natural Resources and Human Intervention (Sustainability Project). London: Haus publishing, 2009. 256 p.

References

Belik, I. S., Starodubec, N. V., Mayorova, T. V., & Yachmeneva, A. I. (2016). *Mekhanizmy realizacii koncepcii nizkouglerodnogo razvitiya ekonomiki [Mechanisms for implementing the concept of low-carbon economic development]*. Ufa, Russia: MСII «Omega Sayns», 119. (In Russ.)

Bobylev, S. N. (2007). *Indikatory ustojchivogo razvitiya: regionalnoe izmerenie. Posobie po regionalnoj ekologicheskoy politike [Sustainable Development Indicators: Regional Dimension. Regional Environmental Policy Manual]*. Moscow, Russia: Akropol, CEPR, 60. (In Russ.)

Bobylev, S. N., Kudryavtseva, O. V., Solovyeva, S. V., & Sitkina, K. S. (2018). Indikatory ekologicheski ustojchivogo razvitiya: regional'noe izmerenie [Sustainable Development Indicators: Regional Dimension]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 10: Economics]*, 2, 21–33. (In Russ.)

Butko, G. P., & Ivanova, O. A. (2011). Ocenka ispolzovaniya prirodnyh resursov s uchetom faktorov innovacionnogo razvitiya [Evaluation of the use of natural resources considering the factors of innovational development]. *Vestnik UrFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management]*, 6, 101–108. (In Russ.)

Weizsäcker, E., & Hargrouz, K. (2013) *Faktor pyat. Formula ustojchivogo rosta: Doklad Rimskomu klubu [Factor five. The Formula for Sustainable Growth: Report to the Club of Rome]*. Moscow, Russia: AST-PRESS KNIGA, 368. (In Russ.)

Gorshkov, V. G. (1995). *Fizicheskie i biologicheskie osnovy ustojchivosti zhizni [Physical and biological bases of life stability]*. In K. S. Losev (Eds.). Moscow, Russia: VINITI, 470. (In Russ.)

Davankov, A. Y., Dvinin, D. Y., & Postnikov, Y. A. (2016). Metodicheskiy instrumentariy otsenki sotsio-ekologo-ekonomicheskoy sredy regiona v granitsakh ustojchivosti biosfery [Methodological Tools for the Assessment of Ecological and Socio-Economic Environment in the Region within the Limits of the Sustainability of Biosphere]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 12(4), 1029–1039. DOI: 10.17059/2016–4-5. (In Russ.)

Danilov-Danilyan, V. I., Granberg, A. G., Tsikanova, M. M., & Shopkheeva, E. S. (2002). *Strategiya i problemy ustojchivogo razvitiya Rossii v 21 veke [Strategy and problems of sustainable development of Russia in the 21st century]*. Moscow, Russia: Economics, 414. (In Russ.)

Dvinin, D. Y. (2020). *Ekologo-ekonomicheskie harakteristiki tradicionnoy i alternativnoy energetiki v regionah Rossiyskoy Federacii [Environmental and economic characteristics of traditional and alternative energy in the regions of the Russian Federation]*. Chelyabinsk, Russia: CGU, 127. (In Russ.)

Lipenkov, A. D. (2012). *Ekonomika, zhizn, razum. Obshchestvennoe proizvodstvo s tochki zreniya globalnoj evolyucii [Economy, life, reason. Social production from the point of view of global evolution]*. Chelyabinsk, Russia: CGU, 218. (In Russ.)

Porfiriev, B. N. (2011). Alternativnaya energetika kak faktor ekologo-energeticheskoy bezopasnosti: osobennosti Rossii [Alternative energy as a factor of ecological and energy security: features of Russia]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2, 137–143. (In Russ.)

Postnikov, E. A. (2004). *Ocenka ekologicheskoy ustojchivosti regiona. Materialy vserossiyskoy konferencii molodykh uchenykh po institucionalnoy ekonomike [Assessment of environmental sustainability of the region. Materials of Russian conference of young scientists on institutional Economics]*. Yekaterinburg, Russia: Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 210–212. (In Russ.)

Proskuryakova, L. N., & Ermolenko, G. V. (2017). *Vozobnovlyаемая энергетика 2030: globalnye vyzovy i dolgosrochnye tendencii innovacionnogo razvitiya [Renewable energy 2030: global challenges and long-term trends in innovative development]*. Moscow, Russia: NIU VSHE, 96. (In Russ.)

Sergienko, O. I., & Ron, H. (2004). *Osnovy teorii eko-effektivnosti [Fundamentals of the theory of eco-efficiency]*. Saint-Petersburg, Russia: SPbGUNPT, 223. (In Russ.)

Tatarkin, A. I., & Gershanok, A. G. (2006). Metodologiya ocenki ustojchivogo razvitiya lokalnyh territorij na osnove izmereniya ih socialno-ekonomicheskoy i ekologicheskoy emkosti [The assessment methodology for sustainable local development based on the measurement of their socio-economic and ecological capacity]. *Vestnik NGU: seriya socialno-ekonomicheskie nauki [Bulletin of NSU. Series: socio-economic sciences]*, 6, 40–48. (In Russ.)

Dvinin, D. Y. (2020). Environmental and economic benefits of the Russian alternative energy regarding resource intensity. *The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 92, 1671–1677. DOI: 10.15405/epsbs.2020.10.05.220

Dvinin, D. Y., & Nikolaeva, E. (2020). Comparative analysis of traditional and alternative energy in the Russian Federation. *E3S Web of Conferences*, 157. DOI: 10.1051/e3sconf/202015703015.

Schmidt-Bleek, F. (2009). *The Earth: Natural Resources and Human Intervention (Sustainability Project)*. London: Haus publishing, 256.

Информация об авторах

Даванков Алексей Юрьевич — доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и регионального развития экономического факультета, Челябинский государственный университет; ведущий научный сотрудник, Челябинский филиал Института экономики УрО РАН (Челябинск, Российская Федерация; e-mail: iserp@csu.ru).

Двинин Дмитрий Юрьевич — кандидат экономических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования факультета экологии, Челябинский государственный университет (Челябинск, Российская Федерация; e-mail: ecologchel@74.ru).

About the Authors

Alexey Y. Davankov — Doctor of Economics, Professor, the Department of Economic Theory and Regional Development, Faculty of Economics, Chelyabinsk State University (Chelyabinsk, Russian Federation); Leading Researcher, Chelyabinsk Branch of the Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (Chelyabinsk, Russian Federation; e-mail: iserp@csu.ru).

Dmitry Y. Dvinin — PhD in Economics, Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Management, Faculty of Ecology, Chelyabinsk State University (Chelyabinsk, Russian Federation; e-mail: ecologchel@74.ru).

Дата поступления рукописи: 11.02.2021.

Прошла рецензирование: 14.03.2021.

Принято решение о публикации: 9.04.2021.

Received: 11 Feb 2021.

Reviewed: 14 March 2021.

Accepted: 9 Apr 2021.