

УДК 330.15

М.А. Liubarskaia, V.S. Chekalin, O.L. Kim

RESEARCH OF ENERGY TRANSITION 4.0 FROM THE POSITION OF ECONOMIC SYNERGY

Modern energy systems are at the stage of global transformations affecting the functioning of industries and spheres of activity. The changes that are taking place are not always positive. For example, the unreliability of renewable energy in difficult weather conditions has led to problems with energy supply to European consumers in 2020–2021. The article shows the feasibility of using the terminological and mathematical apparatus of economic synergy for the analysis and forecasting of indicators of energy systems. In particular, it is proposed to take into account the partial reversibility of evolutionary processes in the strategic planning of energy development.

Keywords: energy transition, renewable energy sources (RES), energy system, economic synergy.

М.А. Любарская¹, В.С.Чекалин², О.Л. Ким³

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА 4.0 С ПОЗИЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИНЕРГЕТИКИ

Современные энергетические системы находятся на этапе глобальных трансформаций, оказывающих влияние на функционирование отраслей и сфер деятельности. Происходящие изменения не всегда являются положительными. Например, ненадёжность возобновляемой энергетики в сложных погодных условиях привела к проблемам с энергоснабжением европейских потребителей в 2020–2021 гг. В статье показана целесообразность использования терминологического и математического аппарата экономической синергетики для анализа и прогнозирования показателей энергетических систем. В частности, предложено учитывать частичную обратимость эволюционных процессов при стратегическом планировании развития энергетики.

Ключевые слова: энергетический переход, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), энергетическая система, экономическая синергетика.

DOI: 10.36807/2411-7269-2021-4-27-144-148

Междисциплинарный подход исторически присущ развитию научных теорий, в связи с чем идеи и концепции, рождённые в одних областях знаний, находили и находят своё продолжение в других сферах. В рамках этого подхода применение терминологического аппарата синергетики в современном мире распространяется не только на технические системы, но и на социально-экономические. На формирование синергетики как науки в середине XX в. оказали существенное влияние концепция самоорганизации И. Пригожина, законы больших систем Л. фон Берталанфи и фазовых переходов Л. Ландау, кибернетика Н. Винера [6. С. 9].

¹ Любарская М.А., профессор кафедры государственного и территориального управления, доктор экономических наук, профессор; ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный экономический университет", г. Санкт-Петербург

Liubarskaia M.A., Professor of the Department of State and Territorial Administration, Doctor of Economics, Professor; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Economics", Saint-Petersburg

E-mail: liubarskaya@mail.ru

² Чекалин В.С., профессор кафедры государственного и территориального управления, доктор экономических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ; ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный экономический университет", г. Санкт-Петербург

Chekalin V.S., Professor of the Department of State and Territorial Administration, Doctor of Economics, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Economics", Saint-Petersburg

E-mail: vchekalin10@list.ru

³ Ким О.Л., профессор кафедры государственного и муниципального управления, доктор экономических наук, профессор, ГАОУ ВО ЛО "Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина", г. Пушкин, Санкт-Петербург

Kim O.L., Professor of the Department of State and Municipal Administration, Doctor of Economics, Professor; State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Leningrad State University named after A.S. Pushkin", Pushkin, Saint-Petersburg

E-mail: o.kim@lengu.ru

Экономическая синергетика имеет дело с большими открытыми системами, рассматривая изменение их состояния под воздействием внешних факторов. По мнению целого ряда учёных [2], [3], [4], [12], синергетика является универсальной теорией, применение которой в исследованиях позволяет изучать закономерности самоорганизации и спонтанных преобразований различной природы.

Энергетика выступает в роли постоянно изменяющейся области системных взаимодействий по поводу производства и потребления особого вида ресурса, который востребован практически во всех отраслях и сферах деятельности. Невозможно представить себе развитие промышленности, сельского хозяйства или сферы услуг без обеспеченности энергетическими ресурсами необходимого качества в необходимом объёме [8. С. 61]. Как правило, преобразования в энергетике начинаются под воздействием не внутренних, а внешних факторов. От потребителей или общества поступает заказ на изменение преобладающего вида энергетического ресурса, технологий его добычи и подходов к его использованию. Такая ситуация возникала последовательно при каждом энергетическом переходе: при первом – от дров и биомассы к углю, при втором – от угля к нефти, при третьем – от нефти к газу и при четвёртом – от газа к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) [11. С. 11].

Первый энергетический переход был связан с промышленной революцией, вызванной изобретением паровых двигателей. Именно эти двигатели потребовали наращивания добычи угля. Следующим важным шагом индустриального развития стало распространение двигателей внутреннего сгорания, работающих на различных видах нефтяного топлива. Важным компонентом Индустрии 3.0 явилось внедрение газовых турбин на крупных объектах электроэнергетики.

Четвёртую промышленную революцию связывают с изобретением и внедрением в промышленность и сферу услуг цифровых и других инновационных технологий [7. С. 54]. Она основана на экономике знаний и информации. Интеграция новых технологий определяет и концепцию Энергия 4.0 наряду с концепцией Индустрия 4.0. В число этих технологий эксперты включают Интернет вещей (IoT), большие данные, искусственный интеллект (AI) и машинное обучение [14. С. 909], [15. С. 35]. Помимо цифровизации и интеллектуализации энергетических систем, четвёртый энергетический переход предполагает изменение взаимоотношений человека с природой. На смену потребительскому отношению, когда целью являлось обеспечение экономического роста ценой ускорения потребления ресурсов, приходит парадигма устойчивого развития с минимизацией негативного воздействия на окружающую среду и повышением энергетической эффективности. Критериями результативности на всех уровнях – от корпоративного до международного – больше не являются только экономические показатели (прибыль, рентабельность, валовой региональный или валовой внутренний продукт). С точки зрения нового подхода только комбинация экономического, экологического и социального эффекта может рассматриваться в качестве критерия выбора проектов для реализации и технологий для внедрения.

На Рис. 1 представлена логика отбора проектов по модернизации энергетической системы на основе комплексного учёта интересов отдельных компаний и общества.

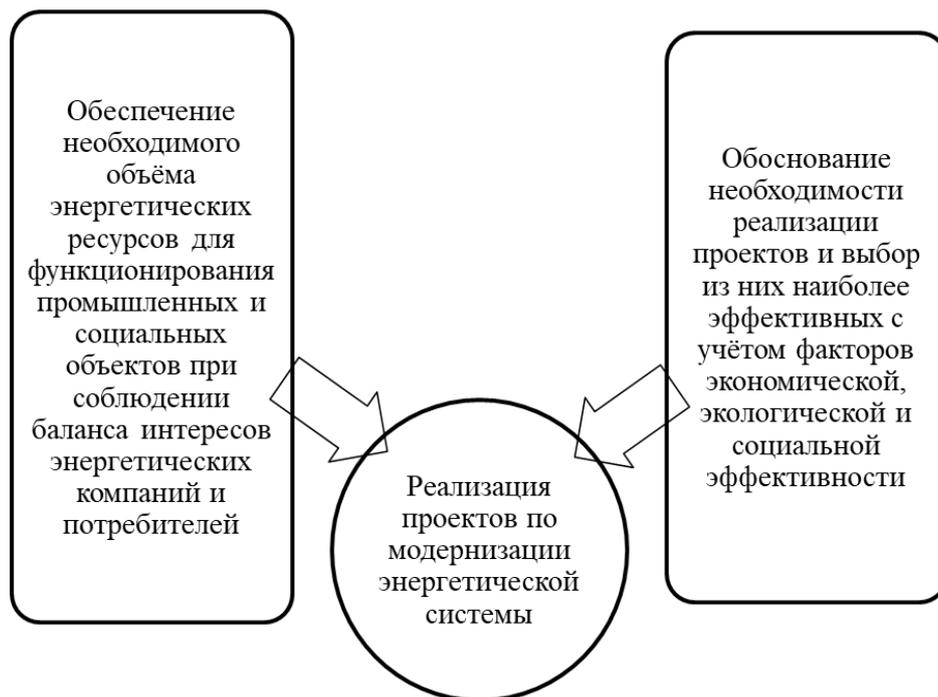


Рис. 1 – Выбор проектов по модернизации энергетической системы на основе комплексного учёта интересов отдельных компаний и общества

Энергетика является примером больших открытых систем, которые обмениваются с внешней средой энергетическими и информационными потоками и обладают свойствами самоорганизации. При этом, как отмечают Ю.Д. Бурда, И.О. Волкова, Е.В. Гаврикова и А.В. Косыгина, степень открытости и способность к самоорганизации повышаются с каждым энергетическим переходом [13. С. 563].

Сегодня сфера энергетики во всём мире находится на этапе глобальных преобразований, который учёные называют четвёртым энергетическим переходом [9. С. 7]. Энергетика, следуя принципу положительной обратной связи, способна улавливать внешние воздействия и совершать флуктуации, под которыми понимаются колебания траектории развития системы. Этап кардинального изменения состояния глобальной энергетической системы с позиции экономической синергетики можно назвать точкой бифуркации [6. С. 9]. В данной точке большая открытая система может перейти в качественно новое совершенное (на определённый момент) состояние, а может разрушиться, осуществив переход от порядка к хаосу.

В рамках четвёртого энергетического перехода мировое сообщество нацелено на создание инновационных интеллектуальных энергосистем открытого типа, которые основаны на активной роли потребителей, распределённой генерации и преобладании возобновляемой энергетики. Происходит глубокая структурная трансформация, расширяется круг участников, и формируются новые цепочки стоимости. Развитие цифровых технологий открывает новые возможности для устойчивого развития экономики и общества.

Важность изучения энергетики с позиции экономической синергетики обусловлена тем, что на этапе четвёртого энергоперехода формируются новые задачи для развития национальных институциональных систем и международных финансовых инструментов. При этом необходимо понимать, какие изменения в энергетических системах могут вызвать внешние воздействия. При проведении современных исследований в различных предметных областях Н.А. Логинова предлагает использовать "синергетическое обобщение сложного поведения" [6. С. 17]. Согласно теории синергетики, колебания траектории развития системы, или флуктуации, являются стабилизатором или катализатором развития. Состояние и поведение системы качественно меняются, вследствие чего система либо развивается, либо разрушается. Состояние энергетики является критическим для функционирования и развития производства и социальной сферы. Это повышает важность оценки взаимосвязей между элементами энергетической системы и их реакциями на изменения во внешней среде.

Система "объект – внешняя среда" может быть описана уравнением [6. С. 25]:

$$S(t) = F\{x, u, q(t), M(t)\} \quad (1)$$

где: $S(t)$ – состояние исследуемого объекта;

F – некоторые внешние силы, состоящие из искомым уравнений x , u , из задающих $q(t)$ и возмущающих $M(t)$ воздействий.

К задающим воздействиям в энергетике можно отнести события, перечисленные в Табл. 1.

Таблица 1 – Примеры задающих воздействий, определяющих состояние современной энергетики

Задающее воздействие	Последствия для российской энергетической системы
Введение механизма трансграничного углеродного регулирования	По оценкам экспертов при различных сценариях развития событий потери российских экспортёров энергетических ресурсов составят от 1 до 4 млрд евро в год [9]
Принятие странами и компаниями стратегий низкоуглеродного развития	Необходимость введения независимого мониторинга выбросов парниковых газов по всей цепочке поставок энергетических ресурсов. Постепенное вытеснение природного газа из энергетического баланса стран и регионов, что сокращает возможности для экспорта

Источник: составлено авторами.

К возмущающим воздействиям можно отнести природные явления последних лет, усугубляющие проблемы ветровой и солнечной энергетики даже в приверженных курсу наращивания возобновляемых источников энергии европейских странах. В Германии, где альтернативная энергетика наиболее развита, в среднем 30,6% энергии в год вырабатывается за счёт ветровой генерации и 11,4% – за счёт солнечных батарей [10]. Зимой 2020–2021 гг. жители Германии ощутили на себе влияние не только пандемии коронавируса, но и перебоев с электроснабжением на фоне аномальных холодов. Солнечные батареи завалило сильными снегопадами, а лопасти ветрогенераторов давали сбой в условиях низких температур. Помимо этого, и нехватка сильных ветров на севере Европы летом 2021 г. имела серьёзные последствия [5]. В результате, плата за квоты на углеродные выбросы от использования угля на сегодняшний день ведёт не к увеличению доли ВИЭ, а к росту спроса на газ. Это не имело бы большого значения для Европы, если бы не учащающиеся перебои с альтернативной генерацией и не проблемы с хранением электрических батарей.

По мнению Н.А. Логиновой, "становление сложного целого сопровождается накоплением предыдущих стадий развития, правильным, резонансным включением их в единую систему, а не вытеснением и отсечением" [6. С. 20]. Важность частичной обратимости эволюционных процессов была доказана рядом представителей отечественной школы синергетики, среди которых следует отметить С.П. Капицу, Е.С. Куркина и А.А. Самарского. На примере стратегии развития современной энергетики необходимость учёта этой обратимости особенно важна, поскольку неудачный опыт перехода стран и регионов на преимущественное использование возобновляемой энергии показывает актуальность сохранения резервных мощностей, работающих на традиционных видах топлива. По законам синергетики, при ускоряющихся темпах развития больших энергетических систем в определённый момент наступает обострение, система становится неустойчивой, может перейти в режим асинхронного функционирования и в итоге распасться. Чтобы избежать негативного развития событий, системе нужно переключиться на противоположный режим, режим спада активности. Переключение в такой режим даёт системе возможность "отдохнуть" и плавно перейти в новое состояние.

В нашем случае, пандемия коронавирусной инфекции, сопровождающаяся временным спадом производства, и как следствие, снижением спроса на энергию, предоставляет глобальной энергетической системе возможность перейти в режим спада активности (наращивания мощностей) и сосредоточиться на поиске оптимального баланса между различными видами источников энергии, между централизованными и распределёнными системами, между интересами отдельных компаний и общества. В этой связи одной из первоочередных задач становится прогнозирование показателей сбалансированного развития энергетических систем на основе экономико-математического моделирования и эконометрического анализа [1. С. 23]. С позиции экономической синергетики в этом случае можно говорить об устойчивом развитии энергетических систем не только

избегая причинения вреда окружающей среде и будущим поколениям, но и обеспечивая не революционный, а эволюционный энергетический переход с соблюдением преемственности лучших практик.

Список использованных источников

1. Волостнов Н.С., Лазутина А.Л. Экономическое прогнозирование в контексте синергетики // Вестник ВГАВТ. – 2013. – № 37. – С. 23-25.
2. Евстигнеева Л.П., Евстигнеев Р.Н. Экономика как синергетическая система. – М.: ЛЕНАНД, 2010.
3. Евстигнеева Л.П., Евстигнеев Р.Н. Новые грани ментальности: синергетический подход. – М.: ЛЕНАНД, 2011.
4. Ерзнкян Б.А. От синергетической экономики к экономической синергетике // Экономическая наука современной России. – 2010. – № 2(49). – С. 161-171.
5. Европа должна отказаться от российского газа – Financial Times // <http://gazetavv.com/news/economy/1632426231-evropa-dolzha-otkazatsya-ot-rossiyskogo-gaza-financial-times.html>.
6. Логинова Н.А. Экономическая синергетика. – М.: ИНФРА-М, 2019.
7. Любарская М.А. Обзор тенденций инновационного развития технологий возобновляемой энергетики // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 3. – С. 54.
8. Любарская М.А., Чекалин В.С., Ермакова М.Ю. Управление повышением энергетической эффективности инженерной инфраструктуры города // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2019. – № 6. – С. 61-67.
9. Моторина И.И. Нефтехимический комплекс как перспективный вектор развития ТЭК // The Newman In Foreign Policy. – 2020. – № 53(97). – Т. 2. – С. 7-9.
10. Рыбакова Т. Ядерный ренессанс. Почему в мире дорожает уран // Деньги. – 2021. – № 9. – С. 5-6.
11. Харланов А.С. Нефтегазовый сектор в Индустрии 4.0.: переход на возобновляемые источники энергии и итоги цифровизации // Современные технологии управления. – 2021. – № 2(95). – С. 9-17.
12. Шеховцева Л. Ментальность в экономической синергетике // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2012. – № 2. – С. 176-178.
13. Burda Y.D., Volkova I.O., Gavrikova E.V., Kosygina A.V. Digitalization and Ways for the Development of the Electric Energy Industry with the Participation of Consumers: New Challenges for Shaping the Investment Climate // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences. 2019. 4, 545-564.
14. Satuyeva, B., Sauranbayev C., Ukaegbu I.A., Nunna K. Energy 4.0: Towards IoT Applications in Kazakhstan // Procedia Computer Science. 2019. 151, 909-915.
15. Turovets J., Proskuryakova L., Starodubtseva A., Bianco V. Green Digitalization in the Electric Power Industry. Foresight and STI Governance. 2021. 15(3), 35-51.