

С. А. Коврова^{1✉}, И. В. Проворная²

Оценка энергетического потенциала регионов РФ с учетом геополитических вызовов

¹Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: s.kovrova@g.nsu.ru

Аннотация. В статье представлена оценка энергетического потенциала регионов РФ для выявления пространственной дифференциации и построения типологии субъектов страны по его уровню. На основе данных официальной статистики собраны данные по 83 субъектам Российской Федерации за период с 2008 по 2023 года. Для выявления дифференциации территорий по уровню их энергетического потенциала был выбран кластерный анализ с использованием тензорного метода главных компонент. Данный метод позволяет учитывать многомерную структуру данных, снижать их размерность и выявлять скрытые зависимости. Далее была проведена кластеризация методом k-средних. В результате выделено пять кластеров, отличающихся по уровню энергетического потенциала: от очень высокого до низкого, при этом отдельный кластер образует г. Москва. Дана содержательная интерпретация полученных групп, отражающая различия в ресурсной обеспеченности, уровне развития энергетической инфраструктуры и инвестиционной активности. Предложены рекомендации по повышению энергопотенциала с учётом специфики выделенных кластеров. Эти рекомендации могут быть использованы при формировании региональной энергетической политики.

Ключевые слова: энергетический потенциал, тензорный метод главных компонент, кластеризация, регионы России

S. A. Kovrova^{1✉}, I. V. Provornaya²

Assessment of the energy potential of Russian regions, taking into account geopolitical challenges

¹Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russian Federation

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: s.kovrova@g.nsu.ru

Abstract. The article presents an assessment of the energy potential of Russian regions to identify spatial differentiation and construct a typology of the country's subjects based on their level. Official statistics were used to collect data on 83 constituent entities of the Russian Federation for the period from 2008 to 2023. To identify the differentiation of territories by their energy potential, a cluster analysis using the principal component tensor method was chosen. This method allows for the multidimensional structure of data to be taken into account, reducing their dimensionality, and identifying hidden dependencies. Next, k-means clustering was performed. As a result, five clusters were identified, differing in their level of energy potential: from very high to low, with Moscow forming a separate cluster. A meaningful interpretation of the resulting groups is provided, reflecting differences in resource availability, the level of energy infrastructure development, and investment activity. Recommendations for increasing energy potential, taking into account the specific features of the

identified clusters, are proposed. These recommendations can be used in the formation of regional energy policy.

Keywords: energy potential, tensor principal component analysis, clustering, regions of Russia

Введение

В настоящее время в научной литературе отсутствует единое определение термина «энергетический потенциал». Состав элементов, относимых разными авторами к энергетическому потенциалу, варьируется. Так, Г. А. Лукашов включает в состав энергопотенциала 4 элемента: энергетические ресурсы, механизмы вовлечения этих ресурсов в экономическую деятельность, климат, результаты научно-технической деятельности [1]. Другие исследователи к составляющим энергопотенциала относят человеческие ресурсы, отдельно выделяют возобновляемые источники энергии, также акцентируют внимание на том, что потенциал связан не просто с наличием, а с эффективностью использования имеющихся ресурсов [2].

Анализ научной литературы позволяет сделать вывод о фрагментарности большинства исследований. Авторы, как правило, рассматривают отдельные составляющие элементы энергетического потенциала, преимущественно ресурсную базу. В работах российских исследователей рассматривается или Россия в целом, или отдельные регионы. Зарубежные исследования посвящены анализу энергетического потенциала отдельных государств или сравнению потенциалов стран внутри экономических и политических объединений (БРИКС, БРИКС+, ШОС, G7). Кроме того, в большинстве работ анализ сводится к нескольким процедурам: сравнению абсолютных или относительных значений показателей по странам и территориям, расчету долей добычи энергоресурсов или производства электроэнергии в общемировом объеме.

Россия не только занимает лидирующие места в мире по добыче и экспорту традиционных источников энергии (угля, нефти и природного газа), но и входит в тройку лидеров по общему объему потребления энергии (после Китая и США). Ожидается, что внутреннее потребление электроэнергии и топливно-энергетических ресурсов будет продолжать расти. Кроме того, несмотря на введенные западными странами санкции и «зеленую повестку», прогнозируется увеличение спроса на российское ископаемое топливо со стороны иностранных государств как минимум до середины 2030-х годов.

В то же время в ряде субъектов России темпы ввода новых мощностей и модернизации имеющейся энергетической инфраструктуры ниже темпов роста потребления энергетических ресурсов. Это создает риски локальных дефицитов энергоресурсов, что, в свою очередь, усиливает диспропорции в социально-экономическом развитии территорий нашей страны. Особую актуальность данная проблема приобретает в условиях реализации долгосрочной энергетической политики России и обновлённой Энергетической стратегии до 2050 года [3].

В этих условиях возрастает научная и практическая значимость комплексной оценки энергетического потенциала регионов Российской Федерации, что

позволит более эффективно планировать развитие энергетической инфраструктуры и минимизировать риски энергодефицита в будущем.

Целью исследования является оценка энергетического потенциала регионов РФ для выявления пространственной дифференциации и построения типологии субъектов страны по его уровню.

Методы и материалы

В рамках исследования были собраны данные по 83 субъектам Российской Федерации за период с 2008 по 2023 год. Для оценки энергетического потенциала регионов был применен тензорный метод главных компонент, а далее проведена кластеризация методом k средних [4,5]. Преимущество тензорного метода главных компонент по сравнению с классическим методом состоит в том, что он учитывает не только статические значения показателей, но и временную динамику.

Тензорный метод главных компонент (ТРСА) применяется перед кластеризацией для снижения размерности исходных данных, устранения шума и выявления скрытых зависимостей, особенно когда данные имеют многомерную структуру (объект, признак и время). В результате кластеризация становится более точной и интерпретируемой, поскольку проводится уже в пространстве значимых факторов (главных компонент), а не исходных данных, содержащих шум.

В основе ТРСА лежит разложение тензора:

$$X = G \times_1 \gamma_1 \times_2 \gamma_2 \dots \times_d \gamma_d, \quad (1)$$

где X – исходный тензор; G – ядро, отражающее взаимодействие факторов из разных измерений; γ_j – матрица факторных нагрузок для j -ого измерения; $\times_j$ – произведение по j -ому измерению.

Реализация тензорного метода главных компонент на практике:

- 1) тензор «разворачивается» по каждому измерению;
- 2) к каждой матрице применяется стандартный РСА;
- 3) извлекаются матрицы факторных нагрузок γ_j .

Результаты

В результате исследования были выделены 5 кластеров (рис. 1), которые различаются по уровню энергетического потенциала. Кластеры упорядочены по убыванию величины энергопотенциала, пятый кластер уникален и рассматривается отдельно, поскольку включает только один субъект – Москву.



Рис. 1. Дифференциация регионов России по уровню энергетического потенциала

В первый кластер входят 2 субъекта Уральского федерального округа: Ханты-Мансийский автономный округ и Ямало-Ненецкий автономный округ.

Во второй кластер входит 3 региона СФО (Красноярский край, Иркутская область, Кемеровская область), 2 региона УрФО (Свердловская область, Челябинская область), Республика Татарстан (ПФО), г. Санкт-Петербург (СЗФО), Московская область (ЦФО).

Третий кластер включает в себя 24 региона:

1) Хабаровский край, Приморский край, Амурская, Магаданская, Сахалинская области, Якутия входят в состав ДФО;

2) Оренбургская, Саратовская, Самарская, Нижегородская области, Пермский край, Республика Башкортостан – в состав ПФО;

3) Мурманская, Ленинградская области, Республика Коми, Ненецкий Автономный округ – в состав СЗФО;

4) Волгоградская и Ростовская области, Краснодарский край – в состав ЮФО;

5) Новосибирская область, Республика Хакасия – в состав СФО;

6) Тверская и Воронежская области – в состав ЦФО;

7) Тюменская область – в состав УФО.

В пятый кластер входит только один регион – г. Москва.

Остальные 48 регионов входят в четвертый кластер (в работе не рассматриваются регионы, вошедшие в состав РФ, начиная с 2014 года: Республика Крым, г. Севастополь, Запорожская и Херсонская области, ДНР и ЛНР).

Обсуждение

Кластер «Очень высокий энергетический потенциал» включает крупнейшие сырьевые регионы России. В рамках рассматриваемого периода для них характерны максимальные среди всех субъектов России доли занятых в добыче полезных ископаемых, доли отгруженной продукции, представленной полезными ископаемыми, одни из самых высоких значений ВРП на душу населения и значительные инвестиции в основной капитал. Также эти регионы играют ключевую роль в электроэнергетике страны, являясь лидерами по выработке электрической энергии, а ХМАО является и самым крупным потребителем электроэнергии.

Кластер «Высокий энергетический потенциал» объединяет регионы с развитой топливной промышленностью и электроэнергетикой. Например, на территории Красноярского края и Иркутской области расположены 4 гидроэлектростанции, входящие в топ-5 крупнейших в России. В состав кластера входят как ресурсобеспеченные территории (Кемеровская область, Республика Татарстан и т.д.), так и крупные индустриальные регионы, такие как Свердловская и Челябинская области.

Кластер «Средний энергетический потенциал» представлен регионами с умеренным уровнем развития добычи топливно-энергетических ресурсов, а также с развитой электроэнергетикой и высоким по сравнению с другими регионами уровнем инвестиций в этой области. На территории 25% регионов есть атомные электростанции, а на территории 75% субъектов – крупные и малые гидроэлектростанции. В Амурской и Мурманской областях, Республике Хакасия одни из самых высоких в России доли ВИЭ в энергетике.

Для большинства регионов кластера «Низкий энергетический потенциал» не характерны ни крупные объёмы добычи полезных ископаемых, ни высокая концентрация генерации электроэнергии. Сюда относятся аграрные регионы, регионы с ограниченной ресурсной базой и зависимостью от внешних поставок энергии, регионы со слабо развитой промышленностью, территории с низкой плотностью населения и изолированными энергосистемами.

Отдельный кластер образует Москва, отличающаяся высокой инвестиционной активностью, развитым человеческим потенциалом и значительными объёмами генерации тепловой энергии.

При этом распределение регионов по кластерам в ряде случаев выглядит нетипичным: отдельные ресурсные и индустриальные регионы оказываются в группах с более низким или, наоборот, более высоким уровнем энергетического потенциала. Например, Томская область попала в кластер «Низкий энергетический потенциал», несмотря на наличие ресурсной базы (нефть и газ), что может объясняться объемом добычи ниже регионов-лидеров, высоким износом фондов (78% по данным на 2023 год) и меньшей занятостью в данной отрасли.

Заключение

Таким образом, в рамках исследования систематизированы теоретические подходы к определению понятия «энергетический потенциал региона» и проанализированы его составляющие элементы. С помощью тензорного метода главных компонент уменьшена размерность исходных данных. Проведена кластеризация регионов России по уровню их энергетического потенциала, дана содержательная интерпретация полученных результатов.

Также в рамках исследования предложены рекомендации, которые позволят повысить энергетический потенциал регионов. Рекомендации разработаны с учётом специфики выделенных кластеров. Для регионов с низким энергопотенциалом к мерам, позволяющим его повысить, относятся развитие локальной генерации, модернизация энергетической инфраструктуры, стимулирование инвестиций в энергетику, повышение энергоэффективности. Для регионов со средним энергопотенциалом – это диверсификация ТЭК, строительство новых мощностей, развитие энергетической инфраструктуры и привлечение крупных инвесторов. Для регионов с высоким энергопотенциалом – технологическая модернизация ТЭК, увеличение глубины переработки ресурсов, экологическая трансформация, развитие экспорта не только сырья, но и технологий.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния на энергетический потенциал регионов развития возобновляемой энергетики, а также институциональных факторов.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках базового проекта НИР лаборатории 349 ИНГГ СО РАН № FWZZ-2026-0045.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко Т. А., Волков А. В. Энергетический потенциал региона и его количественная оценка // Экономика региона. – 2013. – № 3. – С. 161-171.
2. Старостенко К. В. Теоретические аспекты энергетического потенциала // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию экон. фак. БГУ. Минск, 28–29 февр. 2024 г. Минск: БГУ. – 2024. – С. 621-624.
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 апр. 2025 г. № 908-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года». URL: <http://government.ru/docs/54754/> (дата обращения: 17.02.2026).
4. Andrii Babii et al. Tensor PCA for Factor Models. – 2025. – 65 с.
5. Ушакова Е. А., Леонова Л. А. Исследование межрегиональной дифференциации в России в контексте устойчивого развития на основе метода главных компонент // Псковский регионологический журнал. – 2025. – Т. 21. – № 2. – С. 35-51.

© С. А. Коврова, И. В. Проворная, 2026