

## **РАНЖИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПО УРОВНЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ ПРОВИНЦИЙ КИТАЯ)**

**Ховавко Ирина Юрьевна**

*доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник,  
МГУ имени М.В. Ломоносова, экономический факультет,  
(г. Москва, Россия)*

**Чжоу Цайцюань**

*кандидат экономических наук,  
МГУ имени М.В. Ломоносова, экономический факультет  
(г. Пекин, Китай)*

### **Аннотация**

*В статье предложен методический подход, позволяющий провести ранжирование территорий по уровню устойчивого развития в динамике с использованием метода кластерного анализа. Подход основан на разбиении регионов на группы (кластеры) по выбранным показателям, отражающим экономическое, экологическое и социальное развитие территорий. Апробация данного подхода на примере провинций Китайской Народной Республики позволила выделить ключевые факторы, обуславливающие перемещение территорий по кластерам устойчивого развития. На основании анализа мер экономической и энергетической политики в успешных провинциях выявлены меры, способствующие перемещению провинций в кластеры с более высоким уровнем устойчивого развития.*

*Показано, что переходы провинций в кластеры более высокого уровня устойчивого развития обусловлены двумя основными факторами:*

- изменением структуры энергетического баланса за счет доступа к газопроводному природному газу (провинции Юньнань, Хэйлуунцзян), развитием атомной (провинция Ляонин) и возобновляемой энергетики (провинции Гуйчжоу, Хэбэй);*
- повышением эколого-экономической эффективности использования энергетических ресурсов путем рационализации энергопроизводства и энергопотребления, а также энергосбережения (провинции Ляонин, Цзянси, Гуанси, Цинхай, Хэнань, Аньхой, Чунцин).*

**Ключевые слова:** устойчивое развитие территорий, кластерный анализ, эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая, энергетическая политика Китая.

**JEL коды:** Q48, Q58.

**Для цитирования:** Ховавко И.Ю., Чжоу Ц. Ранжирование территорий по уровню устойчивого развития с использованием кластерного анализа (на примере провинций Китая) // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2025. Том 17. Выпуск 1. С. 151-167. DOI: 10.38050/2078-3809-2025-17-1-151-167.

## Введение

Устойчивое развитие – это стратегия, основанная на взаимной координации и совместном развитии общества, экономики, населения и ресурсов окружающей среды. За последние 20 лет Китай прошел большой путь, прочно заняв место второй, а по некоторым оценкам, и первой, экономики мира. Это превратило его в крупнейшего потребителя энергетических ресурсов. Поскольку основу энергетического сектора Китая составлял и до сих пор составляет каменный уголь (КУ), страна быстро превратилась в ведущего эмитента парниковых газов. Под влиянием происходящего в мире энергетического перехода, нацеленного на достижение углеродной нейтральности, перед страной остро встала необходимость повышения эффективности использования энергетических ресурсов и оптимизации структуры энергетического сектора, т. е. формирования устойчивой экономической и энергетической политики.

Начиная с XI пятилетки (2006–2010 гг.) в стране была сформулирована руководящая идеология устойчивого развития. На XVIII съезде партии (2012 г.) построение экологической цивилизации было включено в общую схему социалистической модернизации с китайской спецификой «пять в одном»<sup>1</sup>, а «зеленое развитие» объявили важной концепцией, связанной с общим развитием Китая.

Вопрос об оценке уровня устойчивого развития стран, территорий и/или отраслей хозяйства достаточно сложный. Можно выделить два сложившихся направления научных исследований по данному вопросу: первое – разработка индикаторов/индексов устойчивого развития и второе – расчеты показателей декарбонизации.

Существенный вклад в разработку индикаторов устойчивого развития внесли работы зарубежных классиков экономики природопользования (К. Боулдинга (K. Boulding), Х. Дейли (H. Daly), Р. Костанца (R. Costanza), Д. Пирса (D. Pearce), Дж. Аткинсона (G. Atkinson), Р. Тернера (P. Turner), Т. Титенберга (T. Tietenberg), Х. Дейли (H. Daly), У. Нордхауса (W. Nordhaus), Дж. Стиглица (J. Stiglitz), А. Сена (A. Sen) и др.), а также видных российских ученых (С.Н. Бобылева, Е.В. Рюминой, Г.Е. Мекуш, Е.В. Зандер, И.П. Глазыриной, С.В. Соловьевой и др.). Методологические вопросы формирования индикаторов/индексов устойчивого развития рассматриваются в работах (Андропова, 2022; Бобылев, 2012; Рейтинг устойчивого развития, 2022; Green Growth, 2022). Рейтинги активно разрабатываются международными организациями (ООН, Всемирным банком, ОЭСР, Фондом дикой природы и др.). Ранжирование в рейтингах осуществляется либо по отдельным показателям, либо на основе значений итогового индекса. В рейтинге, отражающем прогресс в достижении 17 целей устойчивого развития в 2022

---

<sup>1</sup> «Пять в одном» – политика Коммунистической партии Китая, заключающаяся во «всестороннем содействии экономическому, политическому, культурному, социальному строительству и строительству экологической цивилизации».

г., например, Россия заняла 49-е место, а КНР – 63-е<sup>2</sup>. Рейтинг стран с наибольшими выбросами CO<sub>2</sub> возглавляет Китай, далее следуют США и Индия, затем Россия (4-е место)<sup>3</sup>.

Уровень устойчивого развития можно оценить и показателями эколого-экономической эффективности (еsoefficiency), в качестве которых могут использоваться индексы декарбонизации, отражающие темпы и направления изменений различных показателей. В работе Р. Таріо (Таріо, 2005) предложена классификация видов декарбонизации, отражающая градацию уровней устойчивого развития (сильная эффективность, слабая эффективность, эффективное равновесие, относительная неэффективность, сильная неэффективность, слабая рецессивная неэффективность, рецессивное равновесие, рецессивная эффективность).

Оценками показателей декарбонизации в Китае занимались Сюэ Цзяньчунь, Цао Либо (Сюэ Ц, 2023), Лянь Ш. (Лянь, 2021), Чжоу Яньнань, Ян Юй, Ченг Бо (Чжоу, 2020), Чен Цзян, Жун Юань, Чжэн Шэнлинь (Chen, 2023), Фан Фэнъянь, Ду Цинкунь (Фань, 2017). В данных работах рассчитывается индекс декарбонизации выбросов CO<sub>2</sub> и ВРП в различных провинциях в разное время. Обзор этих работ представлен в (Ховавко, 2024). Из анализа этих работ вытекает, что в сфере использования энергетических ресурсов Китай постепенно продвигается от экспансивного негативного декарбонизации к слабому декарбонизации.

Следует отметить, что, несмотря на предпринимаемые усилия, единая методология оценки уровня устойчивого развития до сих пор не сформирована, а выбор наилучшего индикатора/системы индикаторов, как и показателей для оценки декарбонизации обычно определяется целями и задачами конкретного исследования, а также наличием соответствующей статистической информации.

Целью данной работы является описание методического подхода и представление результатов его применения для оценки уровня устойчивого развития китайских провинций с учетом эффективности использования энергетических ресурсов. Для реализации этой цели в работе решены следующие задачи 1) предложен методический подход, позволяющий провести ранжирование провинций страны по уровню устойчивого развития с использованием метода кластерного анализа; 2) определены ключевые показатели, влияющие на положения провинций в кластерах с разным уровнем устойчивого развития; 3) сформулированы направления экономической политики повышения эффективности использования энергетических ресурсов с учетом полученных результатов.

## **1. Кластеризация китайских провинций: методический подход**

Предлагаемый нами подход позволяет преодолеть трудности в сопоставимости разнородных показателей, применяемых для оценки устойчивого развития. Метод многомерной группировки используется в случаях, когда требуется изучить структуру пространственной совокупности одновременно по нескольким признакам.

Методология многомерной группировки достаточно хорошо проработана и включает в себя алгомеративные (восходящая кластеризация) и дивизивные (нисходящая кластеризация) процедуры. Суть первого подхода заключается в постепенном объединении более мелких

---

<sup>2</sup> The Sustainable Development Report. 2023.: URL: <https://dashboards.sdindex.org/rankings> (дата обращения: 06.03.2024).

<sup>3</sup> World Population Review. 2024.: URL: <https://worldpopulationreview.com/> (дата обращения: 06.03.2024).

групп (кластеров) в более крупные, второй подход основан на предположении что все объекты совокупности изначально представляют собой один кластер, далее алгоритм постепенно разбивает его на более мелкие (Бердникова, Леденева, 2016). Для разбиения совокупности на группы необходимо определиться с мерой близости объекта к конкретному кластеру. На практике применяют несколько методов и метрик объединения. Учитывая особенности анализируемого массива данных (существенные различия объектов по большинству показателей), при реализации процедур кластерного анализа нами применялось расстояние городских кварталов, или манхэттенское (*City-block (Manhattan)*) расстояние, которое рассчитывается по формуле:  $(x,y) = \sum_i |x_i - y_i|$ .

Для выделения однородных групп провинций, имеющих региональные особенности, осуществлена группировка по нескольким экономическим, экологическим и социальным показателям. Положение провинций с точки зрения устойчивого развития в значительной степени определяется региональной структурой использования энергоресурсов. Нами определен следующий набор признаков кластеризации, характеризующих состояние провинций:

- уровень благосостояния (ВРП/численность населения (млрд юаней / млн чел.));
- доля городского населения, %;
- доля промышленного производства в ВРП, %;
- доля каменного угля (КУ) в энергетическом балансе провинции, %;
- потребление КУ/ВРП, тыс. т / млрд юаней;
- удельный выброс CO<sub>2</sub> с 1 тонны потребленного КУ, млн т / млн т;
- удельный выброс SO<sub>2</sub> с 1 т у.т. потребления энергии, тыс. т / тыс. т у.т.;
- удельный выброс NO<sub>x</sub> с 1 т у.т. потребления энергии, тыс. т / тыс. т у.т.

Разбиение на кластеры было выполнено на основе китайских официальных статистических данных для 2000 г., 2010 г. и 2020 г. Разбиения 2010 и 2020 гг. позволили фиксировать изменения, произошедшие в провинциях за предшествующее десятилетие. Расчеты выполнены с помощью программного обеспечения Microsoft Excel и специализированного пакета прикладных программ STATISTICA.

## 2. Кластеризация по данным 2000 г.

В Национальном бюро статистики КНР отсутствуют официальные данные по показателям выбросов NO<sub>x</sub> в провинциях Сычуань, Нинся, Тибет и Тайвань в 2000 г., поэтому в данной работе используются оценки этих выбросов, сделанные в исследовании Ван Лицун (Ван, 2012). Изучаемая совокупность, включающая 28 провинций Китая, характеризовалась как неоднородная по пяти из восьми анализируемых показателей. Наиболее существенные различия наблюдались по показателям «удельный выброс диоксида серы с 1 т у.т. потребления энергии, тыс. т / тыс. т у.т.» (коэффициент вариации 187,15%) и «потребление КУ/ВРП, тыс. т / млрд юаней» (коэффициент вариации 95,4%).

В таблице 1 представлены результаты кластеризации провинций КНР по группам в 2000 г.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> С учетом того, что данные о показателях выбросов NO<sub>x</sub> отсутствуют в Национальном бюро статистики КНР, авторы оценили их на основе исследования (Ван Лицун, 2012).

Результаты кластерного анализа в 2000 г.

Кластеры	Провинция
I кластер (4 провинции)	Пекин, Тяньцзинь, Шанхай, Гуандун
II кластер (8 провинций)	Цзянсу, Чжэцзян, Фуцзянь, Шаньдун, Хубэй, Хунань, Хайнань, Юньнань
III кластер (10 провинций)	Ляонин, Цзилинь, Хэйлунцзян, Цзянси, Гуанси, Чунцин, Шэньси, Ганьсу, Цинхай, Синьцзян
IV кластер (6 провинций)	Хэбэй, Шаньси, Внутренняя Монголия, Аньхой, Хэнань, Гуйчжоу

После выполнения кластеризации вариация по большинству показателей уменьшилась, что свидетельствует о получении более однородных групп провинций.

I кластер, состоящий из четырех провинций, отличается наибольшей однородностью. Он характеризуется самой высокой долей городского населения и самым высоким уровнем благосостояния. Хотя здесь наблюдается высокая доля промышленного производства в ВРП, но доля каменного угля в энергетическом балансе самая низкая (соответственно удельный выброс окислов азота и диоксида серы с 1 т у.т. потребления энергии ниже, чем в других провинциях).

Большинство провинций II кластера находятся в восточном и центральном регионах, их уровень экономического развития во многом опережает остальные регионы. В данном кластере доля промышленного производства в ВРП и доля каменного угля в энергетическом балансе провинции ниже, чем в III и IV кластерах.

III кластер находится в северо-западном и северо-восточном регионах, характеризуется отсталым экономическим развитием, потребление КУ/ВРП выше, чем в I и II кластерах. Из-за этого удельные выбросы диоксида серы выше, чем в передовых кластерах. Провинции III кластера имеют умеренные отличия по доле каменного угля в энергетическом балансе и по удельному выбросу CO<sub>2</sub>. Но по выбросам диоксида серы провинции III кластера имеют значительные различия.

Провинции, образующие IV кластер, имеют слабую вариацию по доле каменного угля в энергетическом балансе, но в этих провинциях самые высокие показатели потребления каменного угля/ВРП (в среднем 425,8 тыс. т / млрд юаней) и доли каменного угля в энергетическом балансе (в среднем 87%). В провинциях IV кластера самые высокие удельные выбросы SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> с 1 т у.т. потребления энергии. Это отражает экстенсивное развитие экономики. Большинство провинций находится в северном и центральном регионе, где сохраняются высокий уровень добычи и потребления каменного угля.

### 3. Кластеризация по данным 2010 года

За 10 лет с 2000 по 2010 г. в КНР наблюдался быстрый рост благосостояния населения (доходы выросли с 8,4 тыс. до 33,6 тыс. юаней / чел.), доля городского населения увеличилась с 40,8% до 53,2%; потребление КУ/ВРП снизилось с 194,6 до 117,4 тыс. т / млрд юаней.

За 2010 г. обработана информация по 30 провинциям (за исключением Тибета и Тайваня). В таблице 2 представлено распределение провинций по группам в 2010 г.

Таблица 2

Результаты кластерного анализа в 2010 г.

Кластеры	Провинции
I кластер (3 провинции)	Пекин, Шанхай, Хайнань
II кластер (13 провинций)	Цзянсу, Чжэцзян, Фуцзянь, Цзянси, Хубэй, Хунань, Гуанси, Гуандун, Сычуань, Цинхай, Ляонин, Тяньцзинь, Чунцин
III кластер (9 провинций)	Юньнань, Синьцзян, Ганьсу, Шэньси, Хэнань, Аньхой, Шаньдун, Хэбэй, Цилинь
IV кластер (5 провинций)	Внутренняя Монголия, Нинся, Хэйлунцзян, Шаньси, Гуйчжоу

В 2010 г. среди всех провинций Китая наиболее существенные различия наблюдались по показателям «потребление КУ/ВРП, тыс. т / млрд юаней» (коэффициент вариации 94,33%), уровень благосостояния (коэффициент вариации 47,18%) и «удельный выброс диоксида серы с 1 т у.т. потребления энергии» (коэффициент вариации 45,77%). После выполнения кластеризации были получены однородные группы провинций, величина коэффициента вариации по большинству показателей значительно сократилась.

В I кластер вошли только три провинции – Пекин, Шанхай и Хайнань. Пекин и Шанхай являются самыми современными городами в Китае, а провинция Хайнань ориентирована на индустрию услуг. В этих провинциях наблюдались самый высокий уровень благосостояния и самая низкая доля промышленного производства в ВРП, поэтому удельный выброс  $SO_2$  и  $NO_x$  здесь был самый низкий. Отметим также, что столичная металлургическая корпорация (группа «Шоуган») была перенесена из Пекина в провинцию Хэбэй, чтобы обеспечить зеленое развитие столицы.

По уровню благосостояния и урбанизации провинции II кластера вышли на второе место. Потребление каменного угля здесь было относительно невелико, поэтому удельный выброс  $SO_2$  и  $NO_x$  оказался невысоким. Данный кластер имеет богатые речные водные ресурсы для развития гидроэлектроэнергетики (здесь находится гидроэлектростанция «Три ущелья», которая является самой крупной гидроэлектростанцией в мире), а также большой потенциал развития ВИЭ.

III кластер характеризуется относительно низким темпом развития экономики и высоким потреблением каменного угля. В этом кластере трудно реализовать энергетические преобразования от каменного угля к природному газу.

IV кластер включает пять провинций – Внутреннюю Монголию, Нинся, Хэйлунцзян, Шаньси, Гуйчжоу. Здесь находятся главные угольные месторождения и открыто много традиционных металлургических заводов. Из-за экстенсивной экономики величина потребления КУ/ВРП и удельный выброс  $SO_2$  и  $NO$  здесь самые высокие. Но данный кластер имеет большой потенциал для создания ветроэнергетики.

Можно констатировать следующие изменения, произошедшие за 2000–2010 гг.:

- количество провинций I кластера сократилось: остались только Пекин и Шанхай,

Тяньцзинь и Гуандун попали во II кластер, а Хайнань из II кластера перешла в I;

- количество провинций II кластера в 2010 г. возросло: провинции Цинхай, Чунцин, Цзянси, Гуанси и Ляонин из III переместились во II кластер, что связано с развитием гидроэнергетики в южном регионе; провинции Юньнань и Шаньдун из II кластера попали в III кластер из-за увеличения доли промышленного производства в ВРП;

- количество провинций IV кластера сократилось: остались Шаньси, Внутренняя Монголия и Гуйчжоу; благодаря повышению эффективности использования каменного угля в промышленности, провинции Хэбэй, Хэнань и Аньхой передвинулись из IV в III кластер; провинция Хэйлунцзян из III кластера попала в IV кластер из-за повышения доли промышленного производства в ВРП с 44% до 51%.

#### 4. Кластеризация по данным 2020 года

В 2020 г. наибольшие различия провинций наблюдались по показателю «удельный выброс CO<sub>2</sub> с 1 т потребленного каменного угля, млн т / млн т» – 260,11%. Чуть меньшие, но также очень существенные различия, наблюдались по показателям «удельный выброс окислов азота с 1 т у.т. потребления энергии, тыс. т / тыс. т у.т.», «потребление КУ/ВРП, тыс. т / млрд юаней» и «удельный выброс диоксида серы с 1 т у.т. потребления энергии, тыс. тонн / тыс. т у.т.» (коэффициенты вариации составили соответственно 253,68%, 149,12% и 69,06%). Полученные результаты указывают на то, что перечисленные показатели (три показателя, измеряющие влияние деятельности человека на природу, и один показатель, отражающий потребление каменного угля в процессе общественного производства) являются дискриминирующими, т. е. именно они обуславливают необходимость разделения провинций Китая на группы для выработки целенаправленной государственной энергетической и природоохранной политики.

После выполнения процедур кластерного анализа получены однородные группы провинций (табл. 3).

Таблица 3

Результаты кластерного анализа в 2020 г.

Кластеры	Провинция
I кластер (2 провинции)	Пекин, Шанхай
II кластер (15 провинций)	Цзянсу, Чжэцзян, Фуцзянь, Цзянси, Хубэй, Хунань, Гуанси, Гуандун, Сычуань, Цинхай, Ляонин, Тяньцзинь, Чунцин, Хайнань, Юньнань
III кластер (10 провинций)	Синьцзян, Ганьсу, Шэньси, Хэнань, Аньхой, Шаньдун, Хэбэй, Цзилинь, Гуйчжоу, Хэйлунцзян
IV кластер (3 провинции)	Внутренняя Монголия, Нинся, Шаньси

Обращает на себя внимание I кластер, в который вошли два крупнейших города Китая (Пекин и Шанхай). Эти провинции очень похожи по уровню благосостояния населения и уровню урбанизации, но имеют существенные различия по экологическим показателям и показателям потребления КУ в производстве. За 10 лет с 2010 г. до 2020 г. в данном кластере доля каменного угля в энергетическом балансе снизилась с 29,1% до 13,2%, потребление КУ/ВРП

уменьшилось с 25,4 до 4,5 тыс. т / млрд юаней. Отметим, что удельный выброс CO<sub>2</sub> с 1 т потребленного каменного угля в 2020 г. был выше, чем в 2010 г., данную проблему необходимо решать в будущем.

Кластеризация 2020 г. показала ряд изменений, произошедших в положении провинций с 2010 года:

- провинция Хайнань ушла из I кластера во II из-за роста доли промышленного производства в ВРП (увеличился с 9,7% до 18,7%), потребление каменного угля соответственно также увеличилось;
- провинции Хэйлунцзян и Гуйчжоу поднялись с IV на III уровень, благодаря газопроводу «Сила Сибири» из России, позволившему снизить потребление каменного угля в энергетическом балансе этих провинций; развиваются также ВИЭ и гидроэнергетика;
- провинция Юньнань перешла с III уровня во II благодаря развитию гидроэнергетики и строительству газопровода.

## 5. Основные направления региональной политики Китая на основании результатов кластерного анализа

Проследим произошедшие перемещения провинций по кластерам (табл. 4).

Таблица 4

Изменения в распределении провинций между кластерами за период 2000–2020 гг.

Кластер	Провинции	Куда переместились	Определяющие показатели	Комментарии
2000-2010 гг.				
I	Тяньцзинь	II	Доля промышленного производства в ВРП	Уровень индустриализации и доля каменного угля в энергетическом балансе в Тяньцзини увеличились на 11,1% и 3,9% за рассматриваемый период. Самой важной задачей для Тяньцзини является снижение доли тяжелой промышленности в ВРП
	Гуандун	II	Доля промышленного производства в ВРП	Необходимо перенести инвестиции в основные фонды на высокотехнологичное производство и сферу услуг
II	Хайнань	I	Потребление каменного угля/ВРП	Хайнань – туристическая провинция. Правительство обратило внимание на повышение энергоэффективности и снижение выбросов загрязняющих веществ в промышленном производстве. Провинции Хайнань удалось эффективно контролировать потребление каменного угля и энергоёмкость предприятий
	Шаньдун	III	Потребление каменного угля/ВРП	Каменный уголь остается основным видом энергоресурсов для производства электроэнергии. В 2022 г. доля атомной энергии составляла 1,3%. Для снижения доли каменного угля, в дополнение к развитию АЭС, необходимо развивать ВИЭ
	Юньнань	III	Потребление каменного угля/ВРП	Правительство Юньнань определило квоты энергопотребления в отраслях цветной металлургии, химической промышленности и промышленности строительных материалов.

Кластер	Провинции	Куда переместились	Определяющие показатели	Комментарии
				Но это не позволило существенно сократить долю каменного угля в энергоресурсах Юньнана
III	Цзянси	II	Потребление каменного угля/ВРП	В XI пятилетке Цзянси закрыл 250 угольных шахт, что превысило планируемый объем – 155 шахт. Был повышен средний объем добычи каменного угля из каждой угольной шахты <sup>5</sup> . Внедрен мониторинг 300 основных энергопотребляющих предприятий. Проводилась политика льготного подоходного налога для энергосберегающего и природоохранного оборудования <sup>6</sup>
	Гуанси		Потребление каменного угля/ВРП	Правительство Гуанси активно продвигало энергосберегающие товары: введены финансовые субсидии для продвижения энергосберегающих ламп и энергосберегающих бытовых приборов, замены старой бытовой техники на новую и снижены налоги при покупке автомобилей с малым рабочим объемом. Активно стимулировалась утилизация отработанного тепла и энергии в энергоемких отраслях, что способствовало повышению эффективности использования энергии
	Цинхай		Потребление каменного угля/ВРП	Правительство Цинхая остановило производство и подачу электроэнергии для предприятий, которые не прошли техническое перевооружение, не снизили энергопотребление оборудования и не соответствуют принятым нормам по энергосбережению и сокращению выбросов
	Ляонин		Потребление каменного угля/ВРП	Правительство провинции Ляонин проводит политику повышения цен для энергопотребляющих предприятий, которые превышают национальные и местные квоты на потребление энергии (потребление электроэнергии). Отказались от низкоэффективных осветительных приборов на городских дорогах, в общественных местах и общественных учреждениях. В период XI пятилетки создана новая АЭС, которая производила 157,2 млрд кВт электроэнергии (2020 г.)
	Хэйлунцзян	IV	Потребление каменного угля/ВРП	Причиной замедленного снижения энергоёмкости в Хэйлунцзяне является высокая доля каменного угля в структуре использования энергоресурсов, особенно в промышленности. Хэйлунцзян отличается старой промышленной базой, здесь много отсталых предприятий с высоким выбросами загрязняющих веществ и высоким энергопотреблением

<sup>5</sup> Резюме по надзору за добычей угля за одиннадцатую пятилетку провинции Цзянси и рабочие идеи за «двенадцатую пятилетку»: URL: [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/gzdt/mtscjyjg/201104/t20110428\\_1191401.html](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/gzdt/mtscjyjg/201104/t20110428_1191401.html) (дата обращения: 11.01.2023).

<sup>6</sup> Десять основных мер Цзянси по энергосбережению и сокращению выбросов для обеспечения достижения целей энергосбережения «одиннадцатой пятилетки»: URL: [http://www.gov.cn/gzdt/2010-04/19/content\\_1586291.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2010-04/19/content_1586291.htm) (дата обращения: 02.04.2023).

Кластер	Провинции	Куда переместились	Определяющие показатели	Комментарии
IV	Аньхой	III	Потребление каменного угля/ВРП	Правительство провинции Аньхой применяет штрафы к электроэнергетическим предприятиям, у которых эффективностью десульфации ниже 85% <sup>7</sup>
	Хэнань		Потребление каменного угля/ВРП	В 2010 г. высокотехнологичная промышленность и производство оборудования выросли на 31,9%. У провинции высокая энергоёмкость по сравнению с провинциями III кластера, но величины экологических показателей ниже, чем средние величины III кластера. С развитием урбанизации, важной задачей для Хэнаня является повышение энергоэффективности и снижения доли каменного угля в энергетическом балансе
	Хэбэй		Удельный выброс диоксида серы (CO <sub>2</sub> и NOx) с 1 т у.т. потребления энергии	Являясь крупной провинцией по производству стали, провинция Хэбэй обратила внимание на 30 районов и 30 ключевых предприятий с высоким энергопотреблением и большими выбросами загрязняющих веществ (где выбросы диоксида серы составляли более 45% от общего объема выбросов в провинции). Кроме того, правительство Хэбэя начало развивать ветровую и фотоэлектрическую энергетику, в том числе, города Чжанцзякоу, Чэндэ, Цанчжоу имеют большой потенциал для развития ветроэнергетики
2010–2020 гг.				
I	Хайнань	II	Потребление каменного угля/ВРП	За период 2010–2020 гг. Хайнань вернулся во II кластер из I, из-за отставания в снижении доли каменного угля
III	Юньнань	II	Потребление каменного угля/ВРП	В сентябре 2010 г. начал функционировать газопровод из Мьянмы в Китай, который проходит через Юньнань, Гуйчжоу, Чунцин и, наконец, достигает провинции Гуанси. С июля 2013 г. Китай начал импортировать природный газ из Мьянмы, что снизило потребление природного газа
IV	Хэйлуцзян	III	Потребление каменного угля/ВРП	Начал функционировать газопровод «Сила Сибири», через который импортируется природный газ из России в восточные провинции Китая. Кроме того, провинция Хэйлуцзян богата энергетическими ресурсами биомассы, что позволило организовать комбинированное производства тепла и электроэнергии из биомассы
	Гуйчжоу		Потребление каменного угля/ВРП	В XIII пятилетке Гуйчжоу обратил внимание на развитие ВИЭ. Установленная мощность ветровой энергетики увеличилась на 19,8%,

<sup>7</sup> Уведомление Главного управления... [2010]. № 58- 安徽省人民政府办公厅关于进一步加大工作力度确保实现“十一五”减排目标的通知 皖政办[2010]58号[Уведомление Главного управления народного правительства провинции Аньхой о дальнейшей активизации работы по обеспечению реализации цели по сокращению выбросов «одинадцатой пятилетки». [2010]. № 58]: URL: <http://fgcx.bjcourt.gov.cn:4601/law?fn=lar676s475.txt> (дата обращения: 14.03.2023).

Кластер	Провинции	Куда переместились	Определяющие показатели	Комментарии
				а установленная мощность солнечной энергетики увеличилась в 58 раз <sup>8</sup>

Источник: составлено авторами

Из таблицы 4 следует, что в более высокие с позиции устойчивого развития кластеры в 2010 г. перешли 6 провинций и в 2020 г. – 3 провинции. Показателями, определяющими перемещение провинций по кластерам устойчивого развития, оказались «Доля промышленного производства в ВРП, %» и «Потребление каменного угля/ВРП, тыс. т / млрд юаней». Анализ показал, что добиться перехода в кластеры более высокого уровня у провинций получалось в четырех случаях:

- 1) получения доступа к газопроводам (Юньнань, Хэйлуцзян);
- 2) развития возобновляемой энергетики (Гуйчжоу, Хэбэй);
- 3) развития атомной энергетики (Ляонин);
- 4) рационализации энергопроизводства и энергопотребления, а также энергосбережения (Ляонин, Цзянси, Гуанси, Цинхай, Хэнань, Аньхой, Чунцин).

Иначе говоря, можно выделить две группы факторов, влияющих на ключевые показатели:

1) факторы, определяющие структуру энергетического баланса (федеральные проекты строительства газопроводов (провинции Юньнань, Хэйлуцзян), атомных станций атомной (провинция Ляонин), станций ВИЭ (провинции Гуйчжоу, Хэбэй)),

2) факторы, способствующие повышению эколого-экономической эффективности использования энергетических ресурсов путем рационализации энергопроизводства и энергопотребления, а также энергосбережения.

Развитие системы газопроводов, строительство атомных и крупных станций ВИЭ являются в КНР прерогативой федеральных властей. Провинции, которые не имеют перспектив на развитие ВИЭ и/или находятся далеко от источника поступления газа, могут направить дополнительные средства на модернизацию угольной промышленности, развивать вторичную переработку, проводить структурные изменения с целью сокращения грязных производств. Кому это удалось, те поднимались вверх, кому не удалось – те остались внизу рейтинга. Вместе с тем в Китае возможности отдельных провинций не слишком велики, большинство решений определяется на верхнем государственном уровне.

Анализ административных и экономических инструментов энергетической политики, которые применялись в отдельных успешных провинциях (Ляонин, Цзянси, Гуанси, Цинхай, Хэнань, Аньхой, Чунцин) можно разделить на две группы. В первую группу входят меры планирования и стимулирования энергосбережения (планирование мер энергосбережения в региональных бюджетах, ликвидация устаревших производственных мощностей, стимулирование внедрения передовых энергосберегающих технологий, дифференциация цен на электроэнергию и введение повышенного тарифа для энергоемких предприятий). Во вторую группу входят меры управления энергопотреблением (мониторинг энергопотребления; система квотирования энергопотребления, прежде всего, в государственных учреждениях; управление городским

<sup>8</sup> Гуйчжоу: работа по энергосбережению «тринадцатая пятилетка» дала замечательные результаты: URL: [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/gdzt/qgjncz/dfjnsj/202006/t20200624\\_1232049.html](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/gdzt/qgjncz/dfjnsj/202006/t20200624_1232049.html) (дата обращения: 01.03.2023).

освещением; продвижение использования энергосберегающих ламп в жилых помещениях).

Одна из самых успешных провинций в области энергосбережения – Ляонин. Доля каменного угля в энергетическом балансе за 20 лет снизилась на 5,8%, а показатель «Потребление каменного угля /ВРП» сократился на 55,9%. Правительство Ляонина не регистрировало проекты с высоким потреблением энергии, высокими выбросами и избыточными мощностями. В провинции закрыли 360 отсталых предприятий, таких как мелкие металлургические, мелкие цементные и мелкие плавильные предприятия; ликвидировали все энергоблоки мощностью менее 100 тыс. кВт и четыре энергоблока мощностью 200 тыс. кВт; внедрили установки для десульфации на всех энергетических предприятиях мощностью 300 МВт и более.

Приведенные результаты показывают, что развитие энергосбережения и повышение энергоэффективности и, связанное с этим, сокращение выбросов парниковых газов в современном Китае, в значительной степени зависят от проводимой государством политики.

В 2017 г. Китай запустил новый для себя экономический механизм повышения эффективности энергетики – систему углеродного рынка<sup>9</sup>. Это политико-экономический инструмент повышения эффективности энергетики и контроля выбросов углерода с помощью рыночных механизмов, но под жестким государственным контролем. Были выделены ключевые предприятия с выбросами парниковых газов более 26 тыс. т эквивалента углекислого газа в год. Наибольшая доля общих выбросов CO<sub>2</sub> приходилась на производство электроэнергии. В настоящее время цена углерода на китайских пилотных рынках колеблется от 1,74 до 9,48 евро за тонну что ниже европейских цен (около 60 евро за тонну). Однако, по мнению китайских руководителей, нельзя допускать сильных колебаний цен на углерод, поскольку это приведет к повышению рисков для китайских предприятий с высоким уровнем выбросов углерода.

## **Заключение**

В статье предложен методический подход с использованием кластерного анализа для оценки состояния и динамики развития территорий с позиции устойчивого развития, что позволяет вырабатывать согласованные решения, способствующие повышению эффективности управления территориями. Подход основан на разбиении регионов на группы (кластеры) по ряду показателей, отражающих экономическое, экологическое и социальное развитие провинций. Такая кластеризация позволила выделить ключевые факторы, обуславливающие перемещение территорий по кластерам с разным уровнем устойчивого развития. На основании анализа экономической и энергетической политики в успешных провинциях выявлены меры, способствующие перемещению территорий в кластеры с более высоким уровнем устойчивого развития. Этот подход может быть дополнен оценкой в динамике индексов декарбонизации выбранных ключевых показателей, позволяющих выявить периоды снижения/повышения уровня устойчивого развития и проанализировать причины этих явлений.

Приведенное исследование показало, что уровень устойчивого развития провинций в Китае в значительной степени определяется политикой, проводимой федеральными властями, хотя развиваемые рыночные инструменты повышения эффективности использования энергетических ресурсов (углеродный рынок) повысят значимость усилий регионов в этой области.

---

<sup>9</sup> Система углеродного рынка Китая состоит из четырех инструментов: механизма торговли квотами, механизма компенсации CCER (Chinese Certified Emission Reduction – CCER), механизма управления MRV (Measuring, Reporting and Verification) и механизма регулирования цен на углерод.

## Список литературы

Андропова И.В., Сахаров А.Г. Индекс устойчивого развития стран БРИКС: методологические аспекты // Вестник международных организаций. 2022. Т. 17. № 3. С. 23–47. DOI: 10.17323/19967845-2022-03-02.

Бердникова О.М., Леденева Т.М. Особенность проведения разделяющей кластеризации для интервальных величин // Вестник ВГУ. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. 2016. № 4. С. 134–141.

Бобылев С.Н., Минаков В.С., Соловьева С.В., Третьяков В.В. Эколого-экономический индекс регионов РФ. Методика и показатели для расчета. WWF России, РИА Новости. 2012: URL: <https://wwf.ru/upload/iblock/dc8/index.pdf> (дата обращения: 20.08.2024).

Ховавко И.Ю., Чжоу Цайцюань Оценка эколого-экономической эффективности использования энергетических ресурсов Китая // Инновации и инвестиции. 2024. № 2. С. 92–98.

Chen J., Yuan R., Zheng S. Decoupling and scenario analysis of economy-emissions pattern in China's 30 provinces // Environ Sci Pollut Res Int. 2023. No. 30 (7). P. 19477–19494. DOI: 10.1007/s11356-022-23466-y.

Tapio P. Toward a theory of coupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 / P. Tapio // Transportation Policy. 2005. No. 12. P. 137–151.

Ван Лицун, 2012 – 王丽琼.基于环境学习曲线的氮氧化物减排区域分解 / 王丽琼 // 泉州师范学院学报, 2012, 30(06): 63–66 [Ван Лицун Региональные сокращения выбросов оксидов азота на основе кривой окружающей среды // Цюаньчжоу шифань сюеюань сюебао [Вестник педагогического университета ЦюаньЧжоу]. 2012. Т. 30. С. 63–66] (на китайск. яз.).

Лянь Шуймин, Ли Цзуньин, Сюй Чжунлин, 2021 – 连帅明.新疆经济发展、能源消费和二氧化碳时空脱钩分析 / 连帅明, 李宗英, 许仲林 // 煤炭经济研究, 2021, 41(08): 4–10 [Лянь Шуймин, Ли Цзуньин, Сюй Чжунлин Анализ пространственно-временного декаплинга экономического развития, потребления энергии и углекислого газа в Синьцзяне // Мэйтань цзинцзи яньцзю [Угольные экономические исследования]. 2021. Т. 41. С. 4–10] (на китайск. яз.).

Сюэ Цзяньчунь, Цао Либо, 2023 – 薛建春.基于脱钩指数和 LMDI 模型的黄河流域能源低碳发展研究 / 薛建春, 曹力博 // 前沿, 2023(01): 70–79 [Сюэ Цзяньчунь, Цао Либо Исследование развития низкоуглеродной энергетики в бассейне реки Хуанхэ на основе индекса декаплинга и модели LMDI // Цян янь [Передовой]. 2023. № 1. С. 70–79] (на китайск. яз.).

Фань Фэнъянь, Ду Цинкунь, 2017 – 范凤岩.中国钢铁工业经济增长与能源消费响应关系研究 / 范凤岩, 杜庆坤 // 中国矿业, 2017, 26(03): 28–33 [Фань Фэнъянь, Ду Цинкунь Исследование взаимосвязи между экономическим ростом черной металлургии Китая и реакцией на потребление энергии // Чжунго куане [Китайская горнодобывающая промышленность]. 2017. Т. 26. С. 28–33] (на китайск. яз.).

Чжоу Яньнань, Ян Юй, Ченг Бо, Хуан Цзис, 2020 – 周彦楠.基于脱钩指数和 LMDI 的中国经济增长与碳排放耦合关系的区域差异 / 周彦楠, 杨宇, 程博, 黄季夏 // 中国科学院大学学报, 2020, 37(03): 295–307 [Чжоу Яньнань, Ян Юй, Ченг Бо, Хуан Цзис Региональные различия в взаимосвязи между экономическим ростом Китая и выбросами углерода на основе индекса

**Ховавко И.Ю., Чжоу Ц.** Ранжирование территорий по уровню устойчивого развития с использованием кластерного анализа (на примере провинций Китая)

декаплинга и LMDI // Чжунго кэсюеюань дасюе сюебао [Вестник Университета Китайской академии наук]. 2020. Т. 37. С. 295–307] (на китайск. яз.).

Рейтинг устойчивого развития городов. 2022: URL: <https://ce53485.tmweb.ru/upload/iblock/986/9861afc747dcb868c25aed0e2a7d1fbd.pdf> (дата обращения: 20.08.2024).

Global Green Growth Institute (GGGI) (n.d.) Green Growth Index: Scores and Ranks. 2022: URL: [https://greengrowthindex.gggi.org/?page\\_id=2547](https://greengrowthindex.gggi.org/?page_id=2547) (дата обращения: 20.08.2024).

Environmental Performance Index (EPI). 2022. EPI Results: <https://epi.yale.edu/epi-results/2020/component/epi> (дата обращения: 20.08.2024).

## ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CHINESE PROVINCES DEPENDING ON THE EFFECTIVENESS OF USE OF ENERGY RESOURCES

**Irina Yu. Khovavko**

*Doctor of Economics, Leading Researcher,  
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics  
(Moscow, Russia)*

**Caiquan Zhou**

*Candidate of Economic Sciences (PhD),  
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics  
(Beijing, China)*

### **Abstract**

*The article proposes a methodological approach that makes it possible to rank territories according to the level of sustainable development over time using the cluster analysis method. The approach is based on dividing regions into groups (clusters) according to selected indicators that reflect the economic, environmental and social development of the provinces. Testing of this approach on the example of the provinces of the People's Republic of China made it possible to identify the key factors that determine the movement of territories into sustainable development clusters. Based on the analysis of economic and energy policies in successful provinces, measures have been identified that contribute to the movement of provinces into clusters with a higher level of sustainable development. It is shown that the transition of provinces to clusters of a higher level of sustainable development is due to two main factors: - changing the structure of the energy balance due to access to pipeline natural gas (Yunnan, Heilongjiang provinces), development of nuclear (Liaoning province) and renewable energy (Guizhou, Hebei provinces); - increasing the environmental and economic efficiency of the use of energy resources by rationalizing energy production and energy consumption, as well as energy saving (provinces of Liaoning, Jiangxi, Guangxi, Qinghai, Henan, Anhui, Chongqing).*

**Keywords:** sustainable development of territories, cluster analysis, environmental and economic efficiency of using China's energy resources, China's energy policy.

**JEL:** Q48, Q58.

**For citation:** Khovavko, I.Yu., Zhou, C. (2025) Assessment of the Level of Sustainable Development of Chinese Provinces Depending on the Effectiveness of use of Energy Resources. Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal, vol. 17, no. 1, pp. 151-167. DOI: 10.38050/2078-3809-2025-17-1-151-167.

## References

Andronova I.V., Sakharov A.G. Indeks ustoychivogo razvitiya stran BRIKS: metodologicheskie aspekty. Vestnik mezhdunarodnykh organizatsiy. 2022. Vol. 17. No. 3. P. 23–47. DOI: 10.17323/19967845-2022-03-02 (In Russ.).

Berdnikova O.M., Ledeneva T.M. Osobennost' provedeniya razdelyayushchey klasterizatsii dlya interval'nykh velichin. Vestnik VGU. Ser.: Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii. 2016. № 4. S. 134–141 (In Russ.).

Bobylev S.N., Minakov V.S., Solov'eva S.V., Tret'yakov V.V. Ekologo-ekonomicheskyy indeks regionov RF. Metodika i pokazateli dlya rascheta. WWF Rossii, RIA Novosti. 2012: URL: <https://wwf.ru/upload/iblock/dc8/index.pdf> (data obrashcheniya: 20.08.2024) (In Russ.).

Khovavko I.Yu., Chzhou Tsaytsyuan' Otsenka ekologo-ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh resursov Kitaya. Innovatsii i investitsii. 2024. No. 2. P. 92–98 (In Russ.).

Chen J., Yuan R., Zheng S. Decoupling and scenario analysis of economy-emissions pattern in China's 30 provinces. Environ Sci Pollut Res Int. 2023. No. 30 (7). P. 19477–19494. DOI: 10.1007/s11356-022-23466-y.

Tapio P. Toward a theory of coupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 / P. Tapio. Transportation Policy. 2005. No. 12. P. 137–151.

Van Litsyun, 2012 – 王丽琼.基于环境学习曲线的氮氧化物减排区域分解 / 王丽琼 // 泉州师范学院学报,2012,30(06):63-66 [Van Litsyun Regional'nye sokrashcheniya vybrosov oksidov azota na osnove krivoy okruzhayushchey sredy. Tsyuan'chzhou shifan' syueyuan' syuebao [Vestnik pedagogicheskogo universiteta Tsyuan'Chzhou]. 2012. T. 30. S. 63–66] (In Chinese).

Lyan' Shuymin, Li Tszun'in, Syuy Chzhunlin, 2021 – 连帅明.新疆经济发展、能源消费和二氧化碳时空脱钩分析 / 连帅明,李宗英,许仲林. 煤炭经济研究,2021,41(08):4-10 [Lyan' Shuymin, Li Tszun'in, Syuy Chzhunlin Analiz prostranstvenno-vremennogo dekaplinga ekonomicheskogo razvitiya, potrebleniya energii i uglekislogo gaza v Sin'tszyane. Meytan' tszintszi yan'tszyu [Ugol'nye ekonomicheskie issledovaniya]. 2021. Vol. 41. P.4–10] (In Chinese).

Syue Tszyan'chun', Tsao Libo, 2023 – 薛建春.基于脱钩指数和 LMDI 模型的黄河流域能源低碳发展研究 / 薛建春,曹力博 // 前沿,2023(01):70-79 [Syue Tszyan'chun', Tsao Libo Issledovanie razvitiya nizkouglerodnoy energetiki v bassejne reki Khuankhe na osnove indeksa dekaplinga i modeli LMDI. Tsyuan yan' [Peredovoy]. 2023. No. 1. P.70–79] (In Chinese).

Fan' Fen'yan', Du Tsinkun', 2017 – 范凤岩.中国钢铁工业经济增长与能源消费响应关系研究 / 范凤岩,杜庆坤. 中国矿业,2017,26(03):28-33 [Fan' Fen'yan', Du Tsinkun' Issledovanie vzaimosvyazi mezhdru ekonomicheskim rostom chernoy metallurgii Kitaya i reaksii na potreblenie energii. Chzhungo kuane [Kitayskaya gornodobyvayushchaya promyshlennost']. 2017. Vol. 26. P. 28–33] (In Chinese).

Chzhou Yan'nan', Yan Yuy, Cheng Bo, Khuan Tszis, 2020 – 周彦楠.基于脱钩指数和 LMDI 的中国经济增长与碳排放耦合关系的区域差异 / 周彦楠,杨宇,程博,黄季夏 // 中国科学院大学

**Ховавко И.Ю., Чжоу Ц.** Ранжирование территорий по уровню устойчивого развития с использованием кластерного анализа (на примере провинций Китая)

学报,2020,37(03):295-307 [Chzhou Yan'nan', Yan Yuy, Cheng Bo, Khuan Tszis Regional'nye razlichiya v vzaimosvyazi mezhdru ekonomicheskim rostom Kitaya i vybrosami ugleroda na osnove indeksa dekaplinga i LMDI. Chzhungo kesyueyuan' dasyue syuebao [Vestnik Universiteta Kitayskoy akademii nauk]. 2020. T. 37. S. 295–307] (In Chinese).

Reyting ustoychivogo razvitiya gorodov. 2022: Available at: <https://ce53485.tmweb.ru/upload/iblock/986/9861afc747dcb868c25aed0e2a7d1fbd.pdf> (accessed: 20.08.2024) (In Russ.).

Global Green Growth Institute (GGGI) (n.d.) Green Growth Index: Scores and Ranks. 2022: URL: [https://greengrowthindex.gggi.org/?page\\_id=2547](https://greengrowthindex.gggi.org/?page_id=2547) (accessed: 20.08.2024).

Environmental Performance Index (EPI). 2022. EPI Results: Available at: <https://epi.yale.edu/epi-results/2020/component/epi> (accessed: 20.08.2024).