

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Сюй Юнь

**Эколого-экономическая оценка эффективности развития энергетической
отрасли (на примере Китая)**

Специальность: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика

(экономика природопользования и землеустройства)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Научные руководители:

доктор экономических наук, доцент

Никоноров Сергей Михайлович;

доктор экономических наук, профессор

Шевчук Анатолий Васильевич

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 4

Глава 1. Теоретико-методологические основы исследования взаимосвязи развития энергетического сектора и экономического роста 17

- 1.1. Экономическая сущность и роль энергетических ресурсов в системе национального воспроизводства..... 17
- 1.2. Методы оценки экономического роста и их характеристики 35
- 1.3. Институциональные и структурные ограничения развития энергетической отрасли КНР на современном этапе 59

Глава 2. Эколого-экономическая оценка эффективности и пространственный анализ развития энергетической отрасли Китая 66

- 2.1. Взаимосвязь энергопотребления и экономического роста: структурно-факторный анализ и методы количественной оценки 66
- 2.2 Оценка эффекта декарбонизации в системе «энергетика – экономика – экология» (на примере КНР) 79
- 2.3 Исследование пространственных эффектов межпровинциального развития энергетической отрасли и экономического роста в Китае 92

Глава 3. Исследование экономических, энергетических и экологических отношений между странами..... 107

- 3.1 Исследование взаимосвязи между энергетической промышленностью и экономическим ростом на примере Китая и России 107
- 3.2. Исследование взаимосвязи экономики, энергетики и окружающей среды государств-членов ШОС на основе динамической панельной модели 125

3.3. Меры по усилению влияния потенциала энергетической промышленности Китая на его экономический рост.....	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	155
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Экономический рост является одной из фундаментальных тем в развитии человеческого общества. Исходной точкой экономического развития стало удовлетворение основных потребностей повседневной жизни людей и повышение уровня и качества их жизни. Экономический рост всегда был в центре внимания правительств и ученых разных стран, а теория экономического роста является важной частью макроэкономики, где в центре внимания находится источник экономического роста. В традиционных неоклассических моделях экономического роста (например, в модели Солоу) энергоресурсы не рассматривались как самостоятельный первичный фактор производства наряду с трудом и капиталом. Их вклад, как правило, неявно учитывался в составе фактора «физический капитал» (оборудование, здания, инфраструктура), поскольку энергия является необходимым условием для функционирования последнего. Понятие «природный капитал», неотъемлемой частью которого являются энергоресурсы, стало предметом активного анализа в экономической науке значительно позже, в основном в рамках экономики природопользования и устойчивого развития.

В настоящее время развитие топливно-энергетической промышленности Китая сталкивается с трудностями. Например, в структуре энергопотребления Китая преобладает уголь, что противоречит нынешнему устойчивому развитию. Кроме того, для топливно-энергетического комплекса Китая характерна значительная территориальная разобщенность основных районов добычи ресурсов и центров их потребления. Сложные горно-геологические условия добычи (в частности, большая

глубина залегания угля, а также низкая проницаемость и сложное строение нефтегазовых коллекторов) ведут к повышенным издержкам. Вкупе с высокой стоимостью транспортировки и недостаточной эффективностью конечного использования, это порождает региональные диспропорции в энергообеспечении, провоцируя как нерациональное расходование ресурсов, так и их локальный дефицит. Во внешней среде вопросы энергетической безопасности, обусловленные стратегическими запасами энергии и высокой зависимостью от импорта топливно-энергетических ресурсов, зависят от международных цен на энергоносители.

В работе на основе многоуровневого подхода исследуется взаимосвязь между развитием энергетического сектора и экономическим ростом в Китае. Проводится оценка эффекта декарбонизации, анализируются пространственные эффекты на региональном уровне и исследуются зависимости в сравнительной перспективе с Россией и странами-членами ШОС. Исследование имеет важное значение для формирования политики устойчивого энергетического и экономического развития Китая.

Степень научной разработанности проблемы

Проблемам топливно-энергетического и экономического развития в настоящее время уделяется большое внимание многими зарубежными и отечественными исследователями. Среди ученых, занимающихся проблемами развития социально-экономических систем, экономики промышленности и природопользования, можно отметить труды таких авторов, как: Ф.Г. Адамс (F.G. Adams), А.Р. Бахтизин, В.Ф. Богачев, Э.М. Браверман, Вэн Вэньбо (Weng Wenbo), Д.Д. Гамильтон (J.D. Hamilton), М. Дилп (M. Dilp), Ю.В. Зворыкина, И.В. Зырянов, Б.П. Ивченко, Ян Кайчжун (Yang Kaizhong), Т. Камбара (T. Kambara), В.Л. Квинт, В.А. Крюков,

В.Л. Макаров, И.Б. Мучник, А.Д. Некипелов, С.М. Никоноров, И.В. Новикова, К.В. Папенков, В.М. Полтерович, Б.Н. Порфирьев, И.Ю. Ховавко, Х. Хотеллинг (H. Hotelling), И.В. Цветков, В.А. Черненко, А.А. Широков, А.А. Конопляник, Чэнь Юаньцян (Chen Yuanqian), Чжоу Цайцюань (Zhou Caiquan) и других ученых-экономистов.

Существующие исследования о потреблении энергии и экономическим ростом в основном сосредоточены на изучении взаимосвязи между структурой энергопотребления, общим потреблением энергии и экономическим развитием.

Вопросы энергопотребления, экономического роста и устойчивого развития рассматриваются в работах ученых: Т.Ю. Анопченко, И.А. Башмаков, С.Н. Бобылев, Т.В. Гусева, В.И. Данилов-Данильян, Е.В. Зандер, В.М. Захаров, И.Н. Ильина, С.Н. Кириллов, В.Н. Краснощеков, О.В. Кудрявцева, Линь Боцянь (Lin Boqiang), О.И. Маликова, И.А. Васильева, Ма Чаоцюнь (Ma Chaoqun), О.Е. Медведева, В.А. Морозов, С.М. Никоноров, В.С. Дадыкин, З.М. Назарова, И.В. Петров, С.В. Федосеев, С.Е. Жура, З.В. Брагина, И.М. Потравный, Б.А. Ревич, Д.Ю. Савон, О. Стерн (O. Stern), С.Г. Тяглов, А.В. Шевчук, М.Ю. Шерешева, О. Ханнессон (O. Hannesson), Хань Чжиюн (Han Zhiyong), М.А. Юлкин и другие ученые экономисты.

Вопросы взаимосвязи энергетики, экономики и окружающей среды, а также непосредственного влияния энергетического сектора на экономический рост, находятся в фокусе внимания многих российских исследователей.

Так, фундаментальные вопросы экономики устойчивого развития, проблемы перехода к «зеленой» экономике и повышения энергоэффективности рассмотрены

в трудах С.Н. Бобылева. Экономические механизмы и инструменты политики декарбонизации, включая углеродное ценообразование и поддержку ВИЭ, исследованы в работах О.И. Маликовой. Эколого-экономические проблемы развития ТЭК и стратегии низкоуглеродного развития ключевых секторов экономики изучены О.В. Кудрявцевой. Исследованию взаимосвязей между региональным энергобалансом и показателями экономического развития, а также оценке эффективности «зеленых» технологий посвящены работы И.Ю. Ховавко. Современные подходы к устойчивому развитию, в частности значение альтернативной энергетики и «зеленых» финансов, проанализированы К.В. Папеновым. Вопросы эконометрического моделирования в системе «энергетика-экономика-экология» находятся в центре научных интересов С.М. Никонорова, а эколого-экономические механизмы управления природными ресурсами и ликвидации накопленного ущерба разработаны в исследованиях А.В. Шевчука. В его работах разрабатываются подходы к экономической оценке водных ресурсов и анализируется их энергетический потенциал в контексте развития крупной национальной инфраструктуры.

Цель и задачи исследования

Цель исследования — получить эмпирически обоснованные оценки того, при каких условиях развитие ТЭК Китая обеспечивает экономический рост при соблюдении экологических ограничений, и на этой основе сформулировать практические рекомендации для национальной и региональной энергетической политики Китая, а также для совершенствования энергетического сотрудничества в рамках ШОС.

Для достижения поставленной цели решаются следующие **задачи**:

1. Оценить совместимость целевых ориентиров 14-го пятилетнего плана КНР по

экономическому росту и ограничениям энергопотребления и выявить структурные разрывы между планируемой траекторией роста и энергетическими лимитами.

2. Разработать систему индикаторов качества развития региональных энергосистем Китая и количественно оценить её влияние на экономический рост и экологическую нагрузку, разделив пространственные эффекты на положительные технологические экстерналии и отрицательные эффекты вытеснения от избыточного инвестирования в инфраструктуру соседних провинций.

3. Эмпирически выявить различия в реакции экономик России и Китая на энергетические шоки и оценить чувствительность Китая к структурному энергопереходу (замещение угля газом) при сравнении с относительной устойчивостью ресурсно-ориентированной модели России.

4. Для стран-членов ШОС оценить взаимосвязи между экономическим ростом, энергопотреблением и выбросами CO₂ и обосновать прикладную модель сотрудничества типа «центр–периферия», где Россия и Китай выступают ядром трансфера низкоуглеродных технологий; сформулировать направления углубления энергетического взаимодействия.

Объектом исследования является энергетический сектор Китая.

Предмет исследования – факторы, влияющие на эффективность потребления энергии и оценку экономического роста топливно-энергетической промышленности Китая.

Научная новизна

1. Предложен и реализован методический подход к сценарному прогнозированию устойчивости развития энергетики Китая, отличающийся синтезом модели IPAT и

концепции декаплинга. Впервые в качестве базовых параметров моделирования использованы не экстраполированные исторические данные, а целевые индикаторы «14-го пятилетнего плана» КНР, что позволило выявить структурные разрывы между планируемым экономическим ростом и лимитами энергопотребления.

2. Разработана авторская система индикаторов качественного развития региональных энергосистем, интегрированная в пространственную эконометрическую модель (SDEM). В отличие от существующих работ, данный подход позволил впервые количественно разделить и оценить разнонаправленные пространственные эффекты: положительные экстерналии от технологических инноваций и отрицательные эффекты вытеснения от избыточного инвестирования в энергетическую инфраструктуру соседних провинций

3. Предложен оригинальный сравнительный подход к анализу драйверов макроэкономической динамики России и Китая на основе векторной модели коррекции ошибок (VECM), позволяющий, в отличие от стандартных корреляционных анализов, выявить фундаментальные различия в реакции национальных экономик на энергетические шоки. Впервые доказано, что ресурсно-ориентированная модель России демонстрирует устойчивость к росту потребления всех видов топлива, тогда как экономика Китая чувствительна к структурному энергопереходу (замещению угля газом).

4. Обоснован концептуальный подход к модернизации энергетического сотрудничества стран ШОС, базирующийся на результатах панельного моделирования и кластерного анализа. Новизна заключается в переосмыслении роли России и Китая не

как конкурентов за рынки сбыта, а как технологического ядра («центра»), обеспечивающего трансфер технологий низкоуглеродной энергетики в страны «периферии» (Центральная и Южная Азия) для преодоления выявленных эффектов сдерживания роста.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке и научном обосновании комплексного методического подхода, который, за счет интеграции авторской системы показателей качественного развития энергетики, обеспечивает инструментальную основу для углубленного многоуровневого сравнительного анализа взаимосвязей в системе «ТЭК-экономика»

Предполагаемая практическая значимость исследования заключается в том, что предложенные методические подходы могут быть использованы профильными государственными органами КНР для решения конкретных задач, таких как корректировка национальных энергетических стратегий, формирование дифференцированных региональных политик и продвижение международных энергетических проектов.

Помимо этого, материалы диссертационного исследования могут применяться в преподавании экономических дисциплин, связанных с экономикой природопользования и экономикой энергетического комплекса

Теоретико-методологические основы исследования

Исследование опирается на фундаментальные теоретические и эмпирические работы российских, китайских и зарубежных учёных в области экономического роста, развития топливно-энергетического комплекса, устойчивого развития и взаимосвязи энергетики, экономики и окружающей среды.

Работа носит преимущественно дедуктивный и системный характер: от общих положений теорий экономического роста и устойчивого развития – к многоуровневому анализу взаимосвязи развития энергетического сектора и экономического роста Китая, включая национальный, региональный и международный уровни .

Для решения поставленных задач используются общенаучные методы (анализ, синтез, индукция, дедукция, сравнительный и системный анализ), а также специальные методы: многоуровневое экономико-статистическое и эконометрическое моделирование, оценка эффекта декарбонизации, пространственные методы и межстрановое сопоставление показателей.

Информационная база исследования

Информационную базу исследования составили официальные статистические материалы Национального бюро статистики КНР, «China Statistical Yearbook», «China Energy Statistical Yearbook», а также статистические ежегодники провинций, содержащие данные о развитии энергетической отрасли, структуре энергопотребления и ключевых макроэкономических показателях Китая. Для межстранового сопоставления и анализа внешнеэкономических аспектов энергетического сотрудничества Китая использованы базы данных Всемирного банка, Международного энергетического агентства, ОПЕК, BP Statistical Review of World Energy.

Положения, выносимые на защиту

1. Экономический рост, предусмотренный целевыми показателями «14-го пятилетнего плана» КНР, может быть обеспечен при соблюдении экологических огра-

ничений лишь при проведении глубокой структурной трансформации топливно-энергетического баланса. Это подтверждается результатами сценарного моделирования устойчивости развития энергетики Китая, выполненного на основе синтеза модели IPAT и концепции декарбонизации с использованием плановых индикаторов социально-экономического развития.

2. Структура и качественные характеристики региональных энергосистем Китая оказывают статистически значимое влияние как на темпы экономического роста, так и на экологическую нагрузку. Применение пространственной эконометрической модели (SDEM) позволяет выявить одновременное действие положительных технологических экстерналий и отрицательных эффектов вытеснения, обусловленных избыточным инвестированием в энергетическую инфраструктуру соседних регионов.

3. Реакция национальных экономик России и Китая на энергетические шоки принципиально различается: ресурсно-ориентированная модель России демонстрирует устойчивость к росту потребления всех видов топлива, тогда как экономика Китая чувствительна прежде всего к структурному энергопереходу, связанному с замещением угля газом. Это требует учета энергетической специфики при формировании макроэкономической и климатической политики двух стран.

4. Иерархическая структура энергетического сотрудничества стран ШОС по типу «центр – периферия», в рамках которой Россия и Китай, на долю которых приходится более 80 % генерации электроэнергии объединения, должны выступать не только поставщиками энергоресурсов, но и донорами низкоуглеродных технологий,

является необходимым условием преодоления эффектов сдерживания экономического роста в странах Центральной и Южной Азии и повышения общей энергетической безопасности региона.

Степень достоверности результатов обеспечивается следующими аспектами:

1) результаты диссертационного исследования получены с использованием научных методов, с применением инструментария экономической теории и опорой на научные исследования отечественных и зарубежных ученых.

2) основой эмпирической части исследования выступают достоверные статистические данные из открытых официальных источников.

3) результаты исследования прошли апробацию в форме публикаций и были представлены на ключевых российских и международных научных конференциях, что подтверждает их достоверность, научную обоснованность и практическую применимость.

Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация соответствует научной специальности 5.2.3 – «Региональная и отраслевая экономика (экономика природопользования и землеустройства)». Направления исследований:

9.1. Теоретические и методологические основы экономики природопользования, землеустройства и охраны окружающей среды.

9.4. Анализ влияния антропогенных факторов на окружающую среду.

9.11. Экологическая политика. Стимулирование экологизации экономики и повышения эффективности природопользования методами экономической политики.

9.19. Проблема борьбы с климатическими изменениями. Вопросы развития «зеленой» и низкоуглеродной экономики.

Апробация результатов исследования

Результаты исследования докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях и круглых столах, в частности на:

- 1) XVIII Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики (РОЭЭ) «Национальные эколого-экономические и социальные интересы в эпоху больших вызовов», проводившейся Кольским научным центром РАН в г. Апатиты в 2025 году;
- 2) Международной научно-практической конференции «Регионы России в меняющемся мире: преемственность приоритетов и новые возможности», проводившейся Чувашским государственным университетом (ЧГУ) в г. Чебоксары в 2023 году;
- 3) круглом столе «Проблемы и перспективы территориального развития России», проводившемся СОПС в Москве в 2024 году;
- 4) Международной ежегодной научной конференции «Ломоносовские чтения – 2024», проводившейся МГУ имени М.В. Ломоносова в Москве в 2024 году;
- 5) круглом столе «Проблемы обращения с промышленными отходами горнодобывающей и металлургической промышленности», проводившемся РЭА в Москве в 2024 году;
- 6) круглом столе «Социально-экономические вопросы развития туризма на ООПТ», проводившемся СОПС в Москве в 2024 году;
- 7) Международной научной конференции «Хачатуровские чтения – 2024», проводившейся МГУ имени М.В. Ломоносова в Москве в 2024 году;

- 8) Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Устойчивое развитие регионов России в эпоху трансформационных процессов», проводившейся ЧГУ в г. Чебоксары в 2024 году;
- 9) круглом столе «Экологические и социально-экономические проблемы загрязнения побережья и акваторий Черного моря нефтепродуктами после аварий танкеров в декабре 2024 года», проводившемся РЭА в Москве в 2025 году;
- 10) VII научно-технической конференции студентов и аспирантов РТУ МИРЭА, проводившейся РТУ МИРЭА в Москве в 2022 году;
- 11) VIII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в международном обществе», проводившейся Институтом развития образования и консалтинга в Москве в 2022 году;
- 12) VI Международной научно-практической конференции «Научный форум: экономика и менеджмент», проводившейся Международным центром научного сотрудничества (МЦНО) в Москве в 2022 году.

По теме диссертации опубликованы 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности и отрасли наук (общий объем – 1,62 п.л., авторский вклад – 1,62 п.л.).

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка (101 источник). Общий объем диссертации составляет 180 страниц. Работа содержит 22 таблицы и 10 рисунков.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности и отрасли наук:

1. Сюй Ю. Исследование потенциала энергетического сотрудничества государств-членов ШОС // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 4. – С. 121-123. EDN: AITEOA. Импакт-фактор 0,803 (РИНЦ). (0,30 п.л., авторские 0,30 п.л.)
2. Сюй Ю. Исследование влияния пространственного эффекта высококачественного развития энергетической промышленности Китая на экономический рост. Часть 1 // Микроэкономика. – 2025. – № 2. – С. 106-110. EDN: HYJDFI. Импакт-фактор 0,504 (РИНЦ). (0,30 п.л., авторские 0,30 п.л.)
3. Сюй Ю. Исследование взаимосвязи между энергетической промышленностью и экономическим ростом на примере Китая и России // Экономические стратегии. – 2025. – № 1. – С. 34-43. EDN: FPUNRK. Импакт-фактор 0,809 (РИНЦ). (0,60 п.л., авторские 0,60 п.л.)
4. Сюй Ю. Стратегия роста эффективности энергопотребления в Китае: эмпирический анализ // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 2. – С. 60-66. EDN: KGSIWM. Импакт-фактор 0,803 (РИНЦ). (0,42 п.л., авторские 0,42 п.л.)

Глава 1. Теоретико-методологические основы исследования взаимосвязи развития энергетического сектора и экономического роста¹

1.1. Экономическая сущность и роль энергетических ресурсов в системе национального воспроизводства

Термин «энергия» почти не обсуждался до 1970-х годов, но после двух нефтяных кризисов он стал горячей темой для обсуждения. Сегодня, с быстрым развитием мировой экономики, энергетическая безопасность является вопросом, которому каждая страна будет придавать большое значение. Все страны сформулировали различную энергетическую политику для обеспечения национальной энергетической безопасности. Так что же такое «энергия»? Существует около 20 определений энергии. Например: «Энциклопедия Японии» констатировала: «В различной производственной деятельности мы используем для совершения работы тепловую энергию, механическую энергию, энергию света, электрическую энергию и т. д., а в качестве этих источников энергии можно использовать различные носители; в «Британской энциклопедии» сказано: «Энергия — это термин, включающий все виды топлива, проточную воду, солнечный свет и ветер, и люди могут использовать соответствующие методы преобразования, чтобы обеспечить себя необходимой им энергией»; в китайской «Энергетической энциклопедии» определяется: «Энергия — это ресурс-носитель энергии, который может напрямую или посредством преобразования обеспечивать любую форму энергии, необходимую человеку, такую как

¹ В главе используются материалы из следующих публикаций автора: Никоноров С.М., Сюй Ю., Чжан Ш. Оценка потенциала промышленной добычи сланцевого газа (на примере Китая) // Инновации и инвестиции. – 2024. – №. 2. – С. 74-77.

свет, тепло, мощность и т. д. В «Законе об энергосбережении Народной Китайской Республики» понятие энергия относится к углю, нефти, природному газу, энергии биомассы, электричеству, теплу и другим ресурсам, которые получают полезную энергию напрямую или путем переработки и преобразования», и могут быть преобразованы друг в друга. Другими словами, энергия является материальным ресурсом в природе, который может обеспечить некоторую форму энергии для людей и гарантировать им комфортную жизнь.

Существует много видов источников энергии, и благодаря постоянному развитию и исследованиям, все больше новых источников энергии начали удовлетворять потребностям человека. В соответствии с различными методическими подходами энергия также может быть разделена на различные типы, среди которых – деление на первичную энергию и вторичную энергию в соответствии с выработкой энергии. Первый относится к существующей энергии в природе, такой как уголь, нефть, природный газ, энергия воды, солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, энергия океана, энергия биомассы и т. д. Последнее относится к энергетическим продуктам, полученным в результате переработки первичной энергии, таким как электричество, газ, пар и различные нефтепродукты. Первичная энергия делится на возобновляемую энергию и невозобновляемую энергию. Невозобновляемая энергия относится к энергии, которая остается неизменной по качеству и не увеличивается в запасах в течение какого-либо значимого для человека диапазона времени, в основном относящегося к различным невозобновляемым видам топлива, таким как уголь, нефть, природный газ, сланцевый газ и т. д.².

² 能源统计 (21) — 中国国家统计局[Статистика энергетики (21) — Национальное бюро статистики Китая.].

В дополнение к доказанным запасам основных энергетических ресурсов, производство энергии, потребление энергии, энергоемкости также входят в сферу измерения энергетического потенциала. Потребление энергии обычно относится к общему количеству энергии, потребленной экономической деятельностью в конкретном регионе в течение определенного периода времени. Потребление энергии в широком смысле включает потребление первичной энергии и потребление вторичной энергии, тогда как потребление энергии в узком смысле в основном исследует общий объем потребления первичной энергии. В данной работе потребление первичной энергии используется в качестве исследовательского индекса во второй части и третьей. Энергопотребление является важным показателем, отражающим работу народного хозяйства и уровень жизни населения. В долгосрочной перспективе быстрый рост экономики региона обычно сопровождается быстрым ростом общего энергопотребления, в то время как экономический спад также показывает снижение энергопотребления. В то же время индекс энергопотребления также будет в определенной степени отражать изменения в структуре энергопотребления. Повышение энергоэффективности, вызванное прогрессом энергетических технологий, может в определенной степени снизить потребление энергии при сохранении экономического развития. С другой стороны, индекс энергопотребления также может отражать потребность социально-экономического развития в развитии энергетической промышленности: чем выше энергопотребление, тем выше требования к развитию энергетической промышленности. Подводя итог, можно сказать, что индекс энергопотребления является хорошим индикатором, отражающим социально-экономическую деятельность и развитие энергетической промышленности.

Энергоемкость также связана со структурой экономики региона, и показатели энергоемкости экономик, в которых преобладает вторичная промышленность³, как правило, выше, чем у экономик, в которых преобладает сфера услуг. С другой стороны, показатели энергоемкости также могут отражать состояние развития энергетической промышленности. Прогресс общих технологий энергетической промышленности может повысить энергоэффективность и снизить энергоемкость, а прогресс энергетических технологий тесно связан с инвестициями в энергию, потреблением энергии, энергетической структурой энергетики и другими показателями.

Китай является крупнейшей развивающейся страной в мире, а также крупным производителем и потребителем энергии, его производство энергии занимает третье место в мире, уступая только США и России, потребление энергии занимает второе место в мире после США. Китай всегда был известен как огромная страна с богатыми ресурсами и изобилием энергетических ресурсов. Однако Китай является самой густонаселенной страной в мире. Поэтому основное положение энергетических ресурсов Китая: большое количество, малый объем на душу населения, низкая эффективность и не рациональная структура потребления.

Среди невозобновляемых ТЭР Китая недостаточно нефти и газа, ресурсы распределяются крайне неравномерно, условия добычи сложные, а себестоимость производства высока. В 2020 году извлекаемые запасы нефти на душу населения в Китае составляли всего 2,48 т, а природного газа — 6000 м³, соответственно 7,8% и

³ В Китае вторичная промышленность включает в себя добычу полезных ископаемых, строительство, обрабатывающую промышленность, а также производство и поставку электроэнергии и газа. URL: https://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62360.htm

24,2% от среднемирового показателя. Две трети запасов угля сосредоточены в Северном и Северо-Западном Китае, 60 % извлекаемых запасов нефти сосредоточены в Северо-Западном и Северо-Восточном Китае, 65 % извлекаемых запасов природного газа сосредоточены в Северо-Западном и Юго-Западном Китае, а 80 % экономически пригодных ресурсов гидроэлектростанций сосредоточены на юго-западе и центральном юге. Обратное расположение спроса и предложения энергии сформировало базовую схему большого количества перевозок угля с севера на юг, транспортировки газа с запада на восток и передачи электроэнергии с запада на восток, что оказывает большое влияние на строительство транспортной инфраструктуры, энергетики, рыночное и региональное экономическое развитие. Из-за высокого качества, а также большого расстояния транспортировки цена на отечественный уголь в юго-восточных прибрежных районах выше, чем на импортный уголь. В июне 2020 года 5500 ккал/кг энергетического угля из Датуня, Шаньси, было доставлено в Гуанчжоу железнодорожно-морским транспортом, а рыночная цена составила 630 юаней/тонну, что на 25 юаней/тонну выше, чем импортный индонезийский уголь. В 2020 году Китайская южная энергосистема передавала около 230,5 млрд кВтч электроэнергии с запада на восток. В 2020 году по стране построено 39 107 км сверхвысоких линий электропередач. Крупнейшая в мире линия Чжундун-Южный Аньхой ± 1100 кВ протяженностью 3324 км и пропускной способностью 66 млрд кВтч была введена в эксплуатацию в октябре 2018 года.

1. Уголь

90% угольных ресурсов Китая распределены в районах со слаборазвитой экономикой и хрупкой экологической средой. В 2020 году средняя глубина разработки

шахт достигла 530 м, причем 47 шахт превышали 1000 м, а самая глубокая — 1450 м. В наличии 1831 высокогазовых и угольно-газовых шахт. Угольные шахты имеют низкую эффективность производства и высокие затраты. По сравнению с Соединенными Штатами, которые имеют лучшие условия добычи (средняя глубина шахты составляет 90 м, а добыча открытым способом составляет 65,0%), добыча угля на душу населения китайскими шахтерами составляет 1148 т, что всего лишь 8,1% от 14253 т в США. В 2020 году извлекаемые запасы угля Китая (количество, которое можно извлечь из разведанных запасов) достигли 274,6 млрд тонн⁴.

2. Нефть

Нефтяные месторождения Китая небольшие и разрозненные, с плохими условиями и высокими затратами на добычу. Среднесуточная добыча одной скважины на нефтяных месторождениях Китая составляет всего 2 тонны, в России 70 тонн, а на Ближнем Востоке она достигает 685 тонн⁵. В последние годы условия эксплуатации месторождений ухудшились, и 80% разведанных запасов составляют низкопроницаемые, сверхнизкопроницаемые и трудноизвлекаемые коллекторы. Таким образом, себестоимость добычи нефти в Китае очень высока, достигая в среднем 50 долларов США за баррель в 2018 году, что в 10 раз больше, чем на Ближнем Востоке. В 2020 году извлекаемые запасы нефти Китая составят 3,5 миллиарда тонн, 2,48⁶ тонны на душу населения, всего 7,7% от среднемирового показателя.

3. Природный газ

Большинство китайских месторождений природного газа являются мелкими и

⁴ 王庆一—2021 能源数据.能源基金会 (2022) [Ван Цинь — Фонд энергетических данных 2021 г. (2022 г.).] URL: <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-lceg-20230227-zh/2021%E5%B9%B4%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%95%B0%E6%8D%AE>

⁵ Там же

⁶ Там же

средними, со сложным геологическим строением и, соответственно, добычей и высокой стоимостью. Нефтяные и газовые месторождения добывают большое количество природного газа. В 2015 году на семи крупных нефтегазовых месторождениях было добыто 95,1 млрд м³ газа, что составляет 69% добычи природного газа в стране⁷. Себестоимость добычи такая же высокая, как и у сырой нефти. В 2020 году рыночная цена природного газа в Китае составит 1,58 доллара США за м³, что в 1,7 раза больше, чем в США⁸. В 2020 г. извлекаемые запасы природного газа Китая составят 8,4 трлн м³, при среднем показателе на душу населения 6000 м³, что составляет всего 24,2% от среднемирового показателя.

4. Метан угольных пластов

Метан угольных пластов – нетрадиционный природный газ. Китай богат его запасами. В 2020 г. доказанные запасы составят 600,1 млрд м³, извлекаемые запасы – 310,5 млрд м³.

5. Сланцевый газ

Извлекаемые запасы сланцевого газа Китая являются крупнейшими в мире и достигают 31 трлн м³. Доказанные запасы месторождения сланцевого газа Фулин в провинции Сычуань составляют 600,8 млрд куб. м. Месторождения сланцевого газа в Китае глубокого залегания, и в настоящее время максимальная глубина разработки достигает 4000 м, а геологическая структура сложная. Глубина разработки сланцевого газа в США составляет менее 2000 м, а геологическое строение простое.

⁷ 王庆一—2021 能源数据.能源基金会 (2022) [Ван Цинь — Фонд энергетических данных 2021 г. (2022 г.).] URL: <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-lceg-20230227-zh/2021%E5%B9%B4%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%95%B0%E6%8D%AE>

⁸ Там же

В 2018 г. добыча сланцевого газа достигла 679,1 млрд м³, что составляет 81,6% добычи природного газа. Недавно в ключевых технологиях добычи сланцевого газа в Китае был сделан прорыв, и стоимость добычи снизилась. Добыча в 2020 году достигла 20,040 млрд м³.⁹

⁹ Ministry of Natural Resources

Таблица 1.1 - Извлекаемые запасы и reserves-to-production ratio (RPR) в Китае, США и России в 2019 г

Страны	Извлекаемые запасы		
	Уголь/100 млн тонн	Нефть/100 млн тонн	Природный газ/трлн м ³
Китай	2746	35	8.4
США	2489	82	12.6
Россия	1622	148	37.4
Страны	Reserves-to-production ratio(RPR)		
	Уголь/ лет	Нефть/ лет	Природный газ/ лет
Китай	70	18.2	43.3
США	>500	11.4	13.8
Россия	407	27.6	58.6

Источники: составлено автором на основе опубликованных данных,

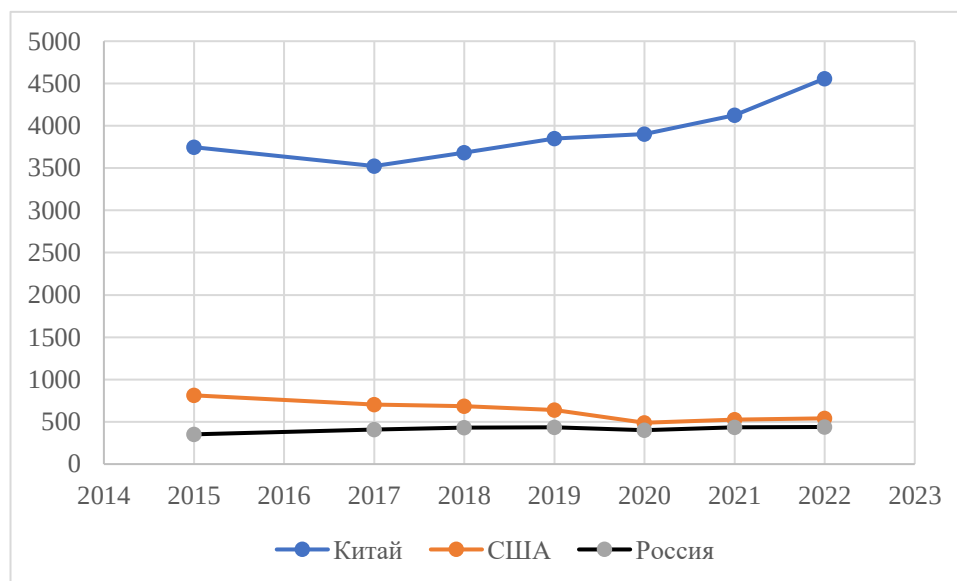


Рисунок 1.1. Добыча угля в Китае, США и России (млн тонн)

Источники: составлено автором на основе опубликованных данных

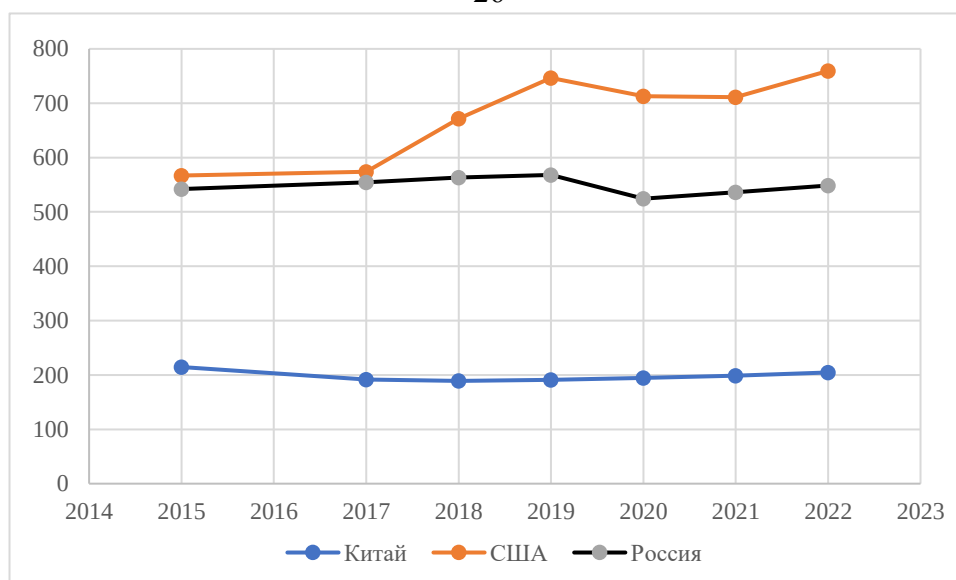


Рисунок 1.2. Добыча нефти в Китае, США и России (млн тонн)

Источники: составлено автором на основе опубликованных данных

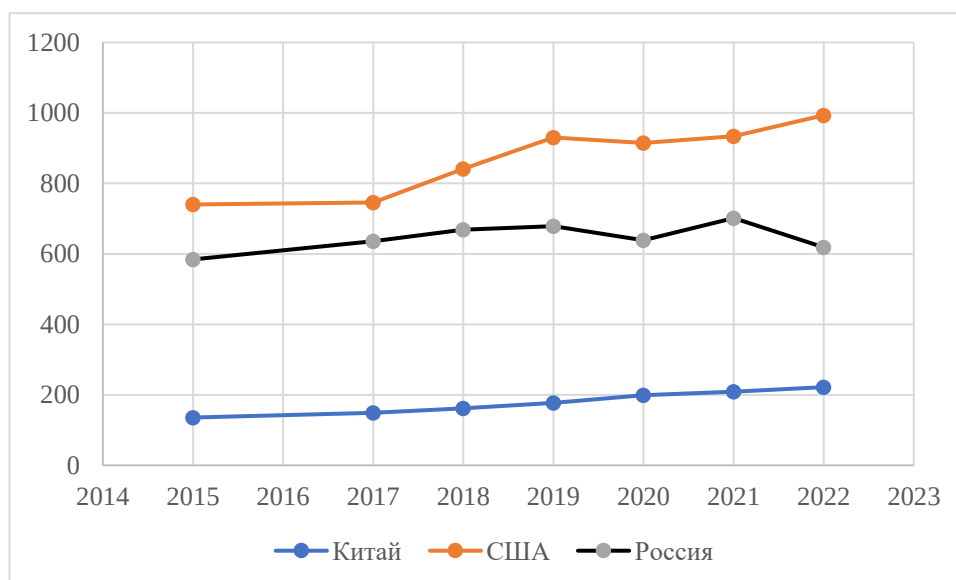


Рисунок 1.3. Добыча природного газа в Китае, США и России (млрд м³)

Источники: составлено автором на основе опубликованных данных,

1.1.1. Распределение энергоресурсов в Китае

Угольные ресурсы являются основой обеспечения поставок угля. Материковый Китай разделен на 9 регионов: северо-восточный регион, регион Хуанхуайхай, юго-восточный регион, регион Восточная Монголия, регион Шаньси-Шаньси-Монгол (Запад) Нинся, юго-западный регион, регион Северный Синьцзян, регион Южный

Синьцзян-Ганьцин и регион Тибет¹⁰. Среди них 96% зарезервированных угольных ресурсов распределены в Шаньси, Шэньси, Внутренней Монголии (Запад), Нинся, Восточной Монголии, Северном Синьцзяне, Хуанхуайхае и юго-западном регионах. С точки зрения долгосрочного ресурсного потенциала наибольшим потенциалом обладает северный регион Синьцзян, а также регионы Шаньси, Шэньси, Внутренняя Монголия (Запад) и Нинся. Потенциальные ресурсы на глубинах ниже 1000 метров в Северном Синьцзяне составляют 60% от общих ресурсов страны, а потенциальные ресурсы на глубинах от 1000 до 2000 метров составляют 29% от общих ресурсов страны. Потенциальные запасы угля в Шаньси, Шэньси, Внутренней Монголии (Запад) и Нинся на глубинах ниже 1000 метров и от 1000 до 2000 метров составляют 15% и 47% общенациональных ресурсов соответственно. Однако ресурсы угля в Тибете, северо-восточном и юго-восточном регионах очень скудны с точки зрения количества разведанных запасов и количества прогнозных ресурсов. Разведанные запасы и потенциальные ресурсы на глубине ниже 1000 метров в южном регионе Синьцзян-Ганьцин составляют всего 2% и 3%, но потенциальные ресурсы на глубине ниже 1000-2000 метров составляют 10%¹¹.

По приведенным данным¹², доказанные запасы угля Китая в 2016 г. составляли 1,598 млрд т, а извлекаемые запасы — 249,23 млрд т. Согласно данным об основных

¹⁰ 彭苏平, 张博, 王童. 我国煤炭资源“井”字形分布特征及可持续发展战略. 中国工程科学, 2015, 17(09): 29-35. [Пэн Супин, Чжан Бо, Ван Тун. Характеристики распределения «井» запасов угля в Китае и стратегия устойчивого развития в Китае, 2015, 17 (09): 29-35.]

¹¹ 吴小智, 刘庄晓雪, 王健、郑敏、陈晓明、齐雪峰. (2022). 我国油气资源潜力、分布及重点勘探领域. 地球科学前沿 (06), 146-155. doi:10.13745/j.esf.sf.2022.8.27. [У Сяочжи, Лючжуан Сяосюэ, Ван Цзянь, Чжэн Минь, Чэнь Сяомин и Ци Сюэфэн. (2022). Потенциал, распределение и ключевые области разведки нефтяных и газовых ресурсов в Китае. Frontiers of Earth Science (06), 146-155. doi:10.13745/j.esf .sf.2022.8.27.]

¹² 彭绍平. 煤炭资源与水资源. 北京: 中国科学出版传媒有限公司, 2014[Пэн С. П. Угольные ресурсы и водные ресурсы. Пекин: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2014].URL: <https://thinktank.sciencereading.cn/book-lib/v/bookPreview/122/314/1980290.html>

запасах угля по каждому провинциальному административному району Китая за 2016 год, основные запасы угля в провинциях и регионах Китая делятся на три категории. Среди них только на Шаньси приходится около 37% общих основных запасов угля страны. Кроме того, основные запасы угля четырех провинций Внутренняя Монголия, Гуйчжоу, Шаньси и Синьцзян составляют более 10 млрд тонн, а сумма основных запасов угля этих провинций составляет около 38% от общих национальных запасов. Основные запасы угля Шанхая, Тибета, Гуандуна, Чжэцзяна, Гуанси, Хайнаня, Пекина, Тяньцзиня, Хубэя, Цзянси, Фуцзяня, Хунани и Цзилиня составляют менее 1 миллиарда тонн. Общие основные запасы угля этих 13 провинций составляют менее 2% основных запасов угля Китая.

Согласно анализу типов угля установлено, что уголь Китая в основном представляет собой битуминозный уголь, на долю которого приходится более 70%. Среди них коксующийся битуминозный уголь (тощий уголь, коксующийся уголь, жирный уголь, 1/3 коксующегося угля, газовый жирный уголь и газовый уголь) составляет около 24% битуминозного угля, и большую часть из них составляют газовый уголь, ресурсы высококачественного коксующегося угля относительно ограничены. На долю высокометаморфического антрацита приходится лишь около 10% оставшихся запасов ресурсов. С точки зрения распределения различных типов угля, антрацит в основном сосредоточен в Шаньси, Гуйчжоу, Сычуани и т. д., а коксующийся уголь в основном распространен в Шаньси, Аньхой, Шаньдун, Гуйчжоу, Хэйлунцзян, Синьцзян, Хэнань, Хэбэй и т. д. Среди них запасы коксующегося угля в Шаньси составляют наибольшие в стране, более половины запасов, а доказанные запасы каменного угля в Шэньси, Внутренней Монголии и Синьцзяне превышают 200 млрд

тонн. Бурый уголь с низкой степенью метаморфизма в основном распространен в Китае, и только на автономный район Внутренняя Монголия приходится около 80% запасов бурого угля Китая.

Водные ресурсы Китая распределены неравномерно, и есть большая разница между севером и югом. Северу не хватает водных ресурсов, тогда как юг относительно богат. Поэтому районы, богатые угольными ресурсами в Китае, часто испытывают серьезную нехватку воды, что делает сопоставимым противоречие между угледобычей и сельскохозяйственным и иным промышленным водопользованием.

1.1.2. Потенциал и характеристики распределения нефтяных ресурсов в Китае

Нефтегазовые ресурсы Китая обладают большим потенциалом, но их качество значительно ухудшилось. Большая часть нефтяных ресурсов Китая сосредоточена в Большом бассейне. Согласно анализу извлекаемых ресурсов нефти, ресурсы нефти на суше в основном распределены в пяти бассейнах Сунляо, Бохайского залива, Тарима, Джунгара и Ордоса, с общим объемом извлекаемых ресурсов нефти 11,44 млрд тонн, что составляет 87,3% от общего объема. Распределение ресурсов нефти в Бохайском море составляет 920 млн т, что составляет 48,7% площади моря¹³.

Добыча сырой нефти в восточном Китае составляет 80,7% от общего объема страны, а доказанные запасы нефти составляют 73,9% запасов страны. Нефтяное месторождение Дацин расположено на западе провинции Хэйлунцзян, в центре равнины Соннэнь, между Харбином и Цицикаром, стало крупнейшим нефтяным

¹³ Ministry of Natural Resources

месторождением в Китае, так как в 1976 году его добыча сырой нефти превысила 50 миллионов тонн. Появились новые технологии, а добыча сырой нефти по-прежнему составляет более 50 миллионов тонн; нефтяное месторождение Ляохэ в основном расположено в среднем и верхнем течении равнины Ляохэ, восточной Внутренней Монголии и пляжной зоне залива Ляодун. Было разработано и обустроено 26 нефтяных месторождений, построено 9 основных производственных баз, включая Синлунтай, Шугуан, Хуаньсилин, Цзиньчжоу, Гаошэн, Шэньян, Циютоу, Лэнцзя и Хорцин, а добыча занимает третье место в стране; нефтяное месторождение Цзилинь расположено в районе Фую, провинция Цзилинь, где были обнаружены и доказаны последовательно 18 нефтяных месторождений, среди которых нефтяные месторождения Фую и Синьминь являются крупными нефтяными месторождениями с запасами, превышающими 100 миллионов тонн, образуя сверхкрупное предприятие с мощностью переработки нефти 700 000 тонн производственных масштабов.

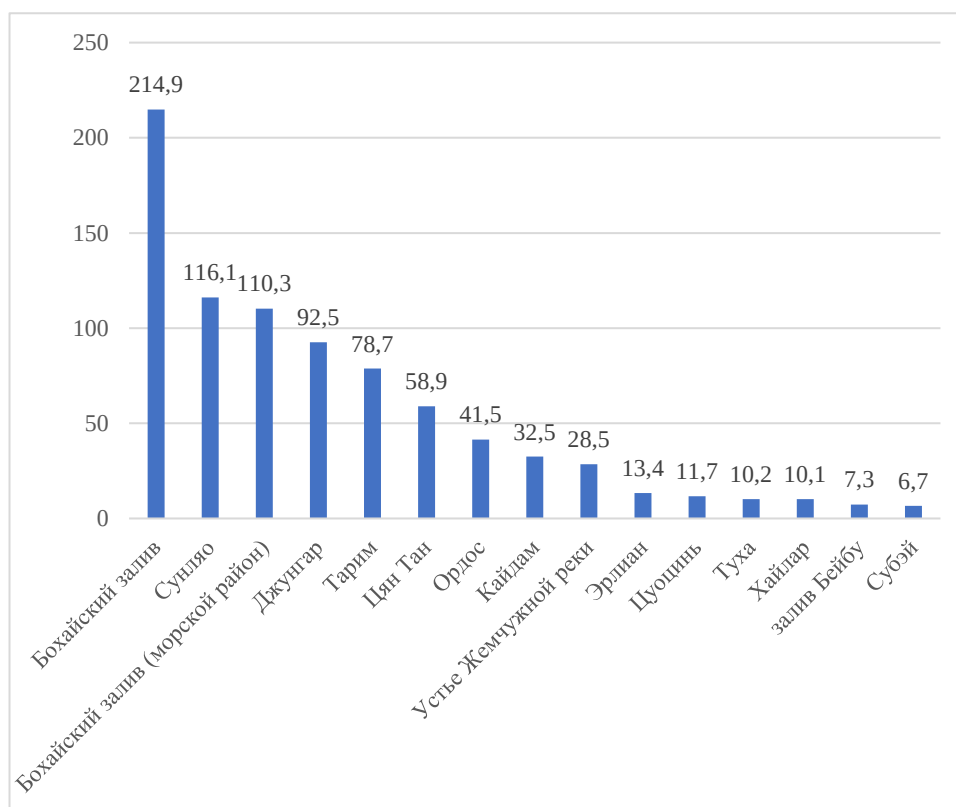


Рисунок 1.4. Распределение условных геологических ресурсов нефти/10 млн тонн

Источники: составлено автором на основе статистических данных

С точки зрения глубины количество прогнозных геологических ресурсов нефти составляет $505,5 \times 10^8$ т в малоглубинном слое, $369,9 \times 10^8$ т в среднеглубинном слое, $132,2 \times 10^8$ т в глубоком слое и $67,5 \times 10^8$ т. в сверхглубоком слое, на долю которых приходится соответственно 47,0% и 47,5%, 34,4%, 12,3%, 6,3%. По состоянию на конец 2020 г. остаточные геологические ресурсы нефти составляют $264,6 \times 10^8$ т в мелководном пласте, $243,4 \times 10^8$ т в среднеглубинном пласте, $84,3 \times 10^8$ т в глубоком пласте и $56,5 \times 10^8$ т в сверхглубоком пласте. Пласт, на долю которого приходится соответственно 40,8 %, 37,5 %, 13,0 % и 8,7 %, остальные прогнозны ресурсы нефти в основном сосредоточены в неглубоких и среднеглубинных пластах¹⁴.

С точки зрения географической среды прогнозны геологические ресурсы нефти

¹⁴ 陈元乾, 胡建国, 张东杰. (1996). Logistic 模型的推导及自回归方法. 新疆石油地质 (02). doi:CNKI:SUN:XJSD.0.1996-02-009.[Чэнь Юаньцзянь, Ху Цзяньго, Чжан Дунцзе. (1996). Вывод логистической модели и авторегрессионный метод. Геология нефти и газа Синьцзяна (02). doi:CNKI:SUN:XJSD.0.1996-02-009.]

составляют $390,9 \times 10^8$ т на равнинах и лугах, $57,3 \times 10^8$ т на лессовых плато, $32,3 \times 10^8$ т на холмах и горах, $272,3 \times 10^8$ т в пустынях + Гоби и $272,3 \times 10^8$ т на болотах + $36,7 \times 10^8$ т в море и $77,3 \times 10^8$ т в районе плато, что составляет 45,1 %, 6,6 %, 3,7 %, 31,4 % и 4,2 % от общих ресурсов условной нефти на суше, соответственно 9,0 %. В морской акватории $143,7 \times 10^8$ т на мелководье и $64,5 \times 10^8$ т на глубоководье составляют 69,0% и 31,0% от общих геологических ресурсов условной нефти в морской акватории соответственно¹⁵.

¹⁵ Там же

1.1.3. Потенциал и характеристики распределения ресурсов природного газа в Китае

Ресурсы природного газа Китая относительно сконцентрированы в основном в бассейнах Таримского, Ордосского, Сычуаньского, Кайдамского и Джунгарского бассейнов на западе, бассейнов Сунляо и Бохайского залива на востоке, а также бассейнов Бохайского, Восточно-Китайского моря и Иньицун на востоке. В прибрежных водах в настоящее время перспективные ресурсы этих девяти бассейнов составляют 46 трлн куб.; остальные ресурсы составляют 40 трлн кубометров, что составляет 81% оставшихся ресурсов страны. В девяти бассейнах Тарим, Сычуань, Ордос, шельф Восточно-Китайского моря, Кайдам, Сунляо, Ингехай, Цюндоннань и Бохайский залив. Его извлекаемые ресурсы составляют 18,4 трлн кубометров, что составляет 83,64% от общего объема страны. С точки зрения географического распределения 74% извлекаемых ресурсов природного газа Китая распределены в мелководных морях, пустынях, горах, равнинах и Гоби.

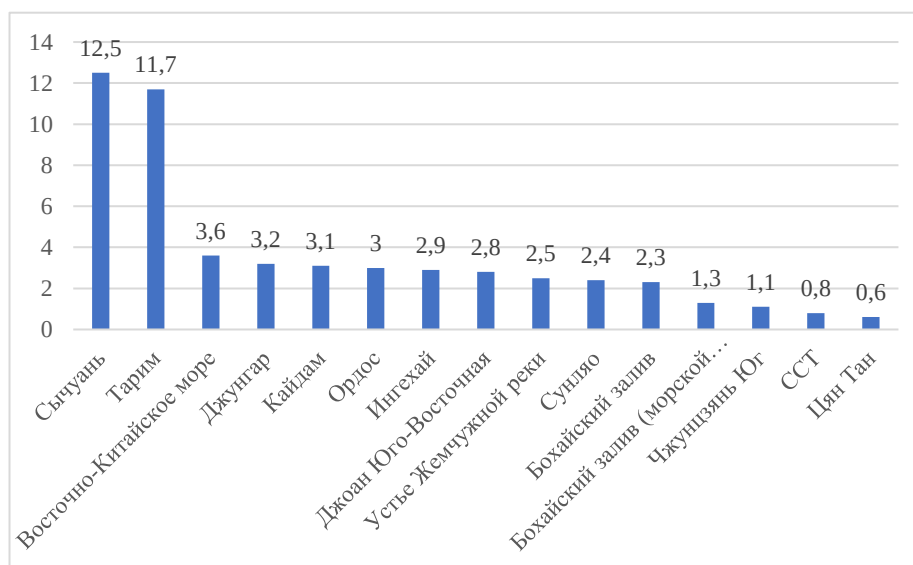


Рисунок 1.5. Распределение геологических ресурсов природного газа/100 млрд м³

Источник: составлено автором

С точки зрения глубины геологические ресурсы природного газа составляют

$12,8 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в малоглубинном слое, $29,1 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в среднеглубинном слое, $22,7 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в глубинном слое и $18,1 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в сверхглубоком слое, что составляет 15,1%, в глубоком слое соответственно 5%, 35,2%, 27,4%, 21,9%. По состоянию на конец 2020 г. остаточные геологические ресурсы традиционного природного газа составляют $8,5 \times 10^8 \text{ т}$ в неглубоких пластах, $23,0 \times 10^8 \text{ т}$ в среднеглубинных пластах, $19,2 \times 10^8 \text{ т}$ в глубоких пластах и $15,4 \times 10^8 \text{ т}$ в сверхглубоких пластах, с учетом на 12,9 % соответственно, 34,8 %, 29,0 % и 23,3 %, а остальные традиционные ресурсы природного газа в основном сосредоточены в среднеглубинных, глубоких и сверхглубоких слоях, в основном распределенных в трех основных кратонных бассейнах Китая (Сычуань, Тарим и Ордос).

С точки зрения географической среды количество традиционных геологических ресурсов природного газа составляет $5,2 \times 10^{12} \text{ м}^3$ на береговых равнинах и пастбищах, $3 \times 10^{12} \text{ м}^3$ на лессовых плато, $21,6 \times 10^{12} \text{ м}^3$ на холмах и горах и $11,2 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в пустынях. и Гоби, $1,4 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в болотах и приливных морях и $1,6 \times 10^{12} \text{ м}^3$ в плато, что составляет 11,7%, 7,4%, 48,8% и 25,3% от общих ресурсов природного газа на суше соответственно.%, 3,2% , 3,6%. В морской части площадь мелководья составляет $1,2 \times 10^{12} \text{ м}^3$, а площадь глубоководного моря — $37,2 \times 10^{12} \text{ м}^3$. Условные ресурсы природного газа в морской акватории в основном распределены в глубоководной части морской акватории.

1.2. Методы оценки экономического роста и их характеристики

Взаимосвязь между энергией и экономикой является важной и классической темой. В настоящее время большинство исследований взаимосвязи энергии и экономики рассматривают ее с точки зрения производства и потребления. Эти две точки зрения представляют собой основные идеи современных исследований в области экономики энергетики, то есть механизм воздействия потребления и производства на экономический рост. На заре использования математических методов для изучения экономического роста, таких как модель Солоу, соответствующая производственной функции, часто игнорировалась прямая связь между энергией и экономикой, что постепенно проявляло односторонность в более поздних исследованиях¹⁶. Энергия является одним из важных факторов промышленного развития и экономического роста. Энергия как основная часть любой жизнедеятельности на земле полностью подтверждена в естествознании. В то же время энергия является движущей силой хозяйственной деятельности человека. источником и основным двигателем индустриализации.

Новое исследование рассматривает влияние энергии на экономический рост с точки зрения потребления энергии. Некоторые впечатляющие исследования этого типа были сосредоточены на установлении причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономическим ростом. Большинство этих исследований

¹⁶ Nel WP, Cooper CJ. Implications of fossil fuel constraints on economic growth and global warming. *Energ Policy* 2009,37:166-80.[NE WP, Cooper CJ. Последствия ограничений ископаемого топлива для экономического роста и политики глобального потепления 2009,37:166-80.]

основано на двух очень важных и новаторских работах Adams и Kraft^{17,18}. Kraft был первым, кто использовал тест Sims для анализа взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом. Он обнаружил одностороннюю причинно-следственную связь между валовым национальным продуктом (ВНП) и потреблением энергии в Соединенных Штатах между 1947 и 1974 годами. Но затем Eden указал, что причинно-следственную связь между валовым национальным продуктом (ВНП) и потреблением энергии можно найти только по месячным данным США с 1947 по 1979 г., а годовые данные этой связи не имеют¹⁹. Основываясь на методе теста Энгеля-Грейнджера, Nachane провел исследование большого количества ежегодных данных о потреблении энергии и экономическом росте в 11 развивающихся странах и 5 развитых странах и обнаружил, что действительно существует эконометрическая связь между темпами экономического роста и энергопотреблением²⁰. Вышеуказанные методы исследования применяются не только к развитым, но и к развивающимся странам Азии. Asafu Adjaye обнаружил одностороннюю причинно-следственную связь между потреблением энергии и экономическим ростом в густонаселенных Индонезии и Индии и двустороннюю связь между потреблением энергии

¹⁷ Adams F G, Miovic P. On Relative Fuel Efficiency and the Output Elasticity of Energy Consumption in Western Europe. *Journal of Industrial Economics*, 1968, 17(1):41-56. [Адамс Ф. Г., Миович П. Об относительной топливной эффективности и эластичности потребления энергии в Западной Европе. *Журнал промышленной экономики*, 1968, 17(1):41-56.]

¹⁸ Kraft J., Kraft A., On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development, Journal of Energy Finance & Development* 1978, (3):401~403. [Крафт Дж., Крафт А., О взаимосвязи между энергией и ВНП. *Журнал энергетики и развития, Журнал энергетики и финансов и развития* 1978, (3):401~403.]

¹⁹ Yu E S H, Hwang B K. The relationship between energy and GNP: Further results. *Energy Economics*, 1984, 6(3):186-190. [Ю Э Ш, Хван Б К. Связь между энергией и ВНП: Дальнейшие результаты. *Энергетическая экономика*, 1984, 6(3):186-190.]

²⁰ Dilp M. Nachane, Ramesh M. Nadkarni, Ajith V. Karnik. Co-Integration and Causality Testing of the Energy-GDP Relationship: A Cross-Country Study. *Applied Economics*. 1988, 20(11):1511-1531. [Дилп М. Начане, Рамеш М. Надкарни, Аджит В. Карник. Коинтеграция и проверка причинно-следственной связи между энергоресурсами и ВВП: межстрановое исследование. *Прикладная экономика*. 1988, 20(11):1511-1531.]

и экономическим ростом в Таиланде и на Филиппинах, население которых относительно невелико, но быстро развивается²¹. Взаимосвязь внутренней зависимости между потреблением энергии и экономическим ростом стала проблемой, которую исследователям следует изучить и обратить на нее внимание. Florian систематически обобщил предпосылки этого типа исследований по четырем аспектам: во-первых, однонаправленная причинно-следственная связь между потреблением энергии и экономическим ростом; во-вторых, однонаправленная причинно-следственная связь между экономическим ростом и ростом потребления энергии; предположение об обратной связи о двусторонних эффектах между экономическим ростом и, наконец, невозможность установления прямой связи между потреблением энергии и экономическим ростом, в следствие чего эконометрическая причинно-следственная связь отсутствует²². Однако в основе вышеупомянутых исследований энергопотребления и экономического роста лежит предположение о том, что использование энергии не требует учета последствий и затрат, и, господствующая в то время макроэкономическая теория, приняла это ошибочное предположение. Большое количество последующих фактов непрерывно доказывало, что энергия не является «бесплатным даром», который можно получить и использовать по своему усмотрению. Общее количество природных ресурсов ограничено, а использование энергии сопряжено с затратами и экологическими последствиями. Человеческое общество мо-

²¹ Asafu-Adjaye J. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, 2000, 22(6):615-625. [Асафу-Аджайе Дж. Связь между потреблением энергии, ценами на энергию и экономическим ростом: данные временных рядов из развивающихся стран Азии. *Экономика энергетики*, 2000, 22(6):615-625.]

²² Fizaine F, Court V. Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society. *Energy Policy*, 2016, 95:172-186. [Физайне Ф., Корт В. Расходы энергии, экономический рост и минимальный EROI общества. *Энергетическая политика*, 2016, 95:172-186.]

жет правильно использовать только ее часть, и нет исключений между невозобновляемыми и возобновляемыми источниками энергии. До сих пор традиционные исследования по теории экономики энергетики хорошо применялись к периоду быстрого роста энергоснабжения и относительно низкой себестоимости производства энергии. В этот период при получении энергии не нужно было особо учитывать различные производственные затраты, включая экономические затраты, затраты на энергию и затраты на экологию. Однако в условиях все более серьезных ограничений, связанных с растущими трудностями в производстве энергии, медленным развитием технологий, ограниченными экологическими возможностями и доступными земельными ресурсами, становится все труднее извлекать или преобразовывать энергию. В ответ на эти вызовы в современных исследованиях формируется новый подход, центральным элементом которого становится понятие «эколого-экономической эффективности». Эта концепция рассматривается как ключевой индикатор устойчивого развития и отражает, насколько рационально общество производит и потребляет ресурсы, стремясь к минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Такой подход особенно актуален для стран с быстрорастущей экономикой, таких как Китай, где огромные масштабы потребления энергии привели к необходимости радикальной трансформации энергетического сектора и поиска баланса между экономическим ростом и экологической устойчивостью²³. Для оценки этой эффективности разрабатываются новые методические инструменты, среди которых выделяется анализ декарпинга. Он позволяет количественно оценить

²³ Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

степень «отвязки» экономического роста от роста потребления энергоресурсов и экологической нагрузки, что, в свою очередь, используется для классификации уровней устойчивого развития регионов и выработки дифференцированной политики²⁴. Осознав ошибочное предположение традиционной экономики энергетики о том, что энергия считается бесплатным даром природы, некоторые эксперты и ученые сначала рассматривают возможность моделирования ограниченных природных ресурсов, населения, экономики и окружающей среды как целостной системы. Hotelling считает, что в настоящее время себестоимость производства энергетических продуктов слишком низка, что приводит к их быстрому, массовому, неэффективному и безудержному потреблению, что таит в себе огромную скрытую опасность для развития следующих поколений²⁵. Meadows, исследователь системной теории, провел систематическое исследование основных глобальных вопросов, таких как население, продовольствие и ресурсы. В своей книге «Пределы роста», опубликованной в 1972 году, он сделал вывод о том, что человечество должно рационально использовать ограниченную невозобновляемую энергию для достижения устойчивого развития²⁶.

Исследование энергоэффективности в основном проводится в нескольких аспектах: измерение энергоэффективности, влияющие факторы энергоэффективности, влияние энергоэффективности на экономическое развитие и роль экономического

²⁴ Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

²⁵ Hotelling H. The economics of exhaustible resources . The Journal of Political Economy. 1931, 39(2): 37-175.[Хотеллинг Х. Экономика исчерпаемых ресурсов. Журнал политической экономии. 1931, 39(2): 37-175.]

²⁶ Meadows, Donella H., J. Randers, D. Meadows. The limit of growth. 2003, Machinery Industry Press.[Медоуз, Донелла Х., Дж. Рандерс, Д. Медоуз. Предел роста. 2003, Machinery Industry Press.]

развития в повышении энергоэффективности. Перед точным измерением энергоэффективности должно быть ее определение. Традиционное понятие энергоэффективности было предложено Всемирным энергетическим советом в 1995 г. Энергоэффективность заключается в снижении потребления энергии для предоставления той же энергетической услуги. Wei Yiming²⁷ определил энергоэффективность как «количество потребляемой энергии, которое способствует поддержанию или содействию устойчивого развития всей экономической, социальной и экологической системы» с комплексной и систематической точки зрения. Коннотация энергоэффективности расширилась от единственной цели энергосбережения до нескольких целей, таких как экономика, окружающая среда и технологии. Однако из-за доступности и простоты данных исследователи часто превращают энергоэффективность в единую цель, а именно: энергоэффективность. Поскольку показатель энергоэффективности часто применяется для оценки энергоэффективности всего общества, то он игнорирует технические различия и различия в энергоэффективности между отраслями, разными регионами и разными типами энергии, поэтому вводится общий коэффициент энергоэффективности. В исследовании взаимосвязь между энергоэффективностью и экономическим ростом в основном связана с трансформационным эффектом энергоэффективности на структуру промышленности и ее перестройку, ведомственное планирование, долю энергопотребления, рост валового внутреннего продукта (ВВП), доход на душу населения, затраты на НИОКР, технологический уровень, энергетическую структуру, энергопотребление и т. д. Большинство ученых объясняют пути повышения энергоэффективности с точки зрения

²⁷魏一鸣, 廖华. 中国能源报告 (2010): 能源效率研究. 科学出版社. 2010. [18. Вэй Имин, Ляо Хуа. China Energy Report (2010): Исследование энергоэффективности. Science Press. 2010.]

потребления энергии, цен на энергоносители и темпов роста доходов: одним из них является теория роста производительности, а другим – теория экономической структуры. Но ни один из них не выделяет конкретные эффекты из общих данных. Морт и Джон²⁸ сравнили две модели прогнозирования выбросов и анализа политики (ЕРРА) Массачусетского технологического института, используя традиционный метод временных трендов эффективности и метод эластичности дохода для анализа долгосрочных и краткосрочных эффектов политики, и пришли к выводу, что метод независимого дохода относительно лучше, особенно с точки зрения двух аспектов повышения энергоэффективности и улучшения качества использования энергии. Вывод показывает, что НИОКР оказывают кумулятивный эффект на повышение эффективности и усиленный эффект на улучшение качества энергии, и между этими двумя аспектами существует взаимосвязь. Имеется много литературы о факторах, влияющих на энергоемкость в стране и за рубежом. С точки зрения методов исследования один из них заключается в использовании данных временных рядов для создания эконометрической модели между энергоемкостью и различными влияющими факторами, а другой – в анализе факторной декомпозиции (структурный анализ, анализ декомпозиции и анализ экспоненциальной декомпозиции). Анализ структурной декомпозиции основан на входе-выходе, в то время как анализ индексной декомпозиции разлагает факторы, влияющие на изменения энергоемкости, на структурные факторы и факторы энергоэффективности (некоторые исследования также добавляют региональные факторы и факторы энергетической

²⁸ Mort, W., John, & Autonomous efficiency improvement or income elasticity of energy demand: Does it matter?. *Energy Economics*. 2000, 30(6): 2785-2798. [Морт, У., Джон и др. Автономное повышение эффективности или эластичность спроса на энергию по доходу: имеет ли это значение? Экономика энергетики. 2000-е гг., 30(6):2785-2798.]

структуры), в большинстве исследований используется разбивка Laspeyres и Divisia.

Автор, основываясь на предыдущих исследованиях ученых в Китае и за рубежом, отмечает, что факторы, влияющие на энергоемкость, в целом можно разделить на следующие категории:

(1) **Промышленная структура.** Ши Дань²⁹, Ян Ян и др.³⁰ и другие взяли пропорцию добавленной стоимости трех промышленности и другие связанные переменные в качестве объясняющих переменных для регрессионного анализа с энергоемкостью их исследовательские выводы были в основном последовательными, то есть изменения в структуре промышленности сыграют положительную роль в содействии снижению энергоемкости. Сюй Лина и др.³¹ применили структурно-векторную белую регрессионную модель для анализа динамических эффектов энергоемкости, энергетической структуры и структуры промышленности Китая. Анализ показал, что на энергоемкость оказывает сильное влияние промышленная структура. Xue Wenjun и Xu Ruiyang³² использовали индекс MLI для отражения изменений в структуре промышленности и проанализировали влияние структуры промышленности на экономический рост и энергоэффективность с помощью модели панельных данных. Результаты их исследований также показали, что изменения в

²⁹ Stan, Zhang Jinlong. The impact of industrial structure changes on energy consumption. *Economic theory and economic management*. 2003(8): 30-32. [Стэн, Чжан Цзиньлун. Влияние изменения структуры промышленности на экономическую теорию и экономическое управление.]

³⁰ 杨洋、王菲、李国平。能源价格、产业结构、技术进步与我国能源强度的实证检验。统计和决策。2008 (11): 103.105. [Ян Ян, Фэй Вонг и Гопин Ли. Эмпирическая проверка цен на энергоносители, промышленной структуры, технологического прогресса и энергоемкости Китая, 2008 (11): 103.105.]

³¹ 徐丽娜、赵涛、刘光伟等中国能源强度与能源结构、产业结构变化的动态效应分析。经济问题的探索。2013 (7): 40-44. [Сюй Лина, Чжао Тао, Лю Гуанвэй и др. Анализ динамических последствий изменений в энергоемкости и энергетической структуре Китая и исследовании экономических проблем. 2013(7): 40-44.]

³² 薛文俊, 徐瑞阳。产业结构对中国区域经济增长和能源效率的异质影响首都经济贸易大学学报。2013 (5): 44-51. [Сюэ Вэньцзюнь, Сюй Жуйян. Неоднородное влияние промышленной структуры на региональный экономический рост и энергоэффективность Китая. Журнал Столичного университета экономики и бизнеса, 2013 (5): 44-51.]

структуре промышленности могут улучшить энергоэффективность промышленности с более высокой производительностью и энергоэффективностью. Однако Ван Юйцян³³ считает, что влияние изменений производственной структуры на энергоэффективность постепенно исчезает и даже оказывает негативное влияние. Вывод данного исследования согласуется с выводом, полученным при использовании метода факторной декомпозиции для анализа факторов, влияющих на энергоемкость. Используя метод факторной декомпозиции, исследовательские выводы Ву Цяошэна³⁴ и Ли Гочжана³⁵ в основном согласуются: корректировка промышленной структуры Китая сыграла значительную роль в снижении интенсивности энергопотребления с момента реформы и открытости до 2002 года. Однако выводы исследований Чжоу Юна и др.³⁶ различны. Они считают, что в разные периоды перестройка структуры промышленности по-разному влияет на снижение энергоемкости Китая и имеет обратный эффект. Также считается, что слишком грубый уровень декомпозиции влияет на результаты декомпозиции, и чем больше ее уровень, тем сильнее влияние изменений структуры промышленности на снижение общей плотности энергопотребления. Поэтому Яо Юфанг и др.³⁷ считают, что методы расчета вклада

³³ 王玉谦. 能源消费强度变化因子分析方法及应用数量经济学和技术经济学研究. 2003 (8): 151-154. [Ван Юйцян. Метод факторного анализа и применение изменений интенсивности энергопотребления. Количественная экономика и технические экономические исследования. 2003(8): 151-154.]

³⁴ 吴乔生, 程金华. 中国能源消费强度变化及因素分解: 1980--2004 年. 经济理论与经济管理经济研究. 2006(10). 34-40. [У Цяошэн, Ченг Цзиньхуа. Изменения в энергоемкости Китая и факторное разложение: 1980–2004. Экономические исследования.]

³⁵ 李国章、王爽. 中国能源强度变化的区域因素分解分析——基于 LMDI 分解方法. 金融研究. 2008 (8): 52-62. [Ли Гоочжан, Ван Шуан. Региональный факторный анализ изменений энергоемкости Китая — на основе метода декомпозиции LMDI, 2008(8): 52-62.]

³⁶ 周勇, 李连水. 结构性和效率性因素对中国能源强度变化的贡献——实证分析 (基于 AWD) 产业经济研究. 2006 (4): 68-74. [Чжоу Юн, Ли Ляньшуй. Вклад структурных факторов и факторов эффективности в изменение энергоемкости Китая — Эмпирический анализ (на основе исследований промышленной экономики).]

³⁷ Yao Yufang, Chen Jie, Li Hua. A methodological study on the calculation of energy saving potential of structural change. Quantitative Economics and Technical Economics Research. 2007 (4): 115-123. [Яо Юфанг, Чэнь Цзе, Ли Хуацзюй. Методологическое исследование по расчету потенциала энергосбережения в результате структурных изменений. Количественная экономика и технические экономические исследования. 2007 (4):]

энергоэффективности и вклада структуры в текущем исследовании неточны, и их результаты показывают, что изменения структуры промышленности оказывают большое влияние на энергоемкость.

(2) Технический прогресс. У Цяошэн³⁸, Ли Гочжан³⁹ и другие использовали анализ экспоненциального разложения для изучения факторов, влияющих на энергоемкость, и выводы их исследований были в основном одинаковыми: интенсивность энергопотребления в Китае снизилась после реформ и открытости, в основном из-за технологических изменений. Feng Taiwen и др.⁴⁰ использовали метод иерархической регрессии для анализа взаимосвязи между технологическим прогрессом и энергоемкостью, и результаты также показали, что технический прогресс значительно снизил энергоемкость. В то же время для анализа используется модель пространственной панели, и результаты также показывают, что инвестиции в НИОКР, человеческий капитал и количество патентных решений оказывают положительное влияние на повышение энергоэффективности, а индивидуальные различия являются основными факторами, влияющими на пространственное распределение, структуру распределения энергоэффективности. Ци Шаочжоу и др.⁴¹ считали, что предыдущие исследования изолировали энергию от других факторов производства

³⁸ 吴乔生, 程金华. 中国能源消费强度变化及因素分解: 1980--2004 年. 经济理论与经济管理经济研究. 2006(10). 34-40. [У Цяошэн, Ченг Цзиньхуа. Изменения в энергоемкости Китая и факторное разложение: 1980–2004. Экономические исследования.]

³⁹ 李国章、王爽. 中国能源强度变化的区域因素分解分析——基于 LMDI 分解方法. 金融研究. 2008(8): 52-62. [Ли Гоочжан, Ван Шуан. Региональный факторный анализ изменений энергоемкости Китая — на основе метода декомпозиции LMDI, 2008(8): 52-62.]

⁴⁰ 冯泰文、孙琳艳、何哲. 技术进步对我国能源强度调整效应的实证研究科学研究. 2008(5): 987-993[Фэн Тайвэнь, Сунь Линьян, Хэ Чжэ. Эмпирическое исследование влияния технологического прогресса на энергоемкость научных исследований в Китае. 2008(5): 987-993.]

⁴¹ Qi Shao Zhou, Luo Wei. Analysis of differentiation between economics growth and energy consumption intensity in China. Economics Research. 2007(7): 74-81.[Ци Шаочжоу, Ло Вэй. Анализ различий между экономическим ростом и интенсивностью потребления энергии в Китае. Экономические исследования. 2007(7): 74-81.]

и игнорировали влияние взаимосвязей между факторами производства на энергоемкость.

Существуют региональные различия во влиянии технического прогресса на энергоемкость. Исследования Fisher—Vanden⁴², Ли Ляньшуй и Чжоу Юн⁴³ показали, что технологический прогресс и инновации позволяют технически снизить потребление энергии, и предположили, что технический прогресс вызовет обратный эффект, который в конечном итоге повлияет на энергоэффективность. Чжоу Юн и Линь Юаньюань⁴⁴ использовали простой альтернативный метод для оценки рикошетного эффекта технологического прогресса. Их исследования показали, что общий рикошетный эффект энергопотребления Китая с 1979 по 2004 г. меняется из года в год, а степень рикошетного эффекта китайской энергии выше, чем у зарубежных стран. Изучение вопроса о том, как энергия вводится в производственную функцию, способ, которым энергия входит в производственную функцию, выводится из экономического смысла и теории, и нейтральный технологический прогресс Солоу выбирается при использовании производственной функции для изучения рикошетного эффекта технического прогресса. Результаты анализа показывают, что эффект отскока энергии, оцененный по Солоу, нейтральный технологическому прогрессу, составляет в среднем около 132%, что намного больше, чем расчетное

⁴² Fischer-Vanden, K., Efferson, G.H., Ma, Jingkoy. Technology development and energy production in China. *Energy Economics*, 2006, 28(5_6): 690-705. [Фишер-Ванден, К., Джефферсон, Г. Х., Ма, Цзинкуй. Развитие технологий и производство энергии в Китае. *Экономика энергетики*. 2006, 28(5_6): 690-705.]

⁴³ Li Lianshui, Zhou Yong. Can Technological Progress Improve Energy Efficiency? — An Empirical Test Based on China's Industrial Sector. *Manage the world*. 2006(10): 82-89. [Ли Ляньшуй, Чжоу Юн. Может ли технологический прогресс повысить энергоэффективность? — Эмпирический тест на основе промышленного сектора Китая. *Управляйте миром*.]

⁴⁴ 周勇, 林媛媛. 技术进步对能源消耗的回报效应估计. *经济学家*. 2007 (2): 45-52. [Чжоу Юн, Линь Юаньюань. Оценка обратного эффекта технического прогресса на потребление энергии. *Экономист*.]

значение, оцененное по Хикс-нейтральному технологическому прогрессу в существующей литературе.

(3) Структура энергопотребления. Существует относительно мало литературы о влиянии структуры энергопотребления на энергоэффективность, основная причина заключается в том, что структура энергопотребления на основе угля в Китае была относительно стабильной, а влияние структуры энергопотребления на энергоэффективность неочевидно. Результаты исследования Чжан Чжэньхуа и др.⁴⁵ показывают, что существует значительная отрицательная корреляция между долей потребления угля и энергоэффективностью, имеется значительная положительная корреляция между долей потребления нефти и энергоэффективностью, нет существенной связи с энергоэффективностью. Ran Qiying и Liu Ling⁴⁶ исследовали взаимосвязь между структурой энергопотребления и энергоемкостью в Синьцзяне, показали, что на каждый 1% увеличения доли угля энергоемкость будет увеличиваться на 0,26%, а доля нефти, природного газа и гидроэнергии увеличатся на 1%, энергоемкость снизится на 0,23%, 0,28% и 0,77% соответственно.

Чжу Пэн⁴⁷ использовал обобщенную реляционную модель Грея и анализ путей для изучения степени корреляции между различными источниками энергии и энергоэффективностью. Результаты исследования показывают, что степень комплекс-

⁴⁵张仁华。中国能源观念及地区差异对经济格罗夫的影响研究。江苏大学出版社。2010。[Чжан Цз очень хорошо провел исследование влияния Китая на потребление энергии и региональные различия в экономическом росте, издательство Университета Цзянсу, 2010 г.]

⁴⁶ 冉其英, 刘凌。能源消费结构对能源强度的影响研究——以新疆为例特区经济。 2013 (3): 193-194[Ран Циин, Лю Лин. Исследование влияния структуры энергопотребления на энергоемкость — на примере экономики особых зон Синьцзяна.]

⁴⁷朱鹏, 卢爱珍。FDI 对我国能源效率的影响分析——基于能源资源丰度差异的比较山西财经大学学报。2013, 350): 11-17。[Чжу Пэн, Лу Айчжэнь. Анализ влияния прямых иностранных инвестиций на энергоэффективность моей страны — на основе сравнения различий в изобилии энергетических ресурсов. Журнал Шаньсийского университета финансов и экономики, 2013, 350): 11-17.]

ной корреляции угля намного выше, чем у других источников энергии, и имеет существенное негативное влияние на энергоэффективность. Степень корреляции между добычей и потреблением нефти существенно различается. Потребление нефти оказывает очевидное положительное влияние на энергоэффективность, комплексная степень корреляции с природным газом и чистой энергией находится на низком уровне, но первая отрицательно влияет на энергоэффективность, а чистая энергия – положительно.

(4) **ПИИ (прямые иностранные инвестиции).** Mielnik и Goldemberg⁴⁸ изучили взаимосвязь между ПИИ и энергоемкостью в 20 развивающихся странах, и их исследование показало, что увеличение ПИИ может значительно снизить энергоемкость, что связано с наличием побочных эффектов технологий ПИИ. Чжан Сянь и Чжоу Юн⁴⁹ использовали модель пространственной регрессии для анализа взаимосвязи между ПИИ и энергоемкостью в различных регионах Китая. Исследование показывает, что региональные ПИИ оказывают значительное положительное влияние на энергоемкость, а ПИИ имеют очевидные пространственные побочные эффекты. Согласно исследованию, существуют региональные различия в побочном воздействии ПИИ на энергоемкость. Среди них ПИИ в восточном регионе не оказывает существенного влияния на энергоемкость региона, ПИИ в центральном ре-

⁴⁸ Mielnik, O., Goldemberg, J. Foreign direct investing and dccoupling between energy and gross domestic product in developing countries. *Energy Policy*. 2002, 30(2): 87-89. [Мьельник, О., Голдемберг, Дж. Прямые иностранные инвестиции и связь между энергетикой и валовым внутренним продуктом в развивающихся странах. *Энергетическая политика*. 2002, 30(2): 87-89.]

⁴⁹ Zhang Xian, Zhou Yong. Analysis of the spatial effect of foreign direct investment on my country's energy intensity. *Quantitative economics and technical economics research*. 2007(1): 101-108[Чжан Сянь, Чжоу Юн. Анализ пространственного влияния прямых иностранных инвестиций на энергоемкость моей страны. *Количественная экономика и технические экономические исследования*. 2007 (1): 101-108.]

гионе повышает энергоемкость региона, а ПИИ на западе регион может значительно снизить энергоемкость. Zhu Peng и Lu Aizhen⁵⁰ обсудили влияние ПИИ на энергоемкость на межпровинциальном уровне на основе степени изобилия энергии. Исследование показало, что в районах с низким изобилием энергии, ПИИ оказывает значительное влияние на улучшение энергоэффективности, хотя энергетические ресурсы имеются в изобилии. В других регионах ПИИ не оказывают существенного влияния на энергоэффективность.

(5) **Цены на энергию.** Fisher-Vanden и др.⁵¹ использовали данные промышленного сектора Китая для изучения и обнаружили, что промышленная структура, технологический прогресс и структура собственности могут объяснить снижение энергоемкости Китая, но цены на энергоносители и технологическая деятельность являются основными причинами снижения энергоемкости Китая, повышения энергоэффективности. Ханг Лейминг и др.⁵² считают, что в обрабатывающей промышленности рост относительной цены энергии положительно влияет на снижение общей энергоемкости и других видов энергоемкости. Исследования показали, что, хотя рост цен на энергоносители увеличивает уровень цен в экономике в целом, он может снизить энергоемкость всей экономики и в определенной степени оптимизировать структуру промышленности. Тао Лэй и Сунь Лицинъ⁵³ использовали модель

⁵⁰ 朱鹏, 卢爱珍. FDI 对我国能源效率的影响分析——基于能源资源丰度差异的比较山西财经大学学报. 2013, 350): 11-17. [Чжу Пэн, Лу Айчжэнь. Анализ влияния прямых иностранных инвестиций на энергоэффективность моей страны — на основе сравнения различий в изобилии энергетических ресурсов. Журнал Шаньсийского университета финансов и экономики, 2013, 350): 11-17.]

⁵¹ Fischer-Vanden, K., Efferson, G.H., Ma, Jingkoy.. Technology development and energy production in China. Energy Economics, 2006, 28(5_6): 690-705. [Фишер-Ванден, К., Джефферсон, Г. Х., Ма, Цзинкуй. Развитие технологий и производство энергии в Китае. Экономика энергетики. 2006, 28(5_6): 690-705.]

⁵² Hang Leiming, Tu Meizeng. The impact of energy prices on energy intensity——Taking domestic manufacturing industry as an example. Quantitative economics and technical economics research. 2006(02):93-100[Ханг Лейминг, Ту Мейзэнг. Влияние цен на энергоемкость на примере отечественной обрабатывающей промышленности. Количественная экономика и технико-экономические исследования. 2006 (02): 93-100]

⁵³ 陶蕾,孙立勤. 中国能源价格波动与能源强度关系研究——基于状态空间模型的变量参数分析.商业时代. 2012(1):

пространства состояний для изучения взаимосвязи между ценами на энергоносители и энергоемкостью в Китае. Выводы их исследований показывают, что цены на энергоносители являются важным фактором, влияющим на энергоемкость, а взаимосвязь между ними зависит от экономической среды. Li Gen, Huang Hui и Cheng Yifei⁵⁴ использовали панельные данные по 29 провинциям и городам Китая для анализа взаимосвязи между ценами на энергию и энергоемкостью в Китае. Результаты показали, что существует значительная отрицательная связь между ценами на энергию и энергоемкостью в Китае. Кроме того, степень влияния цен на энергоносители и на энергоемкость неодинакова в разных регионах. В частности, центральный и восточный регионы имеют более сильное влияние, тогда как западный регион имеет более слабое влияние. Однако Kong Ting и др.⁵⁵ считают, что для большинства отраслей рост цен на энергоносители не приводит к значительному снижению энергоемкости, а регулирующий эффект цен на энергоносители в большей степени проявляется в снижении энергоемкости промышленности за счет содействия трансформации состава энергопотребления. Они использовали метод иерархической регрессии для анализа влияния цен на энергоносители на энергоемкость транспортной отрасли. Результаты исследования показали, что цены на энергоносители слабо влияли на снижение энергоемкости перевозок, и не обнаружили своего влияния на

1 12-1 14. [Тао Лэй, Сунь Лицинь. Исследование взаимосвязи между колебаниями цен на энергоносители и энергоемкостью в Китае — Анализ переменных параметров на основе государственной космической модели бизнеса. 2012(1): 1 12-1 14]

⁵⁴ 李根, 黄辉, 程逸飞. 我国能源价格对能源强度影响的实证研究——基于 1980—2011 年 29 个省、市、自治区面板数据协整分析. 价格理论与实践. 2013 (2): 73-74. [Ли Ген, Хуан Хуэй, Чэн Ифэй. Эмпирическое исследование влияния цен на энергоносители на энергоемкость в моей стране — на основе коинтеграционного анализа панельных данных 29 провинций, муниципалитетов и автономных регионов с 1980 по 2011 год. Теория и практика цен. 2013(2): 73-74.]

⁵⁵ Kong Ting, Sun Linyan, He Zhe, etc. An empirical study on the moderating effect of energy prices on manufacturing energy intensity. Management Science. 2008, (210): 2-7. [Конг Тин, Сунь Линьян, Хэ Чжэ и др. Эмпирическое исследование сдерживающего влияния цен на энергоносители на энергоемкость производства, 2008, (210): 2-7.]

транспортную структуру, экономическую зависимость от транспорта и технического прогресса, где имеется значительный модулирующий эффект. Помимо вышеперечисленных факторов, влияющих на энергоемкость, существуют различные факторы, такие как степень открытости внешнему миру, государственное регулирование, региональное влияние. Кроме того, Boyd и Pang⁵⁶ считали, что повышение эффективности использования энергии зависит от повышения общей производительности факторов, то есть для повышения эффективности использования энергии должно быть согласовано соотношение других факторов. Кроме того, некоторые ученые проводили исследования энергоэффективности промышленности или регионов и пытались объяснить и проверить конвергенцию факторов, влияющих на различия в энергоэффективности между промышленностями (регионами). Gao Zhenyu и Wang Yi⁵⁷ рассчитали энергоэффективность каждой провинции с 1995 по 2003 г., провели кластерный анализ, разделили всю страну на энергоэффективные, среднеэффективные и низкоэффективные регионы и посчитали, что уровень экономического развития, промышленная структура, инвестиции и цены на энергию являются основными факторами, влияющими на энергоэффективность. Стэн⁵⁸ также рассчитал межрегиональную энергоэффективность, а также показал потенциал энергосбережения при условии энергоэффективности в каждом регионе. Он считал, что основными факторами, влияющими на региональную энергоэффективность,

⁵⁶ Boyd, G. A. and Pang, J. S. Estimation of the Linkages between Energy Efficiency and Productivity of Police Power 2000(28):289-296 [Бойд, Дж. А. Андингпанг, Дж. Х. . . оценить связь между энергоэффективностью и производительностью. энергетическая политика. 2000(28):289-296]

⁵⁷ 高振宇, 王毅.我国能源生产率区域划分及影响因素分析数量经济学和技术经济研究。 2006 (9): 46-56。 [Гао Чжэньюй, Ван И. Региональное деление и анализ факторов, влияющих на энергетическую продуктивность моей страны. Количественная экономика и технические экономические исследования. 2006(9): 46-56.]

⁵⁸ 史丹, 张志龙.产业结构的影响取决于能源消费.经济理论与经济管理。 2003(8): 30-32。 [Ши Дэнь, Чжан Цзиньлун. Влияние изменения промышленной структуры на экономическую теорию потребления энергии и экономическое управление.]

являются структура промышленности, ВВП на душу населения, структура энергопотребления, степень открытости внешнему миру и географическое положение. В вышеупомянутых исследованиях факторов, влияющих на энергоэффективность, в большинстве исследований используется индекс одного фактора для отражения энергоэффективности. Ли Ляньшуй и Чжоу Юн⁵⁹ использовали производительность энергии для представления показателей энергоэффективности и выполнили разложение Malmquist для 35 промышленных секторов. Взяв разложенный технический прогресс, техническую эффективность и эффективность масштаба в качестве независимых переменных для оценки взаимосвязи между каждым фактором и энергоэффективностью, было обнаружено, что техническая эффективность, а не технологический прогресс, является основной причиной повышения энергоэффективности в промышленном секторе. но роль последних будет постепенно возрастать. Shibo и др.⁶⁰ использовали провинциальные данные за период с 1980 по 2005 год в рамках стохастической пограничной производственной функции, чтобы разложить дисперсию региональных различий в эффективности использования энергии в Китае. Выявлено, что существуют большие различия в энергоэффективности в различных регионах Китая с момента проведения реформы. «Унимодальное» распределение сменяется «бимодальным». Различия в совокупной факторной производительности, фондо- и энергоемкости в каждом регионе оказывают большее вли-

⁵⁹ Li Lianshui, Zhou Yong. Can Technological Progress Improve Energy Efficiency?—An Empirical Test Based on China's Industrial Sector. *Manage the world*. 2006(10): 82-89. [Ли Ляньшуй, Чжоу Юн. Может ли технологический прогресс повысить энергоэффективность? — Эмпирический тест на основе промышленного сектора Китая. *Управляйте миром*.]

⁶⁰ 世博, 沉坤荣. 市场细分下的中国全要素能源效率: 基于超效率 DEA 方法的实证分析世界经济. 2008 (9): 49-59. [Шибо, Шен Куньжун. Общая факторная энергоэффективность Китая в условиях сегментации рынка: эмпирический анализ, основанный на методе сверхэффективности мировой экономики.]

яние на разницу в энергоэффективности между регионами. Роль разницы коэффициентов сокращается, в то время как роль разницы совокупной факторной производительности постоянно возрастает. Конвергенция энергоэффективности в восточном регионе в основном является результатом конвергенции моделей роста, в то время как экономическая структура и рост центральных и западных регионов неравномерны из-за неравномерного процесса системного перехода, что привело к колебаниям внутренних различий в энергоэффективности. Влияние таких факторов, как глобализация и экономическая открытость на общий коэффициент энергоэффективности. Lv Rongsheng и Chen Xiaojie⁶¹ проанализировали общий фактор энергоэффективности логистической промышленности Китая, и считают, что общая энергоэффективность логистической промышленности Китая невысока, и она демонстрирует тенденцию изменения с востока на запад. Тенденция к снижению в центральных и западных регионах среди факторов, влияющих на энергоэффективность логистической промышленности, технический прогресс играют положительную роль в продвижении. Фан Дэн и Ван Вейго⁶² включили энергию и углекислый газ в систему оценки общего коэффициента энергоэффективности промышленных предприятий посредством фактического анализа четырех-этап методов DEA и Bootstrapped. Результаты показывают, что основной причиной увеличения коэффициента общей факторной энергии промышленных предприятий в различных регионах являются инвестиции в технологические исследования и разработки, что в

⁶¹ 卢荣生,《我们对抗物流业》全要素能源效率实证分析。商业研究 2014 (2): 51.56。[Лу Рон Г. Провинция, эмпирический анализ общей энергоэффективности ни в одной стране не является бизнес-исследованием логистической отрасли, 2014(2): 51.56.]

⁶² Fan Dan, Wang Weiguo. Total factor energy efficiency of inter-provincial industries in China——Based on four-stage DEA and Bootstrapped DEA. system engineering. 2013, 31(s): 72-80.[Фань Дан, Ван Вэйго. Общая эффективность использования энергии в межпровинциальных отраслях промышленности Китая — На основе четырехступенчатого DEA и Bootstrapped DEA. Системное проектирование. 2013, 31(c): 72-80.]

наибольшей степени способствует сокращению выбросов углерода. Напротив, окружающая среда, воздействие расходов на ее защиту и на общую энергоэффективность фактора являются слабыми, в то время как степень национализации будет препятствовать повышению общей энергоэффективности фактора. Население и экономический масштаб уже сопоставимы с таковыми в некоторых странах, и между провинциями существуют большие различия в энергоэффективности.

Необходимо проанализировать специфические условия различных частей страны в максимально возможной степени. Поэтому автором выполнен анализ региональной энергоэффективности на уровне городов. Результаты исследования показывают, что уровень энергоэффективности городов Китая постоянно улучшается, но общий уровень энергоэффективности все еще низок, а скорость ее повышения замедляется. Лян Гуанхуа⁶³ с точки зрения экономической сбалансированности роста, приступая к обсуждению метода расчета общей энергетической эффективности Китая, делает вывод о том, что суть повышения общей энергетической эффективности факторов заключается в замещении энергозатрат капиталовложениями и трудозатратами.

Наряду с представленными выше международными и китайскими исследованиями, значительный вклад в изучение взаимосвязей энергетики и экономики внесли российские ученые. Их работы охватывают широкий спектр аспектов, от тарифной политики и энергоемкости ВВП до влияния инфраструктуры и инновационного развития на энергетический сектор и экономику в целом.

⁶³ 梁光华. 中国全要素能源效率测算方法研究——基于经济平衡增长思路. 统计与信息论坛. 2014, 29(5): 25-30.[Лян Гуанхуа. Исследование метода расчета общего фактора энергоэффективности Китая — основано на идее сбалансированного экономического роста. Форум статистики и информации. 2014, 29(5): 25-30.]

Алибегов М.М. и Григорьев Л.М.⁶⁴ исследовали зависимость между энергоемкостью ВВП и тарифами на электроэнергию в рамках международных сопоставлений. Авторы выявили устойчивые соотношения между общей энергоемкостью ВВП, его «электроемкостью» и ценой электроэнергии для населения, которые сохраняются для большинства стран. Также был показан эффект повышения тарифов на энергоемкость ВВП в ряде стран с переходной экономикой.

Башмаков И.⁶⁵ аргументировал необходимость выделения ненефтегазового ВВП как индикатора экономической динамики России и ее абсорбционной способности. Он отметил, что чрезмерный приток нефтегазовых доходов способен порождать инвестиционный бум, сопровождающийся снижением эффективности использования основного капитала. Также была дана оценка влияния укрепления рубля на инфляцию и экономический рост.

В другой работе Башмаков И.⁶⁶ рассмотрел российский ресурс энергоэффективности, оценив его технический потенциал в 294 млн т.у.т., или 45% от потребления первичной энергии в 2005 г. Автор показал, что потенциал повышения энергоэффективности у конечных потребителей практически удваивается при учете косвенных эффектов в ТЭК. Для достижения цели по снижению энергоемкости ВВП на 40% к 2020 г., по его мнению, необходима активная государственная политика.

Григорьев Л.М. и Курдин А.А.⁶⁷ проанализировали связь между экономическим

⁶⁴Алибегов М.М. & Григорьев Л.М., 2003. "Энергопотребление И Тарифы На Электроэнергию," Журнал Экономика и математические методы (ЭММ), Центральный Экономико-Математический Институт (ЦЭМИ), vol. 39(4), октябрь.

⁶⁵ Башмаков И. Ненефтегазовый ВВП как индикатор динамики российской экономики. *Вопросы экономики*. 2006;(5):78-86. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2006-5-78-86>

⁶⁶ Башмаков И. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды. *Вопросы экономики*. 2009;(2):71-89. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-2-71-89>

⁶⁷ Григорьев, Л. М. Экономический рост и спрос на энергию / Л. М. Григорьев, А. А. Курдин // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2013. – Т. 17, № 3. – С. 390-406. – EDN RNLYLX.

ростом и динамикой спроса на энергию, отметив ее существенную роль для ретроспективного анализа и долгосрочного прогнозирования. Они указали, что, несмотря на активные исследования, результаты не позволяют делать однозначные выводы, а структурные сдвиги и новые тенденции обуславливают необходимость регулярной переоценки этой связи.

Кузнецов П.А. и Борисов Ю.А.⁶⁸ посвятили свое исследование влиянию развития электроэнергетической инфраструктуры на рост экономики. Особый акцент был сделан на зависимости отраслей экономики от конечного потребления электроэнергии и мощности линий электропередач. В работе также проведено сравнение уровня риска экономической безопасности страны и ранга развития ее электроэнергетической инфраструктуры.

Грачев С.А.⁶⁹ рассмотрел вопросы взаимосвязи отдельных параметров инновационного и инфраструктурного развития на региональном уровне, учитывая санкционное воздействие и внедрение основ устойчивого развития. Автор сформировал подход к моделированию параметра инновационного развития от показателей инфраструктурной составляющей и человеческого капитала. В результате было доказано наличие взаимосвязи между этими параметрами и выявлены региональные особенности их формирования.

⁶⁸ Кузнецов Павел Андреевич, Борисов Юрий Алексеевич Влияние развития электроэнергетической инфраструктуры на рост экономики // Инновации и инвестиции. 2020. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-razvitiya-elektroenergeticheskoy-infrastruktury-na-rost-ekonomiki> (дата обращения: 03.06.2025).

⁶⁹ Грачев, С. А. Влияние энергетической инфраструктуры регионов на инновационную составляющую региональной экономики / С. А. Грачев // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 11. – С. 6859-6876. – DOI 10.18334/epp.14.11.121899. – EDN LVGZBO.

Дружинин П.В., Щербак А.П. и Тишков С.В.⁷⁰ исследовали изменение электроемкости российской экономики за последние 25 лет, используя для моделирования взаимосвязи экономики и энергетики мультипликативные двухфакторные функции. Авторы построили уравнения, связывающие потребление электроэнергии с объемом ВВП и инвестициями. Ими было выявлено влияние структурных сдвигов и модернизации основных отраслей на динамику электроемкости экономики РФ.

Рева А.Р.⁷¹ на примере Индии исследовал, влияет ли потребление первичной энергии на экономический рост или наоборот, используя годовые данные за период с 1970 по 2017 годы. Применяя двухэтапную технику Энгла-Грейнджера и тест Грейнджера на причинность, автор пришел к выводу, что потребление первичной энергии обеспечивает основу для экономического роста как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Этот результат, по мнению автора, эмпирически доказывает, что потребление первичной энергии является ограничивающим фактором экономического роста.

Худокормов Г.А.⁷² изучил взаимосвязь и противоречия между экономическим ростом и альтернативной энергетикой. В статье рассматривается влияние альтернативной энергетики на экономический рост, анализируются проблемы, с которыми сталкиваются государства, активно использующие возобновляемые ресурсы. Также

⁷⁰ Дружинин Павел Васильевич, Щербак Антон Павлович, Тишков Сергей Вячеславович Моделирование взаимосвязи экономики и энергетики на основе мультипликативных двухфакторных функций // Проблемы прогнозирования. 2018. №3 (168). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vzaimosvyazi-ekonomiki-i-energetiki-na-osnove-multiplikativnyh-dvuhfaktornyh-funktsiy> (дата обращения: 03.06.2025)

⁷¹ Рева А.Р. Связь между потреблением энергии и ВВП. Эластичность потребления первичной энергии в Индии // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 4А. С. 371-383.

⁷² Худокормов Г. А. Экономический рост и альтернативная энергетика: взаимосвязь и противоречия // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 2(63). С. 30—35. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.592.

выявлены основные риски преждевременного перехода к «зеленой» энергетике и поспешного отказа от традиционных источников энергии.

Васильева Ю.П. и Тихонова Р.И.⁷³ акцентировали внимание на значимости энергетических ресурсов для экономического развития России. Они отметили, что страна богата разнообразными полезными ископаемыми, а ее минерально-сырьевая база является комплексной и достаточной для проведения независимой экономической политики. Подчеркивается, что минеральные ресурсы обеспечивают экономическую и оборонную безопасность страны, формируя основу экспорта и доходов бюджета.

Корнилова А.Ю.⁷⁴ проанализировала влияние потребления энергии на ВВП в различных регионах и странах мира. В работе показано, что между ростом потребления энергии и экономическим развитием при отсутствии внешних эффектов в области энергоэффективности существует прямая линейная причинно-следственная связь. Энергосбережение, согласно исследованию, не является ограничивающим фактором для экономического роста, но требует комплекса внешних стимулов.

Таким образом, российская экономическая наука предлагает многогранный анализ энергетических вызовов и их влияния на экономическое развитие страны, фокусируясь как на макроэкономических закономерностях, так и на специфике отдельных секторов ТЭК и региональных аспектах. Эти исследования дополняют международный дискурс, внося вклад в понимание сложных взаимосвязей между

⁷³ Васильева, Ю. П. Энергетические ресурсы и экономическое развитие России / Ю. П. Васильева, Р. И. Тихонова // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2016. – № 4. – С. 246-264. – EDN WQTDUT.

⁷⁴ КОРНИЛОВА А. Ю. Взаимосвязь потребления энергии и ввп в странах мира // экономическая наука современной россии. 2024. № 2 (105)

энергетикой и экономическим ростом в контексте уникальных условий России.

Экономический рост всегда был в центре внимания всех стран. Большинство стран мира рассматривают ускорение экономического роста как важную цель, особенно в развивающихся странах, которые долгое время рассматривали экономический рост как важную цель его измерения. Однако в процессе реализации этой цели, повышая уровень жизни жителей страны, она также влияла на загрязнение окружающей среды, истощение ресурсов и увеличение разрыва между богатыми и бедными.

1.3. Институциональные и структурные ограничения развития энергетической отрасли КНР на современном этапе

Сектор энергетики является основным источником выбросов парниковых газов. В ответ на глобальное изменение климата более 60 стран установили конкретные сроки достижения углеродной нейтральности. Для достижения этой цели мировая энергетическая промышленность в настоящее время вступает в период ускоренной трансформации. Россия является крупнейшим в мире производителем и экспортером энергии, а также является крупным источником выбросов парниковых газов. На фоне ускоряющейся глобальной энергетической трансформации в 2021 году Россия официально предложила цель достижения углеродной нейтральности к 2060 году.

Согласно политике, объявленной правительством России в «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года»⁷⁵, Россия достигнет углеродной нейтральности при устойчивом экономическом развитии. В документе говорится, что Россия значительно сократит выбросы парниковых газов к 2050 году: уровень выбросов в 2050 году будет на 60% ниже, чем в 2019 году, и на 80% ниже, чем в 1990 году.

Хотя Россия имеет определенные преимущества с точки зрения структуры энергопотребления, существует ряд серьезных проблем в достижении энергетической трансформации, поскольку энергетическая промышленность в значительной степени зависит от экспорта ископаемой энергии.

⁷⁵ «СТРАТЕГИЯ социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года»/URL:50.<http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtlpyzWfHaiUa.pdf>

Российская энергетическая промышленность сталкивается с некоторыми проблемами:

1. Сокращение спроса на ископаемое топливо на мировом рынке и резкие колебания цен. В соответствии с тенденцией энергетического перехода мировое потребление нефти и газа будет постепенно снижаться после достижения своего пика. По прогнозу Международного энергетического агентства, доля невозобновляемой энергетики снизится примерно до 20% к 2050 году (почти 80% в 2020 году)⁷⁶. Это означает, что в ближайшие 30 лет мировой рынок невозобновляемых источников энергии будет постепенно сокращаться, а уголь, нефть и природный газ последовательно достигнут пиков потребления и начнут постепенно снижаться. Частые колебания цен на нефть и газ не идут на пользу нефтедобывающим странам, таким как Россия – доходы бюджета и экономическое развитие станут более нестабильными, и будет сложно принимать долгосрочные сбалансированные макроэкономические решения.

2. Внешнее финансирование нефтегазовой отрасли существенно сократилось. Некоторые западные нефтяные компании отказались от конкуренции за разработку нефтяных месторождений и вместо этого инвестировали в новые энергетические проекты. Европейский инвестиционный банк объявил, что больше не будет инвестировать в какие-либо проекты в области невозобновляемой энергетики, начиная с 2022 года. Все больше европейских и американских банков и инвесторов заявляют, что откажутся от инвестиций в традиционные энергетические проекты.

3. На основе анализа изменившейся роли и новых вызовов для российского

⁷⁶ World Energy Outlook 2021/51.. URL:<https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf>

ТЭК в условиях санкционного давления, когда была подчеркнута его прежняя зависимость от импортных технологий, автор предлагает новую отраслевую политику. Эта политика заключается в обеспечении технологического суверенитета через масштабные инвестиции в отечественные НИОКР для разработки ключевого оборудования, финансируемые за счет выручки ТЭК и господдержки. Делается вывод о необходимости полного импортозамещения критических узлов, допустимости импорта некритичных компонентов при условии создания их запасов, и стимулировании внутреннего спроса на новые российские технологии⁷⁷.

4. Существует большая неопределенность в перспективах развития возобновляемой энергетики. Путь развития возобновляемой энергетики отличается от пути развития традиционной невозобновляемой энергетики. Для экономического развития России, которое в настоящее время находится на ранних стадиях, создание хороших условий технологического развития и рыночной среды более важно, чем привлечение инвестиций со стороны крупных компаний, занимающихся добычей ископаемого топлива.

До реформ и открытости и в начале реформ и открытости спрос и предложение энергии в Китае в основном соответствовали балансу между спросом и предложением. Благодаря непрерывному углублению реформ и открытости, устойчивому и быстрому экономическому развитию, растущему улучшению уровня жизни людей, мощность и уровень производства энергии в Китае также значительно возросли. Но в то же время, баланс спроса и предложения энергии в Китае был нарушен. Чистый экспортер угля стал нетто-импортером, в то время как такие энергоносители, как

⁷⁷ Россия 2035: к новому качеству национальной экономики. Научный доклад / Под ред. члена-корреспондента РАН А.А. Широка. – М.: Артис Принт, 2024. – с 150-с 155.

нефть и природный газ, все больше зависят от импорта.

Китайская энергетическая промышленность также сталкивается с некоторыми проблемами:

1. Энергетические ресурсы Китая на душу населения низки и неравномерно распределены. Китай обладает большим общим количеством энергетических ресурсов и богатым их разнообразием. Однако из-за большой численности населения уровень владения энергетическими ресурсами на душу населения низок. Среди ТЭР угольные ресурсы имеют крупнейшие доказанные извлекаемые запасы, при этом на душу населения приходится около 234,4 тонны, в то время как запасы угля на душу населения в мире составляют 312,7 тонны, а запасы угля на душу населения в Соединенных Штатах достигают 1045 тонн, что намного выше уровня Китая на душу населения. Запасы нефти и природного газа на душу населения намного ниже, чем в среднем по миру. Кроме того, энергетические ресурсы Китая распределены неравномерно и большая их часть находится далеко от юго-восточных прибрежных районов, где развита экономика и сконцентрировано население. 64% угольных ресурсов Китая сосредоточены в Северном Китае, около 70% гидроэнергетических ресурсов находится на юго-западе, а экономически развитые районы сосредоточены на востоке. Поэтому ситуация «передачи электроэнергии с запада на восток» и «передача угля с запада на восток» будет существовать еще долго.

2. Противоречие между поставками и спросом на энергоносители в Китае усилилась. После реформ и открытости, с быстрым развитием экономики Китая и растущим улучшением уровня жизни людей, общее потребление энергии в Китае также резко возросло, а рост производства энергии не поспевает за ее спросом. С

1992 года общее потребление энергии в Китае превысило общее производство и разрыв между этими двумя показателями становится все больше и больше. Ситуация с недостаточным энергоснабжением еще более заметна в нефтяной промышленности. В 2009 году объем импорта угля в Китае впервые превысил объем экспорта, став чистым импортером угля. С тех пор объем импорта угля значительно увеличился. В 2023 году Китай импортирует 474 млн тонн угля, что на 61,8% больше, чем в прошлом году, и экспортирует 4,47 млн тонн, при этом чистый импорт достигнет 470 млн тонн. В области нефти до 1990-х годов Китай не только полностью удовлетворял свои собственные потребности, но и экспортировал большие объемы нефти в обмен на столь необходимую иностранную валюту. Однако с 1993 года Китай стал нетто-импортером нефти. Статистика показывает, что чистый импорт нефти Китая в 2022 году составит 508 миллионов тонн, что сделает его крупнейшим в мире импортером сырой нефти⁷⁸. Противоречие между спросом и предложением в потреблении энергии в Китае очень заметно, а его зависимость от зарубежных стран возрастает, что неизбежно окажет серьезное негативное влияние на экономическое развитие Китая и жизнь людей.

3. Необоснованная структура энергопотребления. Из-за обеспеченности Китая ресурсами, технологического уровня, уровня экономического развития и исторических причин, уголь всегда занимал подавляющую часть потребления энергии в Китае, но уголь по-прежнему будет занимать доминирующее положение в течение длительного периода времени в будущем. До 1960-х годов, за исключением угля, другие виды энергии составляли очень небольшую долю энергопотребления Китая,

⁷⁸ 2023 年《中国能源统计》年鉴[ежегодник «Китайская энергетическая статистика» за 2023 год]

и их можно было практически игнорировать. Судя по реалиям Китая, в последние годы он вступил на ранние этапы тяжелой индустриализации, но доминирующее положение угля в потреблении энергии не изменилось. На долю угля приходится около 70% потребления энергии, тогда как доля нефти составляет в последние годы около 20%. Эта крайне неразумная структура потребления энергии, которая слишком сильно зависит от невозобновляемого топлива, определенно окажет огромное давление на устойчивое развитие экономики Китая. В основном это отражается на том, что в структуре энергопотребления, где преобладает уголь, будет оказываться большое давление на окружающую среду. Во время добычи, транспортировки, хранения и использования угля возникнет ряд экологических опасностей, таких как разрушение земель, загрязнение ресурсов подземных вод, транспортное загрязнение, загрязнение воздуха и т. д. Среди них наиболее прямым последствием является загрязнение воздуха, вызванное использованием угля. По оценкам, 70% выбросов сажи и углекислого газа, 90% диоксида серы и 67% оксидов азота в атмосфере Китая приходится на сжигание угля.

4. Энергоэффективность низкая. Структура энергопотребления в значительной степени зависит от угля. Доля угля в структуре энергопотребления Китая долгое время была слишком высокой, в основном колеблясь около 70%, в то время как эффективность использования угля, как правило, слишком низка по сравнению с другими источниками энергии. Вторичные промышленности, особенно энергоемкие, занимают относительно большую долю в структуре промышленности. Экономическое развитие Китая в основном опирается на энергоемкие промышленности. Но

уровень энергоэффективности в них низкий. В 2022 году промышленное потребление энергии составило 65% от общего энергопотребления всего общества, среди которых энергопотребление шести основных энергоемких промышленности, таких как сталелитейная, цветная металлургия, строительные материалы, нефтехимия, химическая промышленность. а электроэнергия был составлять 71% от общего потребления энергии в промышленности. Нерациональная энергетическая система приводит к растрате ресурсов и низкой эффективности их распределения.

Вывод

В этой главе систематически рассматривалось определение и классификация энергии, ее связь с экономическим развитием, уделялось особое внимание характеристикам распределения энергетических ресурсов Китая и проблемам, с которыми он сталкивается. Отмечалось, что энергетика является основным элементом, поддерживающим современную социальную и экономическую деятельность, а в Китае существуют такие проблемы, как низкий уровень ресурсов на душу населения и неравномерное распределение. В этой главе также была выявлена сложная взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом, а также то, что технический прогресс, оптимизация промышленной структуры и корректировка цен на энергоносители являются ключевыми факторами повышения энергоэффективности. Наконец, в статье подчеркиваются общие проблемы, с которыми сталкиваются Китай и Россия в процессе энергетической трансформации, включая необходимость сокращения глобальных выбросов, сокращение традиционных энергетических рынков и риски энергетической безопасности.

Глава 2. Эколого-экономическая оценка эффективности и пространственный анализ развития энергетической отрасли Китая⁷⁹

2.1. Взаимосвязь энергопотребления и экономического роста: структурно-факторный анализ и методы количественной оценки

Ресурсы, принадлежащие стране или региону, оказывают важное влияние на ее экономический рост, а энергия является одним из природных богатств и незаменима для экономического развития. После 1960-х годов нефтяные страны Ближнего Востока полагались на свои богатые нефтяные ресурсы для достижения быстрого экономического роста, что еще раз доказывает эту точку зрения. Как один из факторов производства, энергия является ключевым фактором экономического роста, а развитие современной промышленности и сельского хозяйства все больше зависит от энергии.

Экономический рост стимулирует потребление энергии, что в основном выдвигает требования по трем аспектам: количеству, качеству и категории.

Во-первых, экономический рост выдвинул новые требования к количеству энергии. В настоящее время Китай добился решающих успехов в построении умеренно зажиточного общества во всех отношениях. Его экономическое развитие

⁷⁹ В главе используются материалы из следующих публикаций автора:

Никоноров С.М., Шевчук А.В., Сюй Ю., Чжан Ш. Исследование взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим развитием Китая на основе модели IPAT // Экономика устойчивого развития. – 2024. – №. 2(58). – С. 185-188.

Никоноров С.М., Сюй Ю., Чжан Ш. Эмпирическое исследование взаимосвязи между потреблением энергии, промышленной структурой и экономическим развитием в Китае // Экономика устойчивого развития. – 2024. – №. 2(58). – С. 172-177.

Сюй Ю. Исследование влияния пространственного эффекта высококачественного развития энергетической промышленности Китая на экономический рост. Часть 1 // Микроэкономика. – 2025. – №. 2. – С. 106-110.

находится в золотом периоде и его потребность в энергии продолжает расти.

Во-вторых, экономический рост выдвинул новые требования к качеству энергии. В настоящее время большая часть использования энергии приходится на невозобновляемую энергию. Нерациональная эксплуатация и использование приведет только к нехватке энергии или даже ее истощению. Такая энергия будет выделять большое количество углекислого газа, диоксида серы и других газов, которые не только вызывают загрязнение окружающей среды, но и усиливают парниковый эффект. По сравнению с другими развитыми странами мира Китай находится на относительно низком уровне с точки зрения качества и использования энергии. Высококачественное экономическое развитие требует соответствующей высокой энергетической поддержки. Только за счет сокращения использования невозобновляемой энергии и перехода на другие чистые и незагрязняющие источники энергии можно достичь устойчивого экономического развития. Поэтому чем быстрее растет экономика, тем выше требования к качеству энергии.

В-третьих, экономический рост выдвинул новые требования к категориям энергии. Экономический рост выдвигает не только новые требования к общему количеству и качеству энергии, но новые требования к категориям энергии. Для удовлетворения все более быстрого экономического роста необходим более широкий спектр энергетических категорий. В истории развития человечества спрос на энергетические категории, вызванный экономическим ростом, претерпел ряд изменений. Энергия, используемая в производственной деятельности человека, претерпела изменения: от дров к углю, а затем к нефти и газу. В настоящее время в поле

зрения людей попадает все больше и больше таких категорий энергии, как природный газ, атомная энергия, гидроэнергетика, солнечная энергия, энергия биомассы и т. д. Передовой уровень науки и техники позволяет человечеству открывать и использовать новые источники энергии. Традиционная невозобновляемая энергия — это слепая эксплуатация, что в итоге приведет к ее нехватке и истощению. Страны всего мира прилагают все усилия, чтобы использовать новые методы и новые технологии для поиска новых источников энергии, которые могут заменить традиционные, для удовлетворения растущего спроса на энергию, вызванного экономическим развитием. Поэтому с ростом экономики постоянно расширяется и объем спроса на энергетические категории.

Из-за мирового экономического кризиса, вызванного нефтяным кризисом, энергетические вопросы постепенно стали предметом серьезной озабоченности. С развитием эконометрических моделей экономисты начали изучать причинно-следственную связь между потреблением энергии и экономическим ростом. Изучив большое количество соответствующей литературы, мы обнаружили, что с точки зрения эмпирических исследований различия в фокусе исследования, стране, периоде времени и методах исследования приводят к различным результатам исследования. Основные результаты исследования можно свести к четырем выводам: (1) Между ними нет никакой связи, (2) Потребление энергии ведет к экономическому росту, (3) Экономический рост ведет к потреблению энергии и (4) Влияют друг на друга.

2.1.1. Тест на причинно-следственную связь Грейнджер

Эрол и Ю⁸⁰ провели исследование взаимосвязи между энергетикой и экономикой во многих странах на основе данных за 1952–1982 годы. Результаты показали, что в Германии и Италии, Франции и Великобритании существует однонаправленная причинно-следственная связь между экономическим ростом и потреблением энергии. В Японии между ними существует двунаправленная причинно-следственная связь. Стерн⁸¹ изучал взаимосвязь между энергетикой и экономикой в Соединенных Штатах и обнаружил, что потребление энергии в Соединенных Штатах оказывало однонаправленное влияние на экономический рост с 1947 по 1990 год. Ченг и Лай⁸² изучили данные Тайваня (Китай) с 1950 по 1990 год и обнаружили, что существовала односторонняя связь между экономическим ростом Тайваня и потреблением энергии в этот период. Когда Чжан Минхуэй и Ли Юнфэн (2004) изучали причинно-следственную связь между потреблением энергии и экономическим ростом, они использовали производственную функцию CD и методы проверки причинности Грейнджера и считали, что они причинно связаны друг с другом. Мехрзад⁸³ использовал тест причинности Грейнджера для изучения взаимосвязи

⁸⁰ Orhan, A., İnce, M. R., & Açıık, A. (2020). Asymmetric Causality Relationship between Energy Consumption and Economic Growth: Sample of Selected Turkish Republics. JOEEP: Journal of Emerging Economics and Policy, 5(2), 61- 74. [Орхан А., Индже М.Р. и Ачик А. (2020). Асимметричная причинно-следственная связь между потреблением энергии и экономическим ростом: выборка отдельных турецких республик. JOEEP: Журнал развивающихся экономик и политики, 5(2), 61- 74.]

⁸¹ Stern D.I. Energy Use and Economics Growth in the USA: a Multivariate Approach. Energy Economics, 1993(15):137-150. [Стерн Д.И. Использование энергии и экономический рост в США: многомерный подход. Экономика энергетики, 1993(15):137-150.]

⁸² Cheng, B.S.&LAI, T.W. an investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity. energy economics,1997,19[Ченг, Б.С. и ЛАЙ, Т.В. Исследование коинтеграции и причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономической деятельностью в экономике энергетики, 1997,19.]

⁸³ Zamani, Mehrzad, 2007. "Energy consumption and economic activities in Iran," Energy Economics, Elsevier, vol. 29(6), pages 1135-1140, November. [Армани, я, HR, 2007. «Энергопотребление и экономическая деятельность», Экономика энергетики, Elsevier, Vol 29 (6), страницы 1135-1140, ноябрь.]

между энергетикой и экономикой в некоторых богатых нефтью странах мира. Вывод показал, что экономический рост богатых нефтью стран в одностороннем порядке влияет на потребление энергии, а потребление энергии не влияет на экономический рост. Вышеупомянутые исследовательские отчеты показывают, что разные страны и разные наборы данных приводят к разным выводам.

2.1.2. Методы проверки коинтеграции и причинности

Абоседра и Багестани⁸⁴ были первыми учеными, которые использовали тесты коинтеграции для изучения взаимосвязи между энергетикой и экономикой. Они использовали образцы временных рядов за разные периоды для изучения экономического роста и потребления энергии в Соединенных Штатах. Существует односторонняя причинно-следственная связь с экономикой. Хван и Гум⁸⁵ провели тесты на коинтеграцию и причинно-следственную связь между энергетикой и экономикой в Тайване (Китай). Используемые образцы были взяты из данных временных рядов Тайваня (Китай) с 1961 по 1990 год. Результаты показали, что в этот период между энергетикой и экономикой существует двусторонняя причинно-следственная связь. Сойтас⁸⁶ и другие использовали метод коинтеграционного анализа для исследования взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим объемом производства в 16 странах, включая Китай. Результаты продемонстрировали, что показатели тестов причинно-следственной связи между энергетикой и экономикой в этих странах различались от страны к стране. Хан Чжиюн⁸⁷ и другие проанализировали взаимосвязь между энергетикой и экономикой Китая и пришли к выводу, что по-

⁸⁴ Abosedra, S. and Baghestani, H. (1989) New Evidence on the Causal Relationship between United States Energy Consumption and Gross National Product. *Journal of Energy and Development*, 14, 285-292. [Абоседра С. и Багестани Х. (1989) Новые данные о причинно-следственной связи между потреблением энергии в США и валовым национальным продуктом. *Журнал энергетики и развития*, 14, 285-292.]

⁸⁵ Hwang, D. B. (1992). The causal relationship between energy and GNP: The case of Taiwan. *The Journal of energy and development*, 16(2). [Хванг, Д. Б. (1992). Причинно-следственная связь между энергией и ВНП: случай Тайваня. *Журнал энергетики и развития*, 16(2).]

⁸⁶ Soytaş, Ugur & Sari, Ramazan, 2003. "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets," *Energy Economics*, Elsevier, vol. 25(1), pages 33-37, January. [Сойтас, Угур и Сари, Рамазан, 2003. «Потребление энергии и ВВП: причинно-следственная связь в странах G-7 и на развивающихся рынках», *Energy Economics*, Elsevier, т. 25(1), стр. 33-37, январь.]

⁸⁷ Han Zhiyong, Wei Yiming, Jiao Jianling, et al. On the cointegration and causality between Chinese GDP and energy consumption. *Systems Engineering*, 2004, 22(12):17-21. [Хань Чжиюн, Вэй Имин, Цзяо Цзяньлин и др. О коинтеграции и причинно-следственной связи между ВВП Китая и потреблением энергии. *Системная инженерия*, 2004, 22(12):17-21.]

требление энергии и экономический рост влияют друг на друга. В качестве эмпирических методов использовались тестирование коинтеграции и причинно-следственной связи.

2.1.3. Модели коинтеграции и исправления ошибок

Нела, В. и Павле, Дж.⁸⁸ использовали процедуру коинтеграции авторегрессии с распределенным лагом (ARDL) для изучения коинтеграции и взаимосвязи между потреблением энергии и реальным ВВП в Хорватии, охватывающей период 1952-2011 годов. Эмпирические результаты полностью подтверждают долгосрочную положительную взаимосвязь коинтеграции между производственными ресурсами и реальным ВВП, а также важную роль энергетики в экономическом росте.

Камалджит, С. и Симми, В.⁸⁹ использовали многовариантную авторегрессию с распределенным запаздыванием (ARDL) и модель коррекции ошибок (ECM) для анализа динамических причинно-следственных связей между потреблением электроэнергии и ростом в Турции с 1978 по 2013 год. Результаты исследования показывают, что существует значительная однонаправленная положительная причинно-следственная связь между капиталом, занятостью, потреблением электроэнергии и краткосрочным и долгосрочным экономическим ростом.

Маркес⁹⁰ и др. изучили взаимосвязь между энергетикой и промышленным

⁸⁸ Nela, V&Pavle,J. Revisiting the Energy Consumption-Growth Nexus for Croatia: New Evidence from a Multivariate Framework Analysis. *The Contemporary Economics*,2014,8(4). [Нела, В. и Павле, Дж. Пересмотр взаимосвязи между потреблением энергии и ростом в Хорватии: новые данные многомерного рамочного анализа. *Современная экономика*, 2014, 8(4).]

⁸⁹ Kamaljit, S.&Simmi, V. Does any relationship between energy consumption and economic growth exist in India? A var model analysis. *OPEC Energy Review*,2020,44(3). [Камалджит,С. и Симми,В.Существует ли какая-либо связь между потреблением энергии и экономическим ростом в Индии? Анализ модели var. *OPEC EnergyReview*,2020,44(3).]

⁹⁰ Marques, A.C., Fuinhas, J.A., & Menegaki, A.N. (2014). Interactions between electricity generation sources and economic activity in Greece: A VECM approach. *Applied Energy*, 132, 34-46. [Маркес, А.К., Фуинхас, Дж.А., и Менегаки, А.Н. (2014). Взаимодействие между источниками производства электроэнергии и экономической деятельностью в Греции: подход VECM, 132, 34-46.]

производством в Греции с августа 2004 г. по октябрь 2013 г. и использовали модель коррекции ошибок VECM для анализа эндогенности. Результаты показывают, что существует краткосрочная причинно-следственная связь между энергетикой и экономическим ростом.

В работе Ломоносова Д.А.⁹¹ строится байесовская векторная авторегрессия⁹² для оценки влияния шоков мировой деловой активности, шоков предложения на мировом рынке нефти. Показано, что наиболее важную роль для российских макроэкономических показателей играют шоки мировой деловой активности. При росте цен на нефть по причине улучшения мировой деловой активности наблюдается статистически значимое устойчивое увеличение большинства анализируемых отечественных переменных.

2.1.4. От причинно-следственных связей к эколого-экономической эффективности: взгляд с позиций экономики природопользования

Помимо традиционных эконометрических методов анализа причинно-следственных связей, упомянутых выше, такие ученые, как Чжоу Цайцюань⁹³, все чаще уделяют внимание концепции «эколого-экономической эффективности» в совре-

⁹¹ Ломоносов Даниил Анатольевич, Полбин Андрей Владимирович, & Фокин Никита Денисович (2021). Влияние шоков мировой деловой активности, предложения нефти и спекулятивных нефтяных шоков на экономику РФ. Экономический журнал Высшей школы экономики, 25 (2), 227-262.

⁹² Модель байесовской векторной авторегрессии (англ. bayesian vector autoregression model, BVAR model), вариант модели векторной авторегрессии (VAR), оцениваемый с помощью байесовских методов. URL: <https://bigenc.ru/c/model-baiesovskoi-vektornoi-avtoregressii-e1914e>

⁹³ Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

менных исследованиях экологической экономики. (эколого-экономическая эффективность).⁹⁴ Данное понятие выступает ключевым индикатором устойчивого развития и отражает то, как общество производит и потребляет ресурсы. Эколого-экономическая эффективность определяется как «сокращение затрат энергоресурсов для предоставления эквивалентных энергетических услуг при существующем уровне развития технологий, социально-экономических процессов и обеспечивающего соблюдение экологических норм по снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения с учетом обеспеченности производства собственными энергоресурсами». Такой подход выходит за рамки простого анализа корреляции между экономическим ростом и потреблением, объединяя экономические, экологические и социальные цели и предлагая более комплексную основу для оценки качества использования энергии.

2.1.5. Метод декаплинга

Анализ декаплинга (decoupling) является центральным инструментом для измерения эколого-экономической эффективности и оценки степени устойчивого развития. Путем сопоставления темпов роста экономической активности и скорости изменения экологической нагрузки он позволяет выявить, достигается ли экономический рост за счет ущерба для окружающей среды. Финский ученый Tapio P⁹⁵ внес фундаментальный вклад в теорию декаплинга, разделив его на восемь типов.

К наиболее значимым из них относятся:

⁹⁴ Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

⁹⁵ 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. – N 12. – P. 137-151.

- **Сильный декаплинг (Strong decoupling):** Потребление ресурсов и объемы выбросов абсолютно уменьшаются, в то время как ВВП/ВРП растет. Это считается идеальным состоянием устойчивого развития .
- **Слабый декаплинг (Weak decoupling):** Темпы роста ВВП/ВРП выше темпов прироста потребления ресурсов/выбросов. Это свидетельствует о некотором повышении экономической эффективности, однако экологическая нагрузка продолжает расти .
- **Экспансивный каплинг (Expansive coupling):** Темпы прироста потребления ресурсов/выбросов совпадают с темпами прироста ВВП/ВРП, что указывает на прямую зависимость экономического развития от экологической нагрузки .
- **Экспансивный негативный декаплинг (Expansive-negative decoupling):** Темпы прироста потребления ресурсов/выбросов превышают темпы роста ВВП/ВРП, что характерно для экстенсивной, неустойчивой модели развития .

Салахуддин и Гоу⁹⁶ изучили взаимосвязь между экономическим ростом, потреблением энергии и выбросами углекислого газа и рассчитали тенденцию эффективности декаплинга в странах Персидского залива. У Ди, Лю Яо, Ли Бинь и Ван

⁹⁶ Salahuddin, M.A., & Gow, J. (2014). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in Gulf Cooperation Council countries. *Energy*, 73, 44-58. DOI:10.1016/J.ENERGY.2014.05.054 [Салахуддин М.А. и Гоу Дж. (2014). Экономический рост, потребление энергии и выбросы CO2 в странах Совета сотрудничества стран Персидского залива. *Энергия*, 73, 44-58. DOI:10.1016/J.ENERGY.2014.05.054.]

Лей^{97, 98, 99, 100} создали модель энергоэффективности, основанную на уравнении IPAT, и провели эмпирический анализ корреляции между экономическим ростом и потреблением энергии в Китае и в провинциях Юньнань и Сычуань. У Даньдань¹⁰¹ использовала модель декаплинга Тапио (Tapio) для анализа корреляции между экономическим ростом и потреблением энергии в высокотехнологичной обрабатывающей промышленности провинции Фуцзянь.

Благодаря большому количеству исследований энергопотребления и экономического роста общество в целом осознает важность энергетических факторов для экономического роста.

Краткое изложение выводов

Во-первых, в теоретическом плане произошел переход от ранних классических экономических теорий, которые рассматривали энергию как заменяемый промежуточный фактор, не оказывающий прямого влияния на экономический рост (создаваемый трудом и капиталом), к теориям экологической экономики. Последние

⁹⁷ 吴迪. (2024). 能源消费与经济增长关系研究——以安徽省为例. 石家庄学院学报 (01), 76-82. doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2024.01.020. [У Ди. (2024). Исследование взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом — на примере провинции Аньхой. Журнал Шицзячжуанского университета (01), 76-82. doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2024.01.020.]

⁹⁸ 刘瑶. (2018). 经济增长与能源消费关系的实证分析. 统计与决策 (08), 141-144. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2018.08.033. [Лю Яо. (2018). Эмпирический анализ взаимосвязи между экономическим ростом и потреблением энергии. Статистика и принятие решений (08), 141-144. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2018.08.033.]

⁹⁹ 李斌. (2012). 基于 IPAT 模型的中国经济发展与能源消费实证研究. 中国管理信息化 (13), 34-36. doi: 10.3969/j.issn.1673-0194.2012.13.021 [Ли Бин. (2012). Эмпирическое исследование экономического развития Китая и потребления энергии на основе модели IPAT. China Management Informatization (13), 34-36. doi: 10.3969/j.issn.1673-0194.2012.13.021]

¹⁰⁰ 万蕾 (2009). 基于 IPAT 方程的云南省能源消费分析及情景预测. 昆明理工大学学报 (自然科学版) (05), 93-96. doi: 10.3969/j.issn.1007-855x.2009.05.021 [Wan Lei (2009). Анализ и прогнозирование сценариев потребления энергии в провинции Юньнань на основе уравнения IPAT. Журнал Куньминского университета науки и технологий (издание по науке и технологиям) (05), 93-96. doi: 10.3969/j.issn.1007-855x.2009.05.021]

¹⁰¹ 吴丹丹 (2022). 福建省高技术制造业增长与能源消耗关联分析. 现代产业经济与信息化 (04), 4-7. doi:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.04.002. [У Даньдан (2022). Анализ корреляции между ростом и потреблением энергии в высокотехнологичной обрабатывающей промышленности провинции Фуцзянь. Современная промышленная экономика и информатизация (04), 4-7. doi:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.04.002.]

утверждают, что потребление энергии является ограничивающим фактором экономического роста, и включают его в производственную функцию наряду с капиталом и трудом, что позволяет всесторонне отразить важную роль энергопотребления в экономическом росте.

Во-вторых, в эмпирическом плане методы исследования взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом весьма разнообразны. В ранних работах для изучения этой причинно-следственной связи преимущественно использовался тест Грейнджера. Однако с совершенствованием эконометрических моделей и появлением коинтеграционного анализа ученые начали применять коинтеграционные тесты и модели коррекции ошибок в сочетании с тестом Грейнджера, что позволило более углубленно изучить данную взаимосвязь. В последние годы методы, заимствованные из экономики природопользования, такие как анализ декаплинга, предоставили новые измерения и инструменты для оценки эффективности использования энергии в контексте устойчивого развития.¹⁰²

Несмотря на наличие работ по указанной проблематике, вопросы исследования Китая и России в качестве объектов, с детальным разделением энергетической отрасли на угольную, нефтегазовую и возобновляемую энергетику для изучения их связи с экономическим ростом, остаются недостаточно изученными. Кроме того, существует пробел в системной оценке эффективности с точки зрения эколого-экономической эффективности по видам энергоресурсов, по этапам их производства,

¹⁰² Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

переработки и конечного потребления. В какой-то мере данное исследование призвано восполнить этот пробел.

2.2 Оценка эффекта декарбонизации в системе «энергетика – экономика – экология» (на примере КНР)

Исследование взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом представляет собой одну из центральных тем в современной экономической науке. В контексте динамичного развития мировой экономики и возрастающего спроса на энергоресурсы, влияние энергопотребления на экономический рост приобретает особую значимость. Одновременно с этим, процесс потребления энергии сопряжен со значительным воздействием на окружающую среду, включая загрязнение атмосферного воздуха и выбросы парниковых газов.

Китай, традиционно занимающий лидирующие позиции в мире по темпам экономического роста, одновременно является крупнейшим потребителем энергоресурсов. В этой связи углубленный анализ взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом в КНР имеет высокую практическую ценность и способен предоставить научное обоснование для разработки государственной политики и стратегий в области устойчивого экономического развития.

Взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом всегда была одной из горячих тем в области экономики. В условиях быстрого развития мировой экономики и растущего спроса на энергию, влияние потребления энергии на экономический рост стало важным вопросом. В 1978 году Дж. Крафт¹⁰³ исследовал взаимосвязь между потреблением энергии и ВВП в США с 1947 по 1974 год.

¹⁰³ Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. The Journal of Energy and Development, 401-403. [Крафт, Дж. и Крафт, А. (1978). О взаимосвязи между энергией и ВВП. Журнал энергетики и развития, 401-403.]

Ю ЭШ¹⁰⁴ использовал тест причинности Грейнджера, чтобы подтвердить причинную связь между потреблением энергии и ВВП на Филиппинах. В частности, П. Тапио в своем исследовании развил теорию декаплинга, предложив детальную классификацию, включающую восемь типов взаимосвязей, основанных на эластичности темпов изменения потребления ресурсов (или воздействия на окружающую среду) по отношению к экономическому росту¹⁰⁵. Данная структура не только различает сильный и слабый декаплинг в условиях роста, но и определяет такие состояния, как экспансивный каплинг и негативный декаплинг, что позволяет более точно оценивать динамику отношений между экономикой и окружающей средой¹⁰⁶. Теоретически важным признаком координации окружающей среды, ресурсов, населения и экономического развития является то, что эти четыре фактора могут количественно соответствовать уравнению IPAT. Уравнение IPAT — формула, используемая западными экономистами для количественных расчетов для определения различных показателей, неоднократно обсуждавшаяся и проверенная. У Ди и Лю Яо^{107, 108} создали модель энергоэффективности, основанную на уравнении IPAT, и

¹⁰⁴ Yu, E. S., & Choi, J. Y. (1985). The causal relationship between energy and GNP: an international comparison. *The Journal of Energy and Development*, 10(2), 249-272. [Ю, Э. Ш. и Чхой, Дж. Й. (1985). Взаимосвязь между энергопотреблением и ВВП: международное сравнение. *Журнал энергетики и развития*, 10(2), 249-272.]

¹⁰⁵ 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. — N 12. — P. 137-151.

¹⁰⁶ Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

¹⁰⁷ Wu Di. (2024). Research on the relationship between energy consumption and economic growth—taking Anhui Province as an example. *Journal of Shijiazhuang University* (01), 76-82. doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2024.01.020. [Уди В. (2024). Исследование взаимоотношений между потреблением энергии и экономическим ростом — на примере провинции Аньхуй. *Вестник Шицзячжуанского университета*, (01), 76–82. doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2024.01.020.]

¹⁰⁸ Liu Yao. (2018). Empirical analysis of the relationship between economic growth and energy consumption. *Statistics and Decision Making* (08), 141-144. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2018.08.033. [Лю Яо. (2018). Эмпирический анализ связи между экономическим ростом и потреблением энергии. *Статистика и принятие решений*, (08), 141–144. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2018.08.033.]

провели эмпирический анализ корреляции между экономическим ростом и потреблением энергии в Китае, и в провинции Юньнань и Сычуань. Модель экономической декаплинга, основанная на уравнении IPAT, может обеспечить более полную оценку и прогнозирование факторов, влияющих на экономическое развитие, что помогает правительству более точно сформулировать политику и стратегии энергетического и экономического развития. В этой статье индекс декаплинга и модель IPAT используются в качестве тестовых стандартов для проведения эмпирического анализа корреляции между экономикой Китая и потреблением энергии в период с 1993 по 2022 год, чтобы обеспечить стратегический ориентир для экономического развития в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Уравнение IPAT

В качестве одного из методологических инструментов исследования выступает уравнение IPAT. В 1971 году П. Эрлих и его соавторы предложили математическую формулу для оценки взаимосвязи между факторами воздействия на окружающую среду, численностью населения, уровнем благосостояния и технологиями. Выражение имеет вид:

$$I = P \times A \times T \quad (2.1)$$

Среди них I (воздействие) представляет показатели окружающей среды, как правило, выбросы загрязняющих веществ, потребление энергии, потребление ресурсов и т. д., P (население) — численность населения в регионе, A (богатство) — индекс благосостояния, как правило, ВВП и ВВП на душу населения. T (технология), представляет собой экологический показатель, формируемый на единицу ВВП, а именно $T = I/GDP$.

При решении вопросов энергопотребления выражение (1) обычно преобразуют в:

$$I = P \times \frac{GDP}{P} \times \frac{I}{GDP} \quad (2.2)$$

Данное уравнение наглядно демонстрирует, что совокупное воздействие на окружающую среду (I) определяется тремя основными факторами: численностью населения (P), уровнем экономического развития (A , или ВВП на душу населения), и технологическим уровнем (T , или воздействие на единицу ВВП). В контексте национальной стратегии, экономический рост (рост A) является ключевой целью, а динамика населения (P) представляет собой относительно инертную демографическую тенденцию. Следовательно, основным управляемым рычагом для достижения устойчивого развития — то есть для минимизации экологического воздействия (I) при одновременном экономическом росте — становится технологический фактор (T). Именно снижение энергоемкости и углеродоемкости экономики (снижение T) позволяет «отвязать» экономический рост от экологической нагрузки.

Именно этот принцип и лежит в основе анализа «декаплинга». Для количественной оценки этой взаимосвязи преобразуем уравнение (2.2), чтобы сфокусироваться на динамике совокупного ВВП (GDP) и технологического фактора (T):

$$I = GDP \times T \quad (2.3)$$

Если потребление энергии в базовом году (базовый год — 1993г) равно $I_0 = GDP_0 \times T_0$, то потребление энергии через n лет равно $I_n = GDP_n \times T_n$, пусть g будет годовым темпом роста ВВП, t — годовой темп снижения энергопотребления, тогда:

$$GDP_n = GDP_0 \times (1 + g)^n \quad (2.4)$$

$$T_n = T_0 \times (1 - t)^n \quad (2.5)$$

Подставляя выражения (2.4) (2.5) в (2.3), энергопотребление в n-м году составит:

$$I_n = GDP_0 \times T_0 \times (1 + g)^n \times (1 - t)^n = GDP_0 \times T_0 \times (1 + g - t - gt)^n \quad (2.6)$$

Диапазон значений I составляет $(1, +\infty)$.

Таблица 2.1 - Структура отношений модели декарплинга IPAT

I	$(1 + g) \times (1 - t)$	Критическая величина
<0	<1	-
$=0$	$=1$	$t_k = \frac{g}{1 + g}$
>0	>1	-

Источник: составлено автором.

В таблице 2.1, $t_k = \frac{g}{1+g}$ представляет критическое значение постоянного потребления энергии, В условиях экономического роста потребление энергии может происходить в трех ситуациях, а именно:

- 1) I_n остается неизменным, $g - t = gt$
- 2) I_n уменьшается с каждым годом, $g - t < gt$
- 3) I_n увеличивается с каждым годом, $g - t > gt$

На основе уравнения IPAT Лу Чжунву¹⁰⁹ вывел индекс декарплинга между экономическим ростом и потреблением энергии. Его выражение имеет вид:

$$D_n = \frac{t \times (1 + g)}{g} \quad (2.7)$$

Среди них D_n — индекс декарплинга в n-м году, g — годовой темп прироста

¹⁰⁹ Lu Zhongwu, Wang Heming & Yue Qiang. (2011). Decoupling index: a quantitative expression of resource consumption, waste emissions and economic growth. Resource Science (01), 2-9. [Лу Чжунву, Ван Хеминг и Юэ Цян (2011). Индекс разъединения: количественное выражение потребления ресурсов, выбросов отходов и экономического роста (01), 2-9.]

ВВП, а t — ежегодные темпы снижения энергопотребления на единицу ВВП. Индекс декарпинга в основном выражает связь декарпинга между потреблением ресурсов и экономическим ростом.

Таблица 2.2 - Классификации индекса декарпинга IPAT

Степень декарпинга	Экономический рост($g>0$)	Экономический спад($g<0$)
Абсолютный декарпинг	$D_n \geq 1$	$D_n < 0$
Относительный декарпинг	$0 < D_n < 1$	$0 < D_n < 1$
отсутствия декарпинга	$D_n < 0$	$D_n \geq 1$

Источник: составлено автором.

Эмпирической базой исследования послужили данные за 30-летний период с 1993 по 2022 год. В качестве ключевых переменных были выбраны общее потребление энергии в Китае, ВВП и другие релевантные показатели. Источниками данных послужили официальные публикации Национального бюро статистики КНР и «Статистический ежегодник Китая» за 1994-2023 годы.

Таблица 2.3 - Значения данных, относящиеся к ВВП Китая, потреблению энергии, g и t с 1993 по 2022 год

Год	<i>GDP</i> (млрд юаней)	<i>I</i> (Десять тысяч тонн условного угля)	g	t	tk	$t - tk$
1993	35673.2	115993	-	-	-	-
1994	48637.5	122737	36.34%	22.39%	-26.65%	49.05%
1995	61339.9	131176	26.12%	15.26%	-20.71%	35.96%
1996	71813.6	138948	17.07%	9.52%	-14.58%	24.11%
1997	79715	138173	11.00%	10.41%	-9.91%	20.33%
1998	85195.5	136000	6.88%	7.90%	-6.43%	14.34%
1999	90564.4	122000	6.30%	15.61%	-5.93%	21.54%
2000	100280.1	146964	10.73%	-8.79%	-9.69%	0.90%
2001	110863.1	155547	10.55%	4.26%	-9.55%	13.81%
2002	121717.4	169577	9.79%	0.70%	-8.92%	9.62%
2003	137422	197083	12.90%	-2.94%	-11.43%	8.49%
2004	161840.2	230281	17.77%	0.78%	-15.09%	15.87%
2005	187318.9	261369	15.74%	1.94%	-13.60%	15.54%
2006	219438.5	286467	17.15%	6.44%	-14.64%	21.08%
2007	270092.3	311442	23.08%	11.67%	-18.75%	30.43%
2008	319244.6	320611	18.20%	12.91%	-15.40%	28.30%
2009	348517.7	336126	9.17%	3.97%	-8.40%	12.37%
2010	412119.3	360648	18.25%	9.26%	-15.43%	24.70%
2011	487940.2	387043	18.40%	9.36%	-15.54%	24.90%
2012	538580	402138	10.38%	5.87%	-9.40%	15.27%
2013	592963.2	416913	10.10%	5.83%	-9.17%	15.01%
2014	643563.1	428334	8.53%	5.34%	-7.86%	13.20%
2015	688858.2	434113	7.04%	5.31%	-6.58%	11.89%
2016	746395.1	441492	8.35%	6.14%	-7.71%	13.85%

Продолжение таблицы 2.3

Год	<i>GDP</i> (млрд юаней)	<i>I</i> (Десять тысяч тонн условного угля)	<i>g</i>	<i>t</i>	<i>tk</i>	<i>t – tk</i>
2017	832035.9	455827	11.47%	7.38%	-10.29%	17.67%
2018	919281.1	471925	10.49%	6.29%	-9.49%	15.78%
2019	986515.2	487488	7.31%	3.74%	-6.82%	10.56%
2020	1013567	498314	2.74%	0.51%	-2.67%	3.18%
2021	1149237	525896	13.39%	6.92%	-11.81%	18.73%
2022	1204724	541000	4.83%	1.87%	-4.61%	6.47%

Источник: рассчитано автором

Анализ данных, представленных в таблице 2.3, показывает, что в период с 1993 по 2022 год для ВВП и энергопотребления Китая была характерна преимущественно восходящая динамика. В рамках исследования были рассчитаны показатели $g, t, tk, t - tk$, где g представляет собой годовой темп прироста ВВП. Наибольшие темпы роста ВВП зафиксированы в 1994, 1995 и 2007 годах, составив 36,34%, 26,12% и 23,08% соответственно. Минимальный темп роста наблюдался в 2020 году — всего 2,74%. Показатель t , обозначающий годовой темп снижения энергопотребления на единицу ВВП, достиг максимальных значений в 1994, 1995, 1999 и 2008 годах, когда снижение составило 22,39%, 15,26%, 15,61% и 12,91% соответственно. В качестве основных причин данного явления выступают замедление темпов экономического роста и повышение энергоэффективности вследствие экономического кризиса и структурной перестройки промышленности. В 2000 и 2003 годах данный показатель принял отрицательные значения (-8,79% и -2,94%), что

указывает на рост энергоемкости ВВП в эти годы. Проведенный анализ позволил установить, что за период с 1993 по 2022 год показатель снижения энергоемкости ВВП Китая (t) превышал критическое значение $t - tk > 0$, что свидетельствует о постепенной оптимизации ситуации с энергопотреблением в стране.

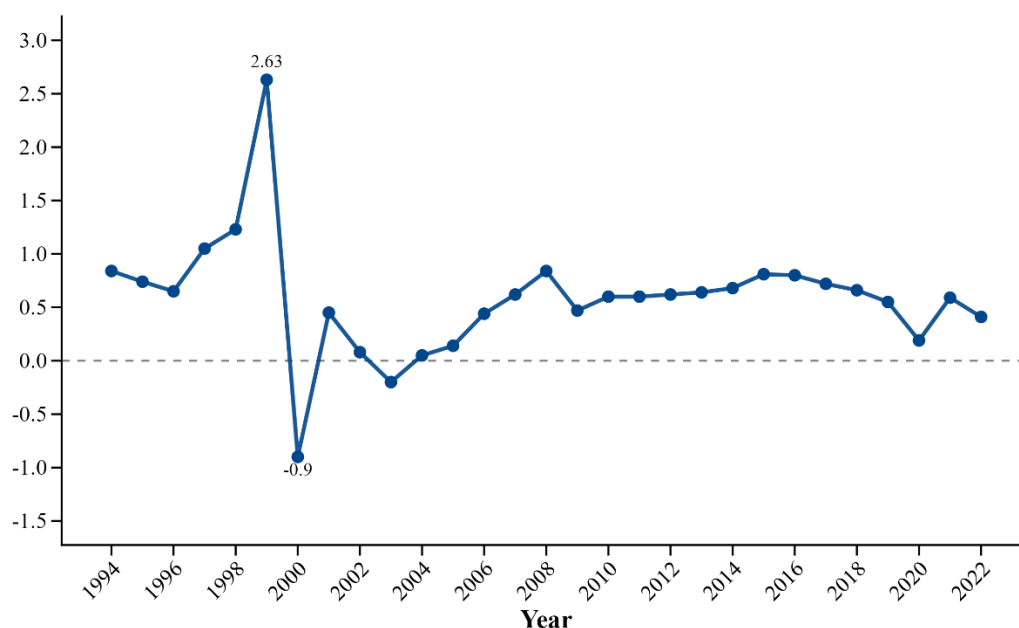


Рисунок 2.1. Индекс декаплинга Китая с 1993 по 2022 год

Источник: рассчитано автором

Как видно из рисунка 2.1, большая часть энергопотребления и ВВП Китая в период с 1993 по 2022 год относится к степени относительного декаплинга и достигла абсолютного декаплинга с 1997 по 1999 год, это указывает на то, что экономический рост в меньшей степени зависит от потребления энергии, а эффективность использования энергии в Китае высока. $D_n < 0$ в 2000 и 2003 годах означает, что Китай в эти два года находился в состоянии степени отсутствия декаплинга. Установлено, что значение D_n в Китае значительно изменилось в течение 1993–2022 годов, которые можно условно разделить на три этапа:

Этап 1993–1999 гг. В этот период индекс D_n в Китае находился на высоком

уровне; в 1999 году его значение достигло 2,63. Особо следует отметить трехлетний отрезок с 1997 по 1999 год, когда был достигнут абсолютный декаплинг. Это указывает на то, что происходило сокращение энергопотребления на фоне продолжающегося экономического роста. Тенденция к ежегодному снижению потребления энергии была обусловлена дефляционными процессами, вызванными перепроизводством. Значительная часть инвестиций, поступающих из государственного сектора и в виде прямых иностранных инвестиций, характеризовалась высоким уровнем технологичности и энергоэффективности. При возникновении избыточных производственных мощностей происходило банкротство большого числа поселковых и сельских предприятий и их замещение новыми, более производительными, что и привело к снижению энергопотребления при сохранении высоких темпов роста экономики.

Этап 2000–2005 гг. На данном этапе наблюдалось снижение индекса D_n . В 2000 и 2003 годах его значения составили -0,91 и 0,26 соответственно, что указывает на переход к состоянию отсутствия декаплинга. В этот период общие темпы экономического роста замедлились, тогда как потребление энергии возросло. Китай постепенно преодолел последствия азиатского финансового кризиса 1997 года и в 2001 году вступил в ВТО. В годы «Десятой пятилетки» (2001-2005 гг.) были осуществлены масштабные инвестиции в инфраструктурное строительство и основной капитал. Доля инвестиций в рост ВВП достигла 56,06%, в то время как доля потребления составляла лишь 40,43%. В результате темпы роста энергопотребления опережали темпы экономического роста. Произошла смена модели экономиче-

ского роста с потребительской на инвестиционную, при этом доля вторичного сектора промышленности превысила 50%, что сформировало режим экономического развития с высоким энергопотреблением.

Этап 2006–2022 гг. В период с 2006 по 2022 год экономика Китая демонстрирует устойчивое состояние относительного декаплинга ($0 < D_n < 1$), что означает стабилизацию взаимосвязи между экономическим развитием и потреблением энергии. В рамках «Одиннадцатой пятилетки» (2006–2010 гг.) премьером Вэнь Цзябао была поставлена задача по оптимизации промышленной структуры и снижению энергоемкости ВВП примерно на 20%. Максимальное на данном этапе значение индекса D_n было зафиксировано в 2008 году (0,84). К этому году энергопотребление на единицу ВВП Китая сократилось на 12,5% по сравнению с 2005 годом. Данный факт связан с замедлением экономического роста в условиях мирового финансового кризиса, что привело к резкому сокращению потребления энергии с августа 2008 года. Однако восстановление D_n , обусловленное кризисом, имело временный характер. После возобновления экономического роста в 2009 году D_n снизился до 0,47 и с тех пор демонстрировал относительную стабильность. В 2020 году индекс упал до 0,19. Это объясняется тем, что в условиях пандемии COVID-19 и китайско-американских торговых противоречий рост ВВП Китая в 2020 году составил лишь 2,3%. При этом энергоемкие отрасли промышленности в меньшей степени пострадали от эпидемиологических ограничений, и их энергопотребление оставалось на высоком уровне.

22 мая 2020 года бывший премьер-министр Ли Кэцян опубликовал документ «Четырнадцатая пятилетка национального экономического и социального развития

Китайской Народной Республики и план долгосрочных целей до 2035 года»¹¹⁰ (далее — «Четырнадцатый пятилетний план»), в котором подчеркивается важность развития зеленой экономики. В данном исследовании для прогнозирования энергопотребления и экономического роста в период «XIV пятилетки» (2021-2025 гг.) применяется модель IPAT.

Используется выражение (2.6), где GDP_0 — ВВП Китая в 2020 году, T_0 — энергопотребление Китая в 2020 году, g — темп роста ВВП Китая в период «XIV пятилетки», t — темп снижения энергоемкости ВВП Китая в период «XIV пятилетки».

Согласно «Четырнадцатому пятилетнему плану», целями развития Китая являются: достижение среднегодового темпа роста ВВП на уровне 5,5% и сокращение энергопотребления на единицу ВВП на 13,5%. Расчеты показывают, что общий темп роста ВВП Китая за период «XIV пятилетки» составит приблизительно 30%, поэтому принимаются допущения $g = 0.3$ и $t = 0.135$. $\frac{g}{1+g} = 0.23 > t$, что означает прогнозируемое увеличение общего потребления энергии в Китае по мере экономического роста в указанный период. На основе целевых показателей «Четырнадцатого пятилетнего плана» было рассчитано, что общее потребление энергии в Китае в 2025 году составит $I = (1 + 0.1245) \times I_0$. Таким образом, при сохранении среднегодового темпа роста ВВП на уровне 5,5%, общее потребление энергии в стране увеличится на 12,45% по сравнению с 2020 годом, при среднегодовом темпе роста 2,33%. Прогнозные траектории ВВП Китая и общего потребления энергии в

¹¹⁰ 文件《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要和到 2035 年远景目标纲要》。— Документ «14-й пятилетний план национального экономического и социального развития Китайской Народной Республики и наброски долгосрочных целей на 2035 год. »

период «XIV пятилетки», рассчитанные на основе данных темпов роста, представлены на рис. 2.2.

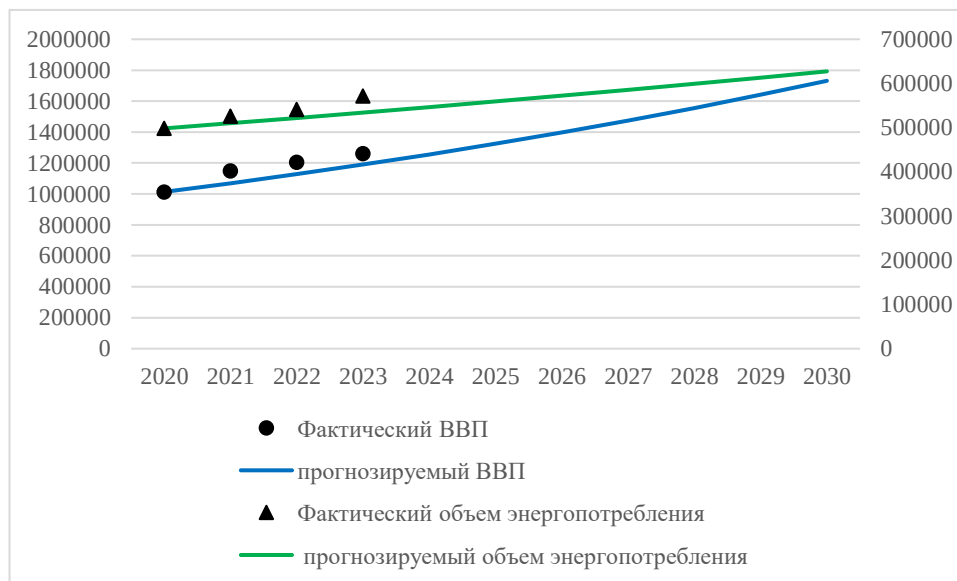


Рисунок 2.2. Прогноз общего потребления энергии и ВВП Китая в период «XIV пятилетки»

Источник: рассчитано автором

Мы добавили официальные данные о ВВП Китая и общем потреблении энергии с 2021 по 2023 год. Поэтому, как видно из рисунка 2.2, фактический ВВП в 2021, 2022 и 2023 годах выше прогнозируемого ВВП, а фактическое потребление энергии также выше, чем прогнозируемое значение. Согласно этой тенденции, ВВП Китая достигнет целей, поставленных в «14-й пятилетке» к 2025 году. Потребление энергии в Китае не сможет достичь целей, поставленных в «14-й пятилетке» к 2025 году. Прогнозируется, что в 2025 году ВВП Китая достигнет 132,4 трлн юаней, а потребление энергии — 5,59 млрд тонн условного угля. К 2030 году прогнозируется рост ВВП до 173,1 трлн юаней при объеме энергопотребления в 6,27 млрд тонн условного угля.

2.3 Исследование пространственных эффектов межпровинциального развития энергетической отрасли и экономического роста в Китае

По мере развития экономической науки, статистики, эконометрики и энергетики предметом исследований стали не только объемы энергопотребления, но и другие показатели, такие как структура энергетического баланса, энергоэффективность, а также координация между энергетическим рынком и экологическими факторами. Методологически данные исследования преимущественно базируются на анализе временных рядов с применением таких инструментов, как модель «затраты-выпуск», модель коррекции ошибок и модель декаплинга. Однако традиционные подходы к анализу временных рядов позволяют отследить лишь эволюцию показателей во времени, не учитывая их пространственное измерение. Для решения этой задачи ученые часто прибегают к использованию пространственной авторегрессионной модели (SAR), модели с пространственной ошибкой (SEM) и пространственной модели Дурбина (SDM). Несмотря на то что пространственная модель ошибки Дурбина (SDEM) обладает высокой прикладной ценностью и широкой областью применения, она используется сравнительно редко. Аналогичная ситуация наблюдается и с нелинейными пространственными моделями, которые лучше соответствуют сложным реалиям экономических процессов, но также не получили широкого распространения¹¹¹. В настоящем исследовании для изучения пространственного влияния качественного развития энергетической отрасли Китая

¹¹¹ 李江 & 吴毓明. (2024). 空间计量经济学前沿理论、方法与应用综述. 当代经济管理 (06), 30-41. doi:10.13253/j.cnki.ddjjgl.2024.06.004. [Ли Цзянь и У Юймин. (2024). Обзор передовых теорий, методов и приложений пространственной эконометрики. Contemporary Economic Management (06), 30-41. doi:10.13253/j.cnki.ddjjgl.2024.06.004.]

на экономический рост была выбрана модель SDEM. Рациональность применения пространственной эконометрической модели и наличие пространственной корреляции в основных переменных проверяются с помощью индекса Морана.

Построению пространственной эконометрической модели предшествует тест на пространственную автокорреляцию с использованием глобального и локального индексов Морана. Глобальный индекс Морана отражает степень сходства признаков у пространственно смежных региональных единиц¹¹². Диапазон его значений составляет $[-1, 1]$, где значение >0 указывает на наличие положительной пространственной автокорреляции, $=0$ означает отсутствие корреляции, а <0 свидетельствует о наличии отрицательной пространственной автокорреляции. Локальный индекс Морана применяется для исследования локальных пространственных характеристик между отдельными единицами и для выявления локальной пространственной агломерации¹¹³. Диаграмма рассеяния Морана, как правило, используется для классификации пространственных единиц по четырем кластерам: Н-Н (High-High, правый верхний квадрант), L-H (Low-High, левый верхний квадрант), L-L (Low-Low, левый нижний квадрант) и Н-L (High-Low, правый нижний квадрант). Лишь после подтверждения наличия пространственной корреляции посредством теста индекса Морана становится возможным применение соответствующей пространственной эконометрической модели для проведения эмпирического исследования.

¹¹² Anselin, L. (1988). Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical analysis*, 20(1), 1-17 [Анселин, Л. (1988). Диагностика множителей Лагранжа для пространственной зависимости и пространственной неоднородности. *Географический анализ*, 20(1), 1-17]

¹¹³ Su Yi & Lin Zhouzhou. (2017). Research on the spatial effect and influencing factors of regional innovation activities. *Journal of Quantitative and Technical Economics* (11), 63-80. doi:10.13653/j.cnki.jqte.2017.11.004. [Су И и Линь Чжоучжоу. (2017). Исследование пространственного эффекта и факторов влияния региональной инновационной деятельности. *Журнал количественной и технической экономики* (11), 63-80. doi:10.13653/j.cnki.jqte.2017.11.004.]

При построении пространственной эконометрической модели для анализа взаимосвязи между высококачественным развитием энергетической промышленности и экономическим ростом пространственные панельные данные позволяют отразить изменения как в пространственном, так и во временном измерениях, что предоставляет расширенные возможности для моделирования. К числу существующих пространственных моделей относятся модель с пространственным лагом (SLM), модель с пространственной ошибкой (SEM) и пространственная модель Дурбина (SDM), которая является комбинацией SEM и SLM. При изучении диспаритетов регионального экономического роста целесообразно применение моделей SDM и SDEM. Однако игнорирование пространственной автокорреляции в остатках регрессии может привести к неточности оценок, в связи с чем выбор был сделан в пользу модели SDEM. Данная модель учитывает не только влияние объясняющих переменных из соседних регионов, но и пространственную корреляцию между ошибками регрессии. Функциональная форма этой модели для n объектов наблюдения (например, регионов) имеет следующий вид:

$$Y = X\beta + WX\theta + \mu \quad (2.8)$$

$$\mu = \lambda W\mu + \varepsilon \quad (2.9)$$

Где Y – зависимая переменная,

X – матрица объясняющих переменных $X_1, \dots, X_k$,

W – пространственная матрица,

μ – ошибки регрессии (в предположении о нормальном распределении).

ε – независимые одинаково распределённые случайные величины с дисперсией

λ, β, θ – оцениваемые параметры.

Таблица 2.4 - Глобальный индекс Морана ВВП и энергопотребления Китая с 2000 по 2022 год

Годы	ВВП	Потребление энергии
2000	0.185	0.110
2001	0.180	0.074
2002	0.178	0.115
2003	0.172	0.088
2004	0.178	0.093
2005	0.172	0.100
2006	0.166	0.098
2007	0.164	0.094
2008	0.163	0.091
2009	0.176	0.084
2010	0.179	0.080
2011	0.178	0.063
2012	0.178	0.053
2013	0.180	0.046
2014	0.183	0.033
2015	0.185	0.056
2016	0.190	0.050
2017	0.187	0.031
2018	0.194	0.019
2019	0.194	0.007
2020	0.195	0.032
2021	0.198	0.030
2022	0.196	0.028

Источник: составлено автором.

Как следует из данных таблицы 2.4, значения глобального индекса Морана для ВВП за период с 2000 по 2022 год являются положительными и проходят тест на

статистическую значимость. Это свидетельствует о наличии положительной пространственной корреляции для ВРП 30 провинций, что указывает на существование определенного эффекта пространственной агломерации. Аналогичным образом, глобальные индексы Морана для энергопотребления за тот же период также превышают 0, что подтверждает наличие положительной пространственной корреляции и эффекта пространственной агломерации в потреблении энергии между провинциями. Для более детального изучения конкретных пространственных различий в ВРП и энергопотреблении был рассчитан локальный индекс Морана. Ввиду ограниченности объема в работе представлены результаты только за 2022 годы.

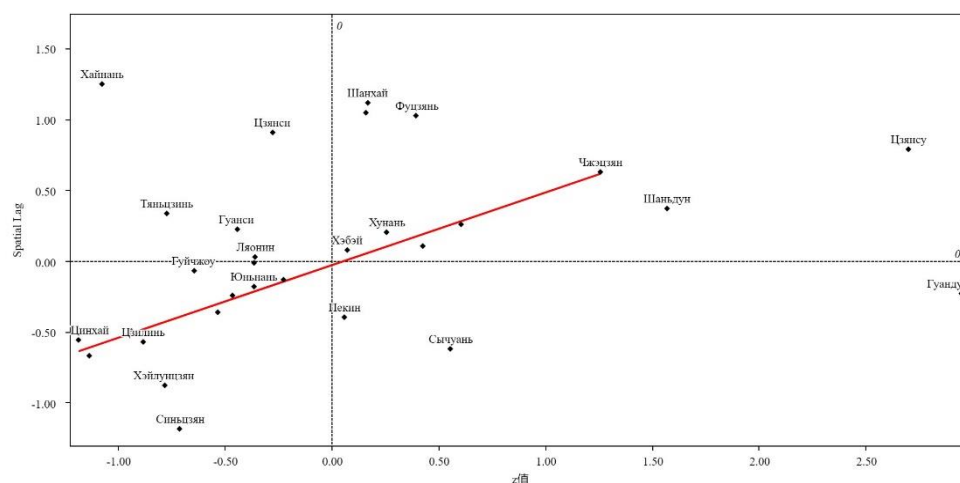


Рисунок 2.3. Диаграмма рассеяния локального индекса Морана ВРП в 30 провинциях в 2022 г.

Источник: рассчитано автором

Анализ данных, представленных на рисунке 2.3, показывает, что в период с 2010 по 2022 год квадрантное распределение ВРП по индексу Морана характеризовалось низкой мобильностью и в основном колебалось в ограниченном диапазоне. В 2010 и 2022 годах провинции Шанхай, Фуцзянь, Хэбэй, Шаньдун, Цзянсу и Чжэцзян локализовались в первом квадранте (Н-Н). Эти регионы отличаются высоким уровнем ВРП и высокой степенью агломерации, демонстрируя положительную

пространственную корреляцию. Это означает, что они не только обеспечивают собственное быстрое экономическое развитие, но и оказывают стимулирующее воздействие на соседние провинции, способствуя общему росту сопредельных территорий. В то же время провинции Синьцзян, Хэйлунцзян, Цзилинь, Цинхай и Юньнань в оба года находились в третьем квадранте (L-L). Они представляют собой кластер регионов с низким ВРП и низкой агломерацией, что указывает как на их собственное отстающее развитие, так и на относительно низкий уровень развития соседних провинций. В отличие от регионов первого квадранта, данные провинции обладают меньшей ресурсной базой и не имеют соседних территорий, способных стать драйверами их роста, что зачастую приводит к их игнорированию в процессах экономического развития.

Провинции Цзянси, Хайнань, Гуанси и Тяньцзинь в 2010 и 2022 годах были расположены во втором квадранте (L-H), демонстрируя отрицательную пространственную корреляцию. Для них характерен низкий уровень ВРП при относительно высоком уровне экономического развития соседних регионов. Наконец, Пекин, Гуандун и Сычуань находились в четвертом квадранте (H-L), что также указывает на отрицательную пространственную корреляцию. Отличие заключается в том, что эти регионы имеют высокий уровень ВРП, но окружены провинциями с низким уровнем экономического развития. Это говорит о том, что данные провинции выступают в роли центров, где происходит чрезмерная концентрация экономических факторов и ресурсов. Их собственное стремительное развитие в определенной степени происходит за счет привлечения выгодных ресурсов с прилегающих территорий.

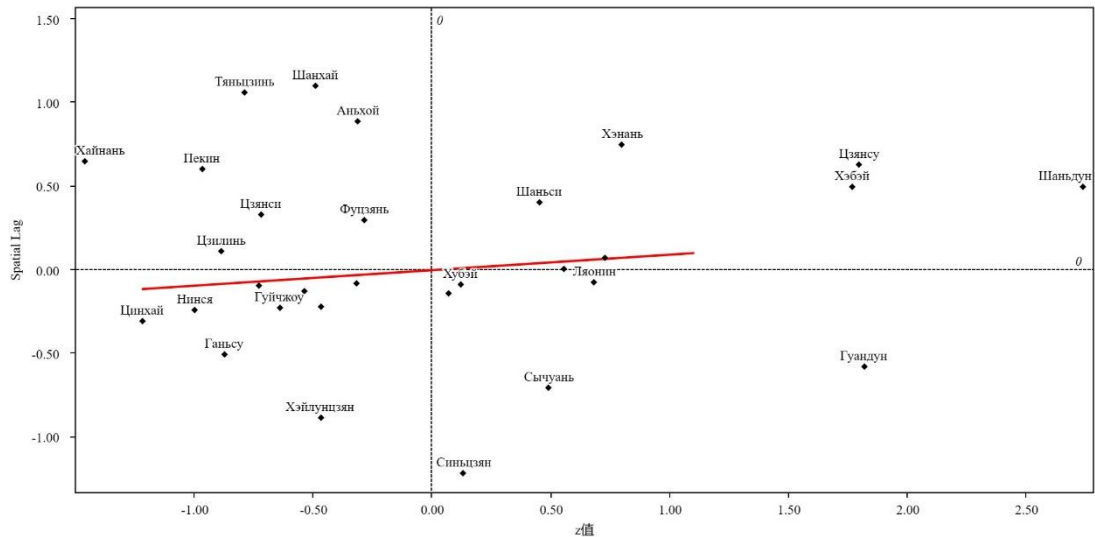


Рисунок 2.4. Диаграмма рассеяния локального индекса Морана по потреблению энергии в 30 провинциях в 2022 г

Источник: рассчитано автором

Как видно из рисунка 2.4, кластеризация по индексу Морана для энергопотребления в 2010 и 2022 годах в основном концентрируется во втором и третьем квадрантах. Провинции Шаньдун, Хэбэй, Цзянсу, Хэнань и Ляонин в 2010 и 2022 годах были расположены в первом квадранте (Н-Н). Данный кластер объединяет территории с высоким энергопотреблением и высокой степенью агломерации, что указывает на положительную пространственную корреляцию. Эти провинции являются ключевыми промышленными центрами Китая, в частности Шаньдун, который отличается широким спектром промышленных отраслей, многие из которых являются высоко энергоемкими и загрязняющими. Развитая промышленная база этих регионов приводит к тому, что значительные производственные мощности могут распространяться и на соседние территории, вызывая совместный рост энергопотребления.

Провинции Цинхай, Нинся, Ганьсу и Хэйлунцзян в оба года находились в третьем квадранте (L-L), представляя собой кластер с низким энергопотреблением и

низкой агломерацией. Это означает, что как их собственное энергопотребление, так и энергопотребление соседних провинций находятся на низком уровне. Данные провинции в основном расположены в Западном Китае, характеризуются относительно невысоким уровнем экономического развития и, как следствие, низким спросом на энергию.

Провинции Тяньцзинь, Шанхай, Аньхой, Пекин, Хайнань, Цзилинь и Фуцзянь в 2010 и 2022 годах локализовались во втором квадранте (L-H). Это регионы с низким энергопотреблением и высокой агломерацией, что означает, что их собственное энергопотребление невелико, в то время как у соседних провинций оно относительно высокое. В структуре экономики этих регионов преобладает доля высокотехнологичных отраслей и сферы услуг при низкой доле промышленности.

Провинции Хэбэй, Сычуань и Гуандун в 2010 и 2022 годах находились в четвертом квадранте (H-L). Этот кластер объединяет регионы с высоким энергопотреблением и низкой агломерацией. Как правило, это провинции, богатые природными ресурсами и имеющие развитую промышленность, но не имеющие аналогичных по структуре соседей. Часто они относятся к категориям регионов со специальными ресурсами или имеют стратегическое значение для национальной ресурсной базы.

Проведенный анализ на основе глобального и локального индексов Морана позволил установить наличие межрегиональной корреляции как в уровне экономического роста, так и в потреблении энергии. Выявленное взаимодействие между региональными энергетическими и экономическими системами обосновывает целесообразность применения пространственных эконометрических моделей для дальнейшего эмпирического анализа.

Таблица 2.5 - Взаимосвязь между уровнем энергетики и экономическим ростом в 30 провинциях Китая в 2022 году

Показатель	Коэффициент	Std.Err	<i>p</i>
с	-1061.789	16939.785	0.950
Потребление энергии	1.212	0.491	0.014*
Оборот рынка технологий	7.183	1.587	0.000**
Инвестиции в энергетическую промышленность	-12.417	4.927	0.012*
Установленная мощность электрогенерации	3.309	1.305	0.011*
Wu (переменная остаточного пространственного лага) (Lambda)	0.591	0.166	0.000**
R-squared	0.799		
<i>F</i>	<i>F</i> (5,24)=11.559, <i>p</i> =0.000		

Примечание: * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Источник: рассчитано автором

Результаты оценки модели SDEM, представленные в таблице 2.5, показывают, что коэффициент пространственного лага ошибки регрессии (lambda) составил 0,591 и является статистически значимым на 1%-ном уровне ($p < 0,01$). Положительное значение данного коэффициента свидетельствует о наличии значимой положительной пространственной зависимости в данных.

Коэффициент регрессии для переменной энергопотребления равен 1,212 и статистически значим на 5%-ном уровне ($p < 0,05$). Это указывает на то, что потребление энергии оказывает существенное положительное влияние на ВРП, что согласуется с фундаментальными экономическими законами. Современная модель экономического роста Китая во многом основана на высоком потреблении энергии в обмен на высокие темпы роста. Значительные объемы энергопотребления стимулируют промышленное производство, что, в свою очередь, генерирует еще больший спрос на энергию, способствуя экономическому развитию.

Коэффициент для переменной оборота рынка технологий составляет 7,183 и является высокосignificantным на 1%-ном уровне ($p < 0,01$). Данный результат свидетельствует о значительном положительном влиянии технологического фактора на ВРП. Инновационное развитие энергетических технологий имеет критическое значение. Провинции-лидеры, такие как Гуандун, Цзянсу и Пекин, в значительной степени опираются на свои технологические преимущества для обеспечения высококачественного развития энергетики. В то же время провинции Хайнань и некоторые западные регионы нуждаются в срочном совершенствовании технического аспекта и по-прежнему требуют политической поддержки в части инвестиций в НИОКР и коммерциализации технологических достижений.

Коэффициент регрессии для инвестиций в энергетическую промышленность принял отрицательное значение -12,417 и является значимым на 5%-ном уровне ($p < 0,05$). Это указывает на то, что на текущем этапе инвестиции в энергетический сектор оказывают сдерживающее влияние на рост ВРП. После пандемии COVID-19 многие регионы Китая прибегли к увеличению инвестиций в основной капитал

для стимулирования экономического восстановления. Однако на фоне снижения потребительского спроса и дефляционного давления, обусловленного глобальным экономическим спадом, данная политика привела к формированию отрицательной взаимосвязи между инвестициями в энергетику и экономическим ростом.

Коэффициент для установленной мощности электрогенерации составил 3,309 и является значимым на 5%-ном уровне ($p < 0,05$), что говорит о существенном положительном влиянии данного фактора на ВРП. Следует отметить, что пространственные лаги по переменным энергопотребления, энергетических технологий, инвестиций в энергетическую промышленность и установленной мощности оказались статистически незначимыми. Это означает отсутствие значимого влияния данных переменных в соседних регионах на ВРП рассматриваемой провинции.

Таблица 2.6 - Разложение пространственного предельного эффекта SDEM

Показатель	ADI(прямой эффект)	АП(косвенный эффект)
Потребление энергии	1.212	0.323
Оборот рынка технологий	7.183	2.434
Инвестиции в энергетическую промышленность	-12.417	-8.070
Установленная мощность электрогенерации	3.309	-0.205

Источник: рассчитано автором

Поскольку коэффициенты модели SDEM не могут быть напрямую интерпретированы как предельные эффекты, для их корректной оценки была применена ме-

тодология, предложенная Цао Фэем и др.¹¹⁴. С использованием уравнений в частных производных были рассчитаны прямые и косвенные (переливные) эффекты для каждой независимой переменной.

Как видно из таблицы 2.6, для переменной энергопотребления наблюдается положительное влияние на рост ВРП, которое декомпозируется на прямой эффект (1,212) и косвенный эффект (0,323). Это свидетельствует о том, что в 2022 году потребление энергии в каждой провинции не только стимулировало рост ВРП в самом регионе, но и оказывало положительное влияние на ВРП соседних территорий. Аналогично, оборот рынка технологий демонстрирует положительное воздействие, включающее прямой эффект (7,183) и косвенный эффект (2,434). Это указывает на то, что совершенствование энергетических технологий способствует росту ВРП как в самом регионе, так и в сопредельных провинциях.

Для инвестиций в энергетическую промышленность зафиксировано отрицательное влияние на рост ВРП, состоящее из прямого эффекта (-12,417) и косвенного эффекта (-8,07). Таким образом, рост инвестиций в энергетику в отдельно взятой провинции оказывал негативное воздействие не только на ее собственный ВРП, но и на ВРП соседних регионов. Во-первых, массированные государственные инвестиции в капиталоемкую энергетическую отрасль могут создавать «эффект вытеснения», отвлекая ограниченные ресурсы (капитал, рабочую силу) из других, более инновационных и эффективных секторов экономики, что сдерживает общий рост в

¹¹⁴ 曹飞. (2017). 中国省域人口城镇化率影响因素的空间杜宾分析. 统计与决策, 33(20), 102-105. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2017.20.025 [Цао Фэй. (2017). Пространственный анализ Дурбина факторов, влияющих на уровень урбанизации провинциального населения Китая. Статистика и решение, 33(20), 102-105. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2017.20.025]

провинции (прямой эффект). Во-вторых, отрицательный косвенный эффект свидетельствует о межрегиональной конкуренции за ресурсы: провинция, реализующая крупные энергетические проекты, может «высасывать» факторы производства из соседних регионов, тем самым подавляя их экономическое развитие. Установленная мощность электрогенерации демонстрирует положительный прямой (3,309) и отрицательный косвенный (-0,205) эффекты. Это означает, что, стимулируя рост ВРП в собственном регионе, увеличение установленной мощности в определенной степени сдерживает рост ВРП в соседних провинциях. Этот отрицательный побочный эффект можно объяснить «эффектом высасывания» или «тенью агломерации». Провинция с новыми и более дешевыми источниками энергии становится привлекательной для энергоемких отраслей, что стимулирует их перемещение из соседних регионов. Такой переток промышленных предприятий и сопутствующих факторов производства (капитала, квалифицированной рабочей силы) в провинцию-лидера повышает её ВРП, но одновременно приводит к деиндустриализации и замедлению роста в соседних регионах, что и фиксирует отрицательный коэффициент.

В целях проверки устойчивости и надежности выводов, полученных на основе модели SDEM, был проведен дополнительный анализ с использованием метода наименьших квадратов (OLS) и модели с пространственной ошибкой (SEM).

Таблица 2.7 - Результаты оценки модели пространственных взаимоотношений
ВРП по энергетике в каждой провинции

	OLS		SEM	
	Коэффициент	p	Коэффициент	p
Потребление энергии	1.242	0.025*	1.302	0.003**
Оборот рынка технологий	6.662	0.001**	6.628	0.000**
Инвестиции в энергетическую промышленность	-14.518	0.020*	-10.588	0.021*
Установленная мощность электрогенерации	3.551	0.026*	2.999	0.019*
Wu (переменная остаточного пространственного лага) (Lambda)	-	-	0.582	0.001**
R-squared	0.793		0.788	
Adjusted R-squared	0.759		-	
F	$F(4,25)=23.891, p=0.000$		$F(5,24)=23.384, p=0.000$	

Примечание: * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Источник: рассчитано автором

Результаты, представленные в таблице 2.7, показывают, что все четыре независимые переменные (энергопотребление, энергетические технологии, инвестиции в энергетическую промышленность и установленная мощность) являются статистически значимыми как в модели OLS, так и в модели SEM. Направление влияния переменных согласуется с результатами основной модели: потребление энергии, уровень технологий и установленная мощность оказывают положительное воздействие на ВРП, в то время как инвестиции в энергетическую промышленность — отрицательное. Данные результаты подтверждают робастность полученных оценок.

При этом модель SDEM демонстрирует наилучшее качество аппроксимации данных, о чем свидетельствует наиболее высокий коэффициент детерминации ($R\text{-squared} = 0,799$). Таким образом, проверка не только подтвердила устойчивость и надежность сделанных выводов, но и продемонстрировала преимущество использования пространственной модели ошибок Дурбина для анализа рассматриваемой проблемы.

Вывод

В этой главе сначала рассматривались монографии китайских и зарубежных ученых о том, как потребление энергии взаимодействует с экономическим ростом. Затем автор использовал модель индекса декаплинга уравнения IPAT для изучения взаимосвязи между потреблением энергии в целом в Китае и экономическим ростом. В конце выбраны данные из 30 провинций Китая на основе «Стратегии производства энергии и революции (2016-2030 гг.)», а также использованы индекс Морана и пространственная модель ошибки Дарбина для изучения влияния и пространственного эффекта развития энергетической промышленности Китая на экономический рост.

Глава 3. Исследование экономических, энергетических и экологических отношений между странами¹¹⁵

3.1 Исследование взаимосвязи между энергетической промышленностью и экономическим ростом на примере Китая и России

Структура энергопотребления как Китая, так и России характеризуется преобладанием традиционных ископаемых видов топлива при вспомогательной роли возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Китай выступает в качестве крупнейшего в мире потребителя энергии и производителя угля. Россия, являясь индустриальной державой с энергетическим сектором в основе экономики, занимает лидирующие позиции в мире по экспорту природного газа и является вторым по величине экспортером нефти. Анализ взаимосвязей между структурой производства/потребления энергии и экономическим ростом в обеих странах демонстрирует, что повышение энергоэффективности, контроль за выбросами диоксида углерода и стимулирование национального экономического роста являются ключевыми стратегическими целями в области энергетики на долгосрочную перспективу.

В международной научной практике для изучения взаимосвязи между производством/потреблением энергии и экономическим ростом широкое применение нашли эконометрические модели, модели серой корреляции, методы, основанные

¹¹⁵ В главе используются материалы из следующих публикаций автора:

Сюй Ю. Исследование потенциала энергетического сотрудничества государств-членов ШОС // Инновации и инвестиции. – 2025. – №. 4. – С. 117-121.

Сюй Ю. Исследование взаимосвязи между энергетической промышленностью и экономическим ростом на примере Китая и России // Экономические стратегии. – 2025. – Т. 27. – №. 1(199). – С. 34-43.

Никоноров С.М., Сюй Ю., Чжан Ш. Формирование управленческих отношений на основе взаимосвязи экономики и энергетики в странах ШОС // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2024. – №. 3. – С. 67-74.

на индексе декаплинга, а также модели «затраты-выпуск». В рамках эконометрического подхода преимущественно используются тест на стационарность ADF, коинтеграционная регрессия и тест на причинность по Грейнджеру для исследования долгосрочных и причинно-следственных связей между переменными¹¹⁶. Модель серой корреляции является одним из методов анализа так называемых «серых систем», согласно которому высокая степень корреляции между двумя факторами констатируется в случае совпадения тенденций их изменения в процессе развития системы. Теория декаплинга постулирует, что две переменные, изначально находившиеся в зависимых отношениях, с течением времени могут утратить эту зависимость и достичь независимого развития. Модель «затраты-выпуск», базирующаяся на теории общего равновесия Вальраса, позволяет на основе таблиц «затраты-выпуск» анализировать влияние различных факторов на экономический рост или энергопотребление, что создает основу для построения моделей политического моделирования и экономического прогнозирования.

Между показателями энергетической промышленности и ростом ВВП могут существовать как долгосрочные, так и краткосрочные взаимосвязи. Для анализа данных аспектов в настоящем исследовании применяются коинтеграционное уравнение и модель векторной коррекции ошибок (VECM), которые позволяют провести соответствующий долгосрочный и краткосрочный анализ.

В регрессионном анализе, чтобы избежать возникновения псевдорегрессии и

¹¹⁶ Лола, И. С. Применение методов векторной авторегрессии в исследовании влияния малого розничного предпринимательства на динамику торговли / И. С. Лола, С. В. Глуздовский // Вопросы статистики. – 2018. – Т. 25, № 11. – С. 3-12. – EDN VNBZMD.

обеспечить достоверность результатов оценки, обычно необходимо проводить тесты на стационарность данных временных рядов и панельных данных. Тест единичного корня — более распространенный метод тестирования. Проверка стационарности проводилась с помощью расширенного теста Дикки-Фуллера (ADF-test), и может быть представлена в приведенной форме¹¹⁷:

$$\Delta X_t = a_0 + \theta X_{t-1} + a_1 \Delta X_{t-1} + a_2 \Delta X_{t-2} + \dots + a_p \Delta X_{t-p} + a_p \quad (3.1)$$

Где $X_{t...(t-p)}$ -исследуемая переменная, $a_{0...t}$ -коэффициенты, θ -единичные корни

Для нестационарных временных рядов их линейная комбинация может оказаться стационарной, что позволяет выявить долгосрочную стабильную равновесную связь между переменными. Такая стационарная линейная комбинация именуется коинтеграционным уравнением. Существуют два основных метода тестирования коинтеграции: двухшаговый тест Энгла-Грейнджера и тест Йохансена-Фишера, который позволяет выявить наличие стационарных линейных комбинаций временных рядов, интегрированных первого порядка. В данной работе используется тест Йохансена-Фишера.

Модель VECM по своей сути является ограниченной формой векторной авторегрессии (VAR), в которую включен член коррекции ошибок, что делает ее пригодной для анализа нестационарных рядов с установленными коинтеграционными соотношениями. В рамках данного исследования изучается взаимосвязь между производством/потреблением в энергетической промышленности и ростом ВВП Китая и России. В качестве независимых переменных были рассмотрены восемь

¹¹⁷ Матвеев, М. Г. (2015). Параметрическая идентификация моделей векторной авторегрессии. Современная экономика: проблемы и решения, 5, 133-142. извлечено от <https://journals.vsu.ru/meps/article/view/4347>

факторов: производство угля (CP), нефти (PP), природного газа (NP), возобновляемой энергии (RP), а также потребление угля (CC), нефти (PC), природного газа (NC) и возобновляемой энергии (RC).

Была создана модель VECM с Китаем и Россией в качестве объектов исследования:

$$\begin{aligned} \Delta CHGDP = & \sum_{i=1}^m a_{1,i} \Delta CHCP_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_{1,i} \Delta CHPP_{t-i} + \sum_{i=1}^m c_{1,i} \Delta CHNP_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^m d_{1,i} \Delta CHRP_{t-i} + \sum_{i=1}^m e_{1,i} \Delta CHCC_{t-i} + \sum_{i=1}^m f_{1,i} \Delta CHPC_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^m g_{1,i} \Delta CHNC_{t-i} + \sum_{i=1}^m h_{1,i} \Delta CHRC_{t-i} + \gamma_1 ECM_{t-1} + \omega_1 \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} \Delta RUGDP = & \sum_{i=1}^m a_{1,i} \Delta RUCP_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_{1,i} \Delta RUPP_{t-i} + \sum_{i=1}^m c_{1,i} \Delta RUNP_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^m d_{1,i} \Delta RURP_{t-i} + \sum_{i=1}^m e_{1,i} \Delta RUCC_{t-i} + \sum_{i=1}^m f_{1,i} \Delta RUPC_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^m g_{1,i} \Delta RUNC_{t-i} + \sum_{i=1}^m h_{1,i} \Delta RURC_{t-i} + \gamma_1 ECM_{t-1} + \omega_1 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Среди них: Δ представляет разность первого или второго порядка, i — количество лагов, $a_{1,i} b_{1,i} c_{1,i} d_{1,i} e_{1,i} f_{1,i} g_{1,i} h_{1,i}$ представляют, поскольку переменный коэффициент, отражает изменения зависимой переменной, когда каждая переменная колеблется в краткосрочной перспективе, ω_1 представляет собой случайное отклонение, ECM_{t-1} представляет коррекцию ошибок, γ_1 представляет собой параметр настройки. Если γ_1 является отрицательным числом, это означает, что текущее колебание может устранить ошибку предыдущего периода. Если γ_1 является положительным числом, ошибка не только не будет устранена, но и станет больше.

На основе этих переменных были построены модели VECM для Китая и России. В качестве зависимых переменных выбраны ВВП Китая (CHGDP) и ВВП России (RUGDP). Независимыми переменными для Китая являются производство угля

(CHCP), нефти (CHPP), природного газа (CHNP), ВИЭ (CHRP), а также потребление угля (CHCC), нефти (CHPC), природного газа (CHNC) и ВИЭ (CHRC). Для России выбраны аналогичные переменные: RUCP, RUPP, RUNP, RURP, RUCC, RUPC, RUNC, RURC. К категории ВИЭ отнесены гидроэнергетика, солнечная, ветровая, приливная и геотермальная энергия.

Эмпирической базой анализа послужили данные из «Китайского энергетического статистического ежегодника», Energy Information Administration (EIA), EMISS и Росстата за период с 2000 по 2022 год. Ввиду того что временной ряд общего потребления угля в Китае не являлся стационарным даже после взятия разности второго порядка, для данной переменной было проведено логарифмирование.

Таблица 3.1 - Результаты ADF-теста в Китае

Переменная	t	p- значение	AIC	BIC	Результаты
ВВП_КНР	-0.55	0.882	369.332	376.88	нестационарный
Δ ВВП_КНР	-0.849	0.804	367.722	374.012	нестационарный
Δ^2 ВВП_КНР	-5.53	0	378.653	382.541	стационарный
ДУ_КНР	0.229	0.974	149.055	153.157	нестационарный
Δ ДУ_КНР	-1.728	0.417	147.114	149.848	нестационарный
Δ^2 ДУ_КНР	-4.449	0	146.042	148.707	стационарный
ДН_КНР	-1.495	0.536	-9.005	-6.203	нестационарный
Δ ДН_КНР	-4.122	0.001	-6.873	-4.139	стационарный
Δ^2 ДН_КНР	-8.133	0.000	2.090	4.754	стационарный
ДПГ_КНР	7.005	1	-43.99	-41.187	нестационарный
Δ ДПГ_КНР	-1.92	0.322	-37.993	-35.259	нестационарный

Продолжение таблицы 3.1

Переменная	t	p- значение	AIC	BIC	Результаты
Δ^2 ДПГ_КНР	-5.827	0	-34.283	-30.395	стационарный
ПРВЭ_КНР	13.099	1	-19.666	-16.864	нестационарный
Δ ПРВЭ_КНР	1.639	0.998	-11.076	-4.785	нестационарный
Δ^2 ПРВЭ_КНР	-4.565	0	-9.946	-4.913	стационарный
ПУ_КНР	-0.065	0.953	-90.666	-85.337	нестационарный
Δ ПУ_КНР	-2.005	0.284	-76.458	-68.212	нестационарный
Δ^2 ПУ_КНР	-3.279	0.016	-85.606	-81.718	стационарный
ПН_КНР	0.399	0.981	51.876	54.678	нестационарный
Δ ПН_КНР	-4.193	0.001	50.994	53.728	стационарный
Δ^2 ПН_КНР	-5.491	0.000	54.230	58.117	стационарный
ППГ_КНР	-0.924	0.78	13.399	23.619	нестационарный
Δ ППГ_КНР	0.87	0.993	12.76	21.844	нестационарный
Δ^2 ППГ_КНР	-5.568	0	11.892	19.84	стационарный
ПТВЭ_КНР	11.749	1	-13.409	-10.607	нестационарный
Δ ПТВЭ_КНР	1.059	0.995	-6.314	-0.024	нестационарный
Δ^2 ПТВЭ_КНР	-5.207	0	-6.963	-1.931	стационарный

Примечание — Δ обозначает первую разность, Δ^2 — вторую разность.

Источник: рассчитано автором на основе опубликованных данных

Таблица 3.2 - Результаты ADF-теста в России

Переменная	t	p- значение	AIC	BIC	Результаты
ВВП_РФ	0.179	0.971	386.011	388.813	нестационарный
Δ ВВП_РФ	-3.87	0.002	366.58	369.314	стационарный
Δ^2 ВВП_РФ	-4.666	0.000	335.896	340.929	стационарный
ДУ_РФ	0.319	0.978	40.212	44.314	нестационарный
Δ ДУ_РФ	-5.456	0	38.326	41.06	стационарный
Δ^2 ДУ_РФ	-2.675	0.078	29.557	39.946	стационарный
ДН_РФ	-0.351	0.918	78.005	80.807	нестационарный

Продолжение таблицы 3.2

Переменная	t	p- значение	AIC	BIC	Результаты
Δ ДН_РФ	-2.235	0.194	56.057	62.348	нестационарный
Δ^2 ДН_РФ	-5.029	0	64.386	68.273	стационарный
ДПГ_РФ	-0.92	0.781	93.763	97.865	нестационарный
Δ ДПГ_РФ	-6.389	0	92.693	95.427	стационарный
Δ^2 ДПГ_РФ	-9.559	0.000	101.732	104.396	стационарный
ПРВЭ_РФ	1.047	0.995	-70.282	-64.954	нестационарный
Δ ПРВЭ_РФ	-5.153	0	-71.033	-67.036	стационарный
Δ^2 ПРВЭ_РФ	-3.362	0.012	-54.755	-48.661	стационарный
ПУ_РФ	-4.013	0.001	12.433	15.235	стационарный
Δ ПУ_РФ	-4.766	0.000	19.756	23.752	стационарный
Δ^2 ПУ_РФ	-3.284	0.016	22.497	30.446	стационарный
ПН_РФ	-1.446	0.56	21.788	25.89	нестационарный
Δ ПН_РФ	-6.892	0	22.031	24.766	стационарный
Δ^2 ПН_РФ	-8.146	0.000	21.820	25.708	стационарный
ППГ_РФ	-1.475	0.546	78.528	81.331	нестационарный
Δ ППГ_РФ	-5.66	0	78.848	81.582	стационарный
Δ^2 ППГ_РФ	-6.009	0.000	78.272	83.304	стационарный
ПТВЭ_РФ	1.127	0.995	-51.339	-42.806	нестационарный
Δ ПТВЭ_РФ	-1.538	0.515	-51.634	-44.32	нестационарный
Δ^2 ПТВЭ_РФ	-3.747	0.004	-50.702	-44.607	стационарный

Примечание — Δ обозначает первую разность, Δ^2 — вторую разность.

Источник: рассчитано автором на основе опубликованных данных.

Согласно данным, представленным в таблице 3.1, за исключением рядов производства и потребления нефти в Китае, которые становятся стационарными после взятия первой разности, остальные переменные достигают стационарности после взятия разности второго порядка. Руководствуясь принципом одинакового порядка

интегрирования, для рядов производства и потребления нефти также была взята вторая разность, после чего они продемонстрировали стационарность на 5%-ном уровне значимости.

Анализ данных для России (таблица 3.2) показал, что, за исключением производства нефти и потребления ВИЭ, которые становятся стационарными после второй разности, остальные переменные достигают стационарности после первой разности. Для приведения всех рядов к единому порядку интегрирования для остальных переменных также была взята вторая разность, в результате чего все ряды стали стационарными на 5%-ном уровне значимости.

Таблица 3.3 - Результаты модели коинтеграционной регрессии Китая

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка	t- статистика	p- значение
c	26.569	85.843	0.310	0.760
ПРВЭ_КНР	-280.987	429.340	-0.654	0.519
ДН_КНР	36.967	398.069	0.093	0.927
ДПГ_КНР	274.179	844.646	0.325	0.748
ДУ_КНР	0.303	28.760	0.011	0.992
ПТВЭ_КНР	136.663	276.083	0.495	0.625
ПН_КНР	-188.807	80.222	-2.354	0.027
ППГ_КНР	766.343	176.752	4.336	0.000
ПУ_КНР	1263.135	1244.810	1.015	0.320
F	$F(4,24)=8.038, p=0.000$		Durbin- Watson	3.198
$nobs$	29		AIC	415.327
R^2	0.573		BIC	422.163
Скорректированный R^2	0.501		RMSE	262.291

Источник: рассчитано автором

Модель VECM может вывести отношения долгосрочного равновесия путем определения уравнения коинтеграции. Согласно таблице 3.3, мы выводим уравнение коинтеграции связи между энергетической промышленностью Китая и экономическим ростом:

$$\begin{aligned}
 CHGDP = & 26.569 - 280.987CHRP + 36.967CHPP + 274.179CHNP + \\
 & 0.3032CHSP + 136.663CHRC - 188.807CHPC + 766.343CHNC + 1263.135CHCC
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

Коинтеграционная модель для Китая значима в целом ($F = 8,038$; $p = 0,000$). На уровне 5 % значимы потребление нефти (отрицательный эффект) и природного газа

(положительный эффект); остальные переменные статистически незначимы.

Таблица 3.4 - Результаты модели коинтеграционной регрессии России

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка	t- статистика	p- значение
c	3.839	18.262	0.210	0.835
ПРВЭ_РФ	400.936	193.617	2.071	0.049
ДН_РФ	24.192	25.493	0.949	0.352
ДПГ_РФ	30.481	14.532	2.098	0.047
ДУ_РФ	123.435	40.810	3.025	0.006
ПТВЭ_РФ	152.740	178.581	0.855	0.401
ПН_РФ	75.542	40.119	1.883	0.072
ППГ_РФ	54.894	15.895	3.454	0.002
ПУ_РФ	112.980	45.036	2.509	0.019
F	$F(4,24)=12.768, p=0.000$		Durbin- Watson	2.426
$nobs$	29		AIC	352.305
R^2	0.680		BIC	359.141
Скорректированный R^2	0.627		RMSE	88.488

Источник: рассчитано автором

По данным таблицы 3.4 выводим коинтеграционное уравнение связи между энергетической промышленностью России с экономическим ростом:

$$RUGDP = 3.839 + 400.936RURP + 24.192RUPP + 30.481RUNP + 123.435RUCP + 152.740RURC + 75.542RUPC + 54.894RUNC + 112.980RUCC \quad (3.5)$$

Для России коинтеграционное уравнение также оказалось значимым ($F = 12,768, p = 0,000$). На 5%-ном уровне значимыми являются производство ВИЭ, про-

изводство природного газа и потребление угля. На 1%-ном уровне значимы производство угля и потребление природного газа. Все эти переменные оказывают положительное долгосрочное равновесное влияние на рост ВВП России. Остальные три переменные не продемонстрировали статистической значимости.

Таким образом, тест на коинтеграцию выявил наличие долгосрочной устойчивой равновесной взаимосвязи между ростом ВВП Китая и потреблением нефти и газа. Для России установлена долгосрочная стабильная равновесная связь между ростом ВВП и производством ВИЭ¹¹⁸, добычей и потреблением природного газа, а также производством и потреблением угля. Для изучения краткосрочных равновесных взаимосвязей между переменными требуется построение модели VECM (таблицы 3.5, 3.6).

Таблица 3.5 - Результаты оценки модели VECM в Китае

Показатель	Коэффициент	Стандар тная ошибка	t- статист ика	p- значени е
ЕСМ(-1)	-1.676	0.165	-10.140	0.000
с	21.096	48.886	0.432	0.670
ПРВЭ_КНР	61.112	161.734	0.378	0.709
ДН_КНР	-130.707	146.361	-0.893	0.382
ДПГ_КНР	369.517	317.898	1.162	0.258
ДУ_КНР	22.439	13.184	1.702	0.104
ПТВЭ_КНР	195.023	126.589	1.541	0.138
ПН_КНР	-193.226	40.611	-4.758	0.000
ППГ_КНР	695.522	97.899	7.104	0.000
ПУ_КНР	2136.012	965.369	2.213	0.038

¹¹⁸ Под возобновляемой энергией здесь и далее в исследовании понимается совокупный объем производства, гидро- и прочей возобновляемой энергии, согласно методологии используемых источников данных

Показатель	Коэффициент	Стандар тная ошибка	t- статист ика	p- значени е
F	$F(5,21)=50.454, p=0.000$		Durbin- Watson	1.779
$nobs$	27		AIC	373.926
Скорректированный R^2	0.905		RMSE	197.038

Источник: рассчитано автором

Примечание — ПРВЭ — производство возобновляемой энергии; ДН — производство нефти; ДПГ — производство природного газа; ДУ — производство угля; ПТВЭ — потребление возобновляемой энергии; ПН — потребление нефти; ППГ — потребление природного газа; ПУ — потребление угля. Индексы КНР и РФ обозначают соответственно Китайскую Народную Республику и Российскую Федерацию.

Как следует из таблицы 3.5, переменные производства возобновляемой энергии, нефти, природного газа и угля в Китае не являются значимыми на 10%-ном уровне. Это указывает на то, что производство энергии в Китае не вызывает краткосрочных колебаний и сбалансированных корректировок ВВП в текущем периоде. В секторе потребления переменные потребления нефти и природного газа являются значимыми на уровне 1% с коэффициентами лага -193,226 и 695,522 соответственно. Это свидетельствует о том, что потребление нефти оказывает негативное влияние на рост ВВП Китая в краткосрочной перспективе, тогда как потребление природного газа оказывает значительное положительное краткосрочное воздействие. В то же время, потребление угля также является значимым фактором, но на уровне 5% с коэффициентом 2136,012, что подчеркивает его роль как фактора, оказывающего наибольшее краткосрочное влияние на рост ВВП Китая.

Коэффициент коррекции ошибок составил -1,676 и является значимым на

уровне 0,01. Это означает, что при отклонении системы от долгосрочного равновесия корректирующая сила в размере -1,676 будет возвращать неравновесную динамику к равновесному состоянию в каждом периоде. Данный результат подтверждает наличие механизма коррекции ошибок, способствующего поддержанию долгосрочного равновесия.

Таблица 3.6 - Результаты оценки модели VECM в России

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка	t- статистика	p- значение
ЕСМ(-1)	-1.158	0.213	-5.446	0.000
с	6.582	18.833	0.349	0.730
ПРВЭ_РФ	251.209	145.873	1.722	0.100
ДН_РФ	19.617	15.532	1.263	0.220
ДПГ_РФ	22.078	9.909	2.228	0.037
ДУ_РФ	125.695	24.045	5.227	0.000
ПТВЭ_РФ	-14.902	125.142	-0.119	0.906
ПН_РФ	93.971	26.811	3.505	0.002
ППГ_РФ	46.888	9.238	5.076	0.000
ПУ_РФ	102.346	26.701	3.833	0.001
F	$F(5,21)=35.783, p=0.000$		Durbin- Watson	2.034
$nobs$	27		AIC	328.757
R^2	0.895		BIC	336.532
Скорректированный R^2	0.870		RMSE	85.364

Источник: рассчитано автором

Как следует из таблицы 3.6, производство природного газа в России демонстрирует статистическую значимость на 5%-ном уровне при коэффициенте 22,078,

что указывает на положительное воздействие данной отрасли на рост ВВП в краткосрочном периоде. В свою очередь, производство угля является значимым на 1%-ном уровне с коэффициентом 125,695, свидетельствуя о том, что угольная промышленность оказывает более выраженное положительное влияние на динамику ВВП в краткосрочной перспективе.

В сфере энергопотребления было установлено, что потребление возобновляемой энергии в России не является статистически значимым, а следовательно, не порождает краткосрочных колебаний и сбалансированных корректировок в росте ВВП. Напротив, потребление угля, нефти и природного газа является значимым на 1%-ном уровне, и все соответствующие коэффициенты имеют положительные значения. Это указывает на то, что потребление невозобновляемых энергоресурсов в России вызывает положительные краткосрочные флуктуации в динамике ВВП. Коэффициент коррекции ошибок составляет -1,158 и является значимым на 1%-ном уровне, что подтверждает наличие механизма, возвращающего систему к состоянию равновесия при возникновении краткосрочных отклонений.

В рамках данного исследования на основе временных рядов за период с 2000 по 2022 год был проведен сравнительный анализ взаимосвязи между энергетической промышленностью и экономическим ростом в Китае и России. Установлено, что временные ряды ВВП, а также производства и потребления энергии в обеих странах становятся стационарными после взятия разности второго порядка, что создает необходимые предпосылки для проведения коинтеграционного анализа.

Тест на коинтеграцию позволил выявить, что в контексте долгосрочных взаимосвязей для Китая только потребление нефти и природного газа имеет устойчивую

колебательную связь с ростом ВВП, в то время как остальные переменные не оказывают долгосрочного равновесного влияния. Для России, напротив, производство ВИЭ, угля и природного газа, а также потребление угля и природного газа оказывают долгосрочное сбалансированное воздействие на рост ВВП. Статистически незначимым оказалось лишь долгосрочное влияние потребления ВИЭ, а также производства и потребления нефти.

Применение модели VECM для анализа краткосрочных колебаний показало, что производство энергии в Китае не вносит значимых равновесных корректировок в динамику ВВП в краткосрочном периоде. Потребление угля и природного газа оказывает положительное влияние на рост ВВП Китая, причем воздействие потребления угля является наиболее сильным, тогда как потребление нефти оказывает отрицательный эффект. Наличие механизма коррекции ошибок (коэффициент -1,676) обеспечивает возврат системы к долгосрочному равновесию при возникновении краткосрочных шоков.

Для России установлено, что производство природного газа и угля положительно влияет на рост ВВП, причем вклад угольной промышленности является более существенным. Как и в Китае, ни производство, ни потребление ВИЭ не оказали краткосрочного влияния на рост ВВП. Потребление ископаемого топлива (уголь, нефть, газ) вызывает положительные краткосрочные колебания ВВП. Механизм коррекции ошибок (коэффициент -1,158) также обеспечивает стабильность системы.

В целом, для России характерны устойчивые долгосрочные и краткосрочные взаимосвязи между производством и потреблением невозобновляемых топливно-

энергетических ресурсов (ТЭР) и ростом ВВП. В условиях санкционного давления, последовавшего за российско-украинским конфликтом, Российская Федерация приняла ряд ответных мер, что в определенной степени повысило устойчивость нефтегазовой промышленности. Приоритетным направлением стала переориентация поставок энергоресурсов в Азиатско-Тихоокеанский регион, создание газового альянса Россия-Казахстан-Узбекистан¹¹⁹, и укрепление энергетического сотрудничества с КНР. Несмотря на некоторое снижение экспорта природного газа, данный ресурс сохраняет стабильную краткосрочную и долгосрочную положительную связь с ВВП.

Для Китая производство невозобновляемой энергии не демонстрирует устойчивой связи с ростом ВВП, тогда как потребление угля, нефти и природного газа поддерживает долгосрочную и краткосрочную равновесную взаимосвязь с экономическим ростом. Китай является мировым лидером по потреблению невозобновляемых энергоресурсов и, как следствие, по выбросам углерода. Высокая зависимость от импорта сырой нефти (73%) и природного газа (45%) в 2022 году обостряет проблему национальной энергетической безопасности, усугубляемую финансовыми рисками и волатильностью цен на мировых энергетических рынках.

Потребление возобновляемой энергии не оказало сбалансированного долгосрочного и краткосрочного влияния на рост ВВП ни в Китае, ни в России. В условиях ускорения глобального энергетического перехода, общей тенденцией которого является развитие низкоуглеродной энергетики, промышленность ВИЭ¹²⁰ в обеих

¹¹⁹ 岳小文,. (2022)油气工业的复苏:2021 年俄罗斯油气工业回顾.国际石油经济,,30(5):47-52 [Юэ Сяовэнь,. (2022) Восстановление нефтегазовой промышленности: обзор нефтегазовой промышленности России в 2021 году. Международная нефтяная экономика, , 30(5): 47-52]

¹²⁰ 侯美芳.(2023) 碳中和目标下中国能源转型与能源安全现状、挑战与对策. 西南石油大学学报(自然科学版), 45(2):

странах сталкивается с проблемами конкурентоспособности. На текущем этапе ни один из альтернативных источников энергии не способен в полной мере заменить нефть и природный газ в их стратегической роли.

3.2. Исследование взаимосвязи экономики, энергетики и окружающей среды государств-членов ШОС на основе динамической панельной модели

За более чем двадцатилетний период своего функционирования Шанхайская организация сотрудничества (далее – ШОС) трансформировалась во всеобъемлющую региональную организацию, обладающую значительным масштабом и влиянием, выходящим далеко за пределы ее географического охвата. С присоединением Ирана в июле 2023 года ШОС вступила в новый этап своего развития. В настоящее время в состав Организации входят девять государств-членов: Китайская Народная Республика, Российская Федерация, Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан, Пакистан, Индия и Иран. Кроме того, три страны имеют статус наблюдателя. Пространство ШОС объединяет как ведущих мировых производителей и потребителей энергии, так и ключевые транзитные государства. Энергетический сектор, выступая в качестве одной из опорных отраслей социального развития, оказывает существенное воздействие на экономический рост стран-участниц. Энергетика и транспорт исторически являются центральными областями регионального экономического сотрудничества в рамках ШОС, обладающими сравнительными преимуществами. Эскалация российско-украинского конфликта привела к усугублению мирового энергетического кризиса и спровоцировала глубокие корректировки в глобальной структуре торговли энергоносителями, а также в геополитической и экономической архитектуре. В этой связи проблема координации взаимоотношений между экономикой, энергетикой и состоянием окружающей среды в контексте обеспечения устойчивого развития приобретает особую актуальность и находится в фокусе научного внимания.

Становление исследований в области энергоэкономических взаимосвязей произошло на период первого нефтяного кризиса. Серьезные экономические последствия данного кризиса послужили катализатором для осознания научным сообществом значимости влияния потребления энергии на макроэкономические процессы^{121, 122}. С этого момента многие исследователи сосредоточили усилия на изучении причинно-следственных связей между потреблением энергии (в зависимости от целей исследования могут использоваться такие показатели, как потребление невозобновляемой или возобновляемой энергии, потребление электроэнергии и др.) и экономическим ростом с применением различных эконометрических методов. В результате были сформулированы четыре верифицируемые гипотезы: гипотеза роста, гипотеза консервации, гипотеза обратной связи и нейтральная гипотеза^{123, 124, 125, 126}. Ряд исследователей также придерживается мнения о нелинейном характере данной взаимосвязи, предполагая наличие зависимости, аналогичной экологической кривой Кузнецца. Так, Ахмад и др.¹²⁷, проанализировав научные публикации по

¹²¹ Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of political economy*, 91(2), 228-248. [Гамильтон, Дж. Д. (1983). Нефть и макроэкономика после Второй мировой войны. *Журнал политической экономии*, 91(2), 228-248.]

¹²² Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 401-403. [Крафт, Дж. и Крафт, А. (1978). О взаимосвязи между энергией и ВВП. *Журнал энергетики и развития*, 401-403.]

¹²³ Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy policy*, 38(1), 340-349. [Озтюрк, И. (2010). Обзор литературы по взаимосвязи энергетики и роста. *Энергетическая политика*, 38(1), 340-349.]

¹²⁴ Omri, A. (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 951-959. [Омри, А. (2014). Международный обзор литературы по взаимосвязи между энергетикой и экономическим ростом: данные исследований, посвященных конкретным странам. *Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики*, 38, 951-959.]

¹²⁵ Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741. [Бхаттачарья, М., Парамати, С. Р., Озтюрк, И. и Бхаттачарья, С. (2016). Влияние потребления возобновляемой энергии на экономический рост: данные из 38 ведущих стран. *Прикладная энергетика*, 162, 733-741.]

¹²⁶ Tiba, S., & Omri, A. (2017). Literature survey on the relationships between energy, environment and economic growth. *Renewable and sustainable energy reviews*, 69, 1129-1146. [Тиба, С. и Омри, А. (2017). Обзор литературы по взаимосвязи между энергией, окружающей средой и экономическим ростом. *Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики*, 69, 1129-1146.]

¹²⁷ Ahmad, N., Aghdam, R. F., Butt, I., & Naveed, A. (2020). Citation-based systematic literature review of energy-growth nexus: An overview of the field and content analysis of the top 50 influential papers. *Energy Economics*, 86. [Ахмад, Н., Агдам, Р. Ф., Батт, И. и Навид, А. (2020). Систематический обзор литературы на основе цитирования по теме «Энергетика-рост»: обзор области и анализ содержания 50 самых влиятельных статей. *Energy Economics*, 86.]

данной тематике до 2017 года, констатировали наличие множества исследований, выводы которых, однако, не сводятся к единому мнению. Ранние работы в этой области проводились преимущественно экономистами и основывались на методах анализа временных рядов для отдельных стран или регионов, без проведения межстранового анализа¹²⁸. Современные исследования в сфере энергетики, экономики и экологии можно классифицировать по трем основным направлениям. Первое направление связано с построением энергоэкономических многокритериальных моделей с использованием байесовского сетевого анализа, многокритериального линейного программирования и других инструментов с целью моделирования социально-экономического развития и выработки политических рекомендаций. Второе направление предполагает использование одной из систем в качестве зависимой переменной, а двух других — в качестве объясняющих, с построением моделей VAR, панельных квантильных регрессий и применением панельного анализа причинности по Грейнджеру для изучения каузальных связей. Третье направление заключается в разработке системы индексов для оценки устойчивого развития энергетики, окружающей среды и экономики в исследуемом регионе, а также в расчете степени их координации.

Для изучения динамических взаимосвязей между энергетикой, экономикой и окружающей средой в государствах-членах ШОС в настоящей работе применяется многофакторная динамическая панельная модель. В качестве зависимой переменной выступает экономический рост (ВВП), а в качестве объясняющих переменных

¹²⁸ Ma Shiping, Liu Qianqian & Zhang Wenzhong. (2022). Research progress and prospects on the energy-economy-environment relationship from a spatial perspective. *Advances in Geographic Science* (08), 1530-1541. [Ма Шипин, Лю Цяньцян и Чжан Вэньчжун. (2022). Прогресс и перспективы исследований взаимосвязи энергии, экономики и окружающей среды с пространственной точки зрения. *Успехи географической науки* (08), 1530-1541.]

выбраны энергоемкость, потребление энергии и выбросы диоксида углерода. Модель охватывает данные по N странам за T лет и сопоставляется со статической панельной моделью. Рассматриваемая модель имеет вид:

$$y_{i,t} = \sum_{j=1}^{p+1} a_j y_{i,t-j} + \beta(L)x_{i,t} + \eta_i + \Phi_t + \varepsilon_{i,t}, i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.6)$$

Среди них $y_{i,t}$ — зависимая переменная, $y_{i,t-1}$ — запаздывающий член зависимой переменной, $x_{i,t}$ — объясняющая переменная динамической панельной модели, η_i — индивидуальный фиксированный эффект, t — фиксированный по времени эффект, $\varepsilon_{i,t}$ — случайная составляющая.

Объектом исследования выступают девять государств-членов ШОС. Эмпирической базой послужили панельные данные за период с 2000 по 2022 год. Источниками данных являются Управление энергетической информации США (EIA) и статистический ежегодник ВР (BP Energy Statistical Yearbook 1965-2021). Описательная статистика переменных представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Описательные статистики переменных

Переменная	N	Min	Max	Среднее	Среднеквадратичное отклонение
Экономическое развитие	207	9	26395	2835.61	5025.485
Потребление энергии	207	0	174	19.25	34.504
Энергоемкость	207	3	25	7.83	4.111
Выбросы углекислого газа	207	2	1845	396.52	576.696
Всего допустимых переменных	828	-	-	-	-

Примечание:“-” — Нет данных

Источник: рассчитано автором

С целью нивелирования потенциальных проблем эндогенности в построенной модели ее верификация осуществляется с применением обобщенного метода моментов (GMM). Для повышения согласованности и надежности результатов, а также для решения проблемы инструментальных переменных, которая может возникнуть при использовании дифференциального GMM (DIF-GMM) на малых выборках, для оценки параметров модели применяется системный GMM (SYS-GMM). Выполнено исследование взаимосвязи между экономическим развитием, энергопотреблением, энергоемкостью и выбросами углекислого газа.

Таблица 3.8 - Тест на сверхидентификацию Хансена и тест AR

Hansen p-value			Arellano-Bond(тест AR)		
Wald χ^2	df	p	-	z	p
8.259	1070	1.000	AR(1)	-1.417	0.156
-	-	-	AR(2)	0.816	0.414

Источник: рассчитано автором

Проверка валидности используемых инструментальных переменных традиционно осуществляется посредством р-значения теста Хансена, нулевая гипотеза которого предполагает отсутствие корреляции между инструментальными переменными и остатками. Одновременно для выявления автокорреляции в остатках применяется тест Ареллано-Бонда (тест AR), нулевая гипотеза которого заключается в отсутствии автокорреляции. Как следует из таблицы 3.8, тест Хансена подтверждает нулевую гипотезу ($p > 0,05$), что свидетельствует об эффективности набора инструментальных переменных. Модель также успешно проходит тест AR ($p > 0,05$), что подтверждает отсутствие автокорреляции в остатках и корректность спецификации модели.

Таблица 3.9 - Результаты исследования динамической панельной модели

Показатель	Коэффициент	Робастная стандартная ошибка	z-статистика	p-значение
	60.217	31.381	1.919	0.055
Экономический рост	0.993	0.020	49.037	0.000**
Выбросы угле- кислого газа	-0.159	0.015	-10.436	0.000**
Энергоемкость	-4.612	2.208	-2.088	0.037*
Потребление энергии	11.530	2.461	4.684	0.000**

Примечание:* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Источник: рассчитано автором

Результаты оценки, представленные в таблице 3.9, свидетельствуют о статистической значимости влияния экономического развития, энергопотребления, энергоемкости и выбросов углекислого газа в государствах-членах ШОС. Оценочный коэффициент для переменной энергопотребления составляет 11,53 и является значимым на 1%-ном уровне. Данный результат указывает на положительное стимулирующее воздействие потребления энергии на экономический рост, что интерпретируется как прирост экономического уровня на 11,53% при увеличении энергопотребления на 1%. Этот вывод согласуется с результатами исследований многих ученых, подтверждая, что энергия, как фактор производства, является одной из ключевых движущих сил экономического роста. Тем не менее, учитывая исчерпаемость ресурсов и высокую энергозависимость текущей модели экономического развития

стран ШОС, недостаточное энергообеспечение может стать одним из важных ограничителей их дальнейшего роста.

Оценочный коэффициент энергоемкости составляет -4,612 и является значимым на 5%-ном уровне. Это свидетельствует об обратном влиянии энергоемкости на экономический рост: увеличение энергоемкости на 1% приводит к снижению экономического уровня на 4,612%. Энергоемкость характеризует эффективность использования энергии; следовательно, ее снижение означает рост энергоэффективности. Полученный результат указывает, что взаимосвязь экономического роста и энергоемкости соответствует нисходящему участку перевернутой U-образной кривой. Это означает, что энергоемкость в государствах-членах уже преодолела точку перегиба, и экономический рост более не зависит исключительно от наращивания энергопотребления. Напротив, дальнейшее увеличение энергопотребления, ведущее к росту энергоемкости (снижению эффективности), оказывает сдерживающее влияние на экономический рост. Таким образом, на текущем этапе для содействия экономическому росту необходимо в большей степени полагаться на повышение энергоэффективности.

Расчетный коэффициент для выбросов углекислого газа равен -0,159 и значим на 1%-ном уровне. Это указывает на ингибирующее воздействие выбросов CO₂ на экономический рост: их увеличение на 1% сопряжено со снижением экономического уровня на 0,159%. Данный результат можно интерпретировать следующим образом: на ранних этапах развития индустриализация способствует экономическому росту, сопровождаясь увеличением загрязняющих выбросов. Однако по до-

стижении определенного уровня экономического развития дальнейший рост загрязнения начинает препятствовать экономическому росту ввиду негативного воздействия на здоровье населения и увеличения затрат на охрану окружающей среды.

3.2.1. Сравнение с моделью статической панели (обычной панели)

В рамках настоящего исследования для верификации и сопоставления с результатами динамического моделирования была построена статическая панельная модель, в которой в качестве объясняющих переменных выступают выбросы углекислого газа, энергоёмкость и потребление энергии, а в качестве зависимой переменной – экономический рост. Панельное моделирование предполагает выбор одной из трех спецификаций: объединенной (смешанной) модели МНК, модели с фиксированными эффектами (FE) и модели со случайными эффектами (RE). Выбор оптимальной спецификации осуществлялся на основе последовательного тестирования.

Таблица 3.10 - Результат выбора между моделями

Тип теста	Цель проверки	Коэффициент при переменной	Результат
F-статистики	Сравнение модели FE и модели OLS	$F(8,195)=36.041, p=0.000$	FE
Тест ВР	Сравнение модели RE и модели OLS	$\chi^2(1)=304.160, p=0.000$	RE
Тест Хаусмана	Сравнение модели FE и модели RE	$\chi^2(2)=49.359, p=0.000$	FE

Источник: рассчитано автором

Как следует из данных, представленных в таблице 3.10, F-статистика демонстрирует статистическую значимость на 5%-ном уровне ($F(8,195)=36,041, p<0,05$), что свидетельствует о преимуществе модели с фиксированными эффектами (FE)

перед объединенной моделью МНК. Результаты теста Бройша-Пагана (BP) также показывают значимость на 5%-ном уровне ($\chi^2=304,160$, $p<0,05$), указывая на предпочтительность модели со случайными эффектами (RE) по сравнению с моделью МНК. Итоговый выбор между моделями FE и RE был сделан на основе теста Хаусмана, который продемонстрировал статистическую значимость на 5%-ном уровне ($\chi^2(2) = 49,359$, $p < 0,05$). Данный результат подтверждает предпочтительность использования модели с фиксированными эффектами (FE). Таким образом, в качестве итоговой спецификации статической регрессии была выбрана модель FE.

Таблица 3.11 - Результаты регрессии статической панельной модели (обычной панели)

	OLS(МНК)	FE	RE
Отрезок	1265.872** (6.791)	-641.285 (-1.962)	83.991 (0.206)
Выбросы углекис- лого газа	-1.008** (-5.122)	1.446 (1.331)	-0.699 (-1.095)
Энергоем- кость	-119.442** (-5.843)	-45.776* (-2.212)	-57.327** (-2.701)
Потребле- ние энер- гии	150.937** (46.013)	169.465** (16.483)	180.676** (25.437)
R^2	0.945	0.795	0.890
$R^2(\text{within})$	0.863	0.909	0.905
Объём вы- борки	828	828	828
Результат теста	$F(3,203)=1153.002, p=0.000$	$F(3,195)=646.205, p=0.000$	$\chi^2(3)=1904.026, p=0.000$

Примечание:* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ В скобках указано значение t.

Источник: рассчитано автором

Результаты регрессионного анализа, представленные в таблице 3.11, показывают, что в рамках объединенной модели МНК все три объясняющие переменные являются статистически значимыми на 1%-ном уровне, а знаки их коэффициентов согласуются с результатами, полученными в рамках динамической панельной модели. В модели со случайными эффектами (RE) переменная выбросов углекислого газа не демонстрирует статистической значимости, в то время как энергоемкость и энергопотребление значимы на 1%-ном уровне, а направление их влияния также соответствует результатам динамической регрессии. В модели с фиксированными

эффектами (FE), выбранной в качестве итоговой, переменная выбросов углекислого газа, аналогично модели RE, не является статистически значимой, что формально указывает на отсутствие ее влияния на экономический рост в данной спецификации. Данное расхождение с результатами, полученными на основе модели SYS-GMM, может быть обусловлено наличием проблемы эндогенности, которую модель с фиксированными эффектами не способна полностью учесть, в то время как системный GMM позволяет в определенной степени нивелировать эту проблему. Энергоемкость в модели FE демонстрирует статистическую значимость на 5%-ном уровне с коэффициентом регрессии -45,776, что указывает на ее существенное негативное воздействие на экономический рост. Потребление энергии является значимым на 1%-ном уровне с коэффициентом 169,465, свидетельствуя о значительном положительном влиянии на экономический рост. Направление влияния данных переменных в целом согласуется с выводами, сделанными на основе модели SYS-GMM.

Резюмируя вышесказанное, эконометрическое моделирование выявило наличие структурных дисбалансов в энергоэкономических системах государств-членов ШОС: несмотря на краткосрочный стимулирующий эффект от роста энергопотребления (+11,53%), кумулятивное негативное воздействие растущей энергоемкости (-4,612) и экологических экстерналий (-0,159) формирует долгосрочные риски для устойчивого развития. Полученные результаты актуализируют необходимость перехода от анализа макроэкономических зависимостей к поиску институциональных механизмов, способных трансформировать ресурсный потенциал региона в драйвер кооперативного роста. В этом контексте ключевая роль ШОС как платформы

для согласования энергетических стратегий обуславливает необходимость детального изучения пространственного распределения ресурсов, технологических complementarностей и нормативно-правовых условий интеграции, что составляет предмет следующего этапа исследования.

3.2.2. Исследование потенциала энергетического сотрудничества государств-членов ШОС

Страны-члены Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) расположены на территории Евразии и Индийского субконтинента и обладают значительными запасами нефти и газа. По состоянию на конец 2023 года суммарные запасы нефти стран-членов ШОС составляют около $448,99 \times 10^8$ тонн, что эквивалентно 18,38% мировых запасов. Запасы природного газа достигают $83,58 \times 10^{12}$ кубических метров, что составляет 44,43% общемировых запасов¹²⁹.

Таблица 3.12 - Запасы нефти и газа в государствах-членах ШОС

Члены ШОС	Нефть			Природный газ		
	Запасы / $\times 10^8$ t	Доля миро- вых за- пасов/ %	Доля госу- дарств- членов ШОС /%	За- пасы / $\times 10^{12}$ m ³	Доля миро- вых за- пасов /%	Доля госу- дарств- членов ШОС /%
Китай	35.42	1.45	7.89	8.4	4.46	10.05
Россия	147.68	6.04	32.89	37.39	19.87	44.74
Казахстан	39.32	1.61	8.76	2.26	1.2	2.7
Кыргызстан	0.14	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
Таджики- стан	1.13	0.05	0.25	0.86	0.46	1.03

¹²⁹ EI. Statistical review of world energy[R]. 2024: 1-76.

Члены ШОС	Нефть			Природный газ		
	Запасы / $\times 10^8$ t	Доля миро- вых за- пасов/ %	Доля госу- дарств- членов ШОС /%	За- пасы / $\times 10^{12}$ m ³	Доля миро- вых за- пасов /%	Доля госу- дарств- членов ШОС /%
Узбекистан	0.81	0.03	0.18	0.85	0.45	1.02
Индия	6.03	0.25	1.34	1.32	0.7	1.58
Пакистан	1.7	0.07	0.38	0.38	0.2	0.45
Иран	216.76	8.87	48.28	32.1	17.07	38.41
Всего	448.99	18.45	100	83.57	44.42	100

Источник: составлено автором

Нефтегазовые месторождения Ирана преимущественно сосредоточены в районе Персидского залива и гор Загрос. В настоящее время в стране насчитывается 102 нефтяных и 45 газовых месторождений. Запасы нефти в Иране составляют $216,76 \times 10^8$ тонн (8,87% мировых запасов), а доказанные запасы природного газа — $32,10 \times 10^{12}$ кубических метров (17,07% мировых запасов). Россия является одной из наиболее богатых нефтью и газом стран мира. Ее нефтегазовые месторождения расположены в основном в Западной Сибири, Волго-Уральском и Тимано-Печорском бассейнах, а также в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и в арктических морях. В период с 2012 по 2020 годы доказанные запасы нефти в России стабильно составляли около 145×10^8 тонн, а запасы природного газа — около 36×10^{12} кубических метров. Нефтяные ресурсы Китая сосредоточены в бассейнах Бохайского залива, Сонглао, Тарима, Ордоса и Джунгарии, тогда как природный газ в основном добывается в Таримском, Сычуаньском, Ордосском бассейнах и на шельфе Восточно-Китайского моря. В 2020 году запасы нефти и газа в Китае составляли

$35,42 \times 10^8$ тонн и $8,4 \times 10^{12}$ кубических метров соответственно. Узбекистан обладает сравнительно небольшими запасами нефти и значительными запасами газа: в 2020 году они составляли $0,81 \times 10^8$ тонн и $0,85 \times 10^{12}$ кубических метров соответственно.

На основе проведенного анализа потенциала добычи угля, нефти, природного газа и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в странах Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) выявлены динамические тенденции энергопроизводства. Для систематизации различий в энергетическом потенциале государств-членов в исследовании применен метод иерархической кластеризации с использованием трех показателей: общего объема энергопроизводства, доли ВИЭ и углеродоемкости.

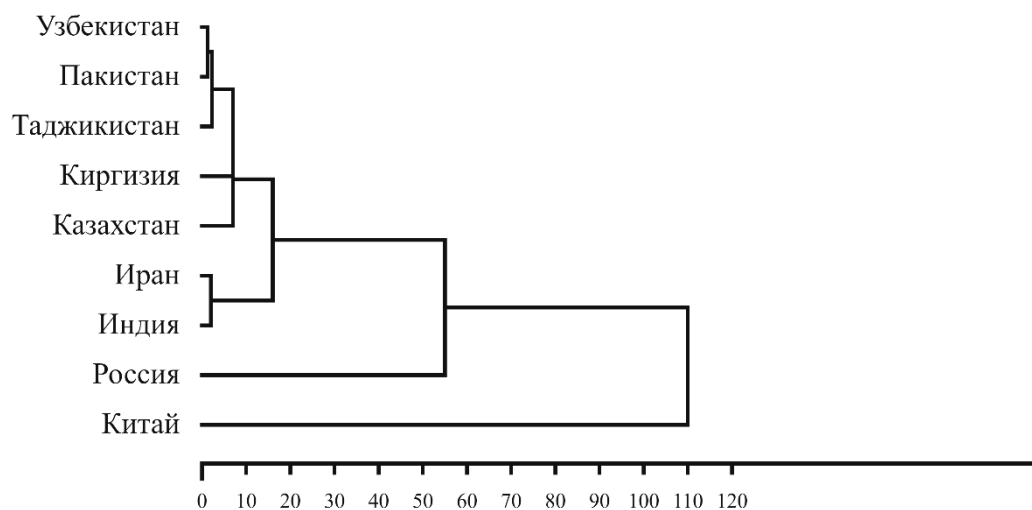


Рисунок 3.5. Кластерный анализ потенциала развития энергетики государств-членов ШОС в 2022 году

Источник: составлено автором

Горизонтальная ось отражает расстояние объединения кластеров в условных единицах.

Результаты кластерного анализа, визуализированные на рисунке 3.5, позволили сгруппировать страны ШОС в три следующих кластера:

1. Первый кластер включает Узбекистан, Пакистан, Таджикистан, Кыргызстан и Казахстан. Коэффициент связи между Пакистаном и Узбекистаном, равный 0,804, указывает на их значительную структурную близость. Данная группа характеризуется низким совокупным объемом производства энергии (менее 1,8 QBTU), преобладанием традиционных энергоносителей в структуре энергобаланса и замедленными темпами перехода к чистым технологиям.

2. Второй кластер объединяет Индию и Иран. Для этих стран характерны противоречивые тенденции, выражающиеся в росте энергопотребления на фоне существующих технологических и инфраструктурных ограничений.

3. Третий кластер представлен Китаем и Россией. Данные государства выступают в качестве энергетического ядра ШОС, обеспечивая 83,6% совокупного производства энергии в Организации. Глубокая степень их интеграции подтверждается реализацией таких масштабных проектов, как нефтегазопроводы «Сила Сибири» и «Восточный маршрут». Синергия между китайской фотоэлектрической промышленностью и российскими инициативами в области водородной энергетики открывает новые перспективы для сотрудничества в сфере возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Кластерный анализ позволил выявить формирование структуры энергетического взаимодействия в рамках ШОС по принципу «центр-периферия». Китай и Россия, образуя системообразующий «центр», выполняют функцию стабилизатора региональной энергосистемы посредством развития инфраструктурной взаимосвязи и обеспечения рыночной синхронизации. Их технологическая комплементар-

ность в области ВИЭ (солнечная энергетика, водород) создает основу для низкоуглеродной трансформации всего региона. «Периферийные» государства, к которым относятся страны Центральной и Южной Азии, нуждаются в модернизации своих энергосистем, которая может быть обеспечена за счет технологического трансфера и притока капитала из стран «центра».

На основе кластеризации и энергетического потенциала стран предложены следующие направления сотрудничества:

Таблица 3.13 - Направления энергетического сотрудничества государств-членов ШОС

Страны	Направления сотрудничества	Рекомендуемые проекты	Цели
Россия, Китай	1. Укрепление поставок невозобновляемых энергоресурсов 2. Инновации в технологиях ВИЭ 3. Лидерство в ядерных технологиях	- Расширение сети газо-/нефтепроводов (напр., «Сила Сибири-2») - Создание гибридных энергокомплексов (солнце-ветер-накопители) в Приморье и Хэйлунцзяне	Укрепление глобального энергоснабжения, снижение внешней зависимости, создание центра экспорта низкоуглеродных технологий
Индия, Иран	1. Оптимизация баланса спроса и предложения 2. Поэтапный трансфер чистых технологий	- Поставки фотоэлектрического и ветроэнергетического оборудования из Китая и России в Индию - Технологическая поддержка Ирана для преодоления санкций	-

Страны	Направления сотрудничества	Рекомендуемые проекты	Цели
Узбекистан, Пакистан, Таджикистан, Кыргызстан, Казахстан	1. Модернизация инфраструктуры ТЭК 2. Масштабирование ВИЭ	- Цифровизация газопроводов Центральной Азии при участии РФ и КНР - Строительство солнечных парков в Казахстане и ветряных ферм в Узбекистане	Доведение доли ВИЭ в энергобалансе Центральной Азии до 30% к 2035 г.

3.3. Меры по усилению влияния потенциала энергетической промышленности Китая на его экономический рост

В соответствии с «14-м пятилетним планом» национального экономического и социального развития КНР, развитие энергетического сектора должно базироваться на принципах «приоритета энергосбережения, внутреннего диверсифицированного развития, экологической безопасности и укрепления международного сотрудничества».

Учитывая, что Китай находится на этапе углубленной индустриализации, в экономике страны сохраняется доминирование экстенсивной модели роста, характеризующейся высоким спросом на энергоресурсы. В краткосрочной и среднесрочной перспективе энергоемкие отрасли продолжают занимать значительную долю в структуре ВВП. Низкая эффективность использования ресурсов порождает проблему одновременного существования дефицита энергии и ее нерационального расходования, что свидетельствует о значительном потенциале для энергосбережения. Интенсификация политики энергосбережения и повышения энергоэффективности является ключевым фактором для устранения дисбаланса между спросом и предложением, а также для минимизации экологических рисков.

На основе выводов, полученных в пп. 3.1 и 3.2, и в контексте реализации государственной стратегии низкоуглеродной трансформации посредством оптимизации энергобаланса и внедрения инноваций, автором разработаны рекомендации по совершенствованию энергетической промышленности Китая (представлены в Таблице 3.14).

Таблица 3.14 - Рекомендуемые варианты по сокращению выбросов углерода в энергетической промышленности Китая

Классификация энергетической промышленности	Рекомендуемые проекты	Прогнозируемый расход, млрд юаней	Прогнозируемое снижение выбросов CO ₂ , млн тонн	Рекомендуемый вариант
Угольная промышленность	Производство водорода из угля	20	30	Строительство заводов по переработке угля в водород и установок по улавливанию углерода в Шаньси и Внутренней Монголии.
	Совместное производство электроэнергии из угля и возобновляемых источников энергии ¹³⁰	40	60	Строительство много-энергетическую взаимодополняющую интеллектуальную платформу в районах добычи и поставок угля, таких как Синьцзян, Внутренняя Монголия, Шэньси и Цинхай; и обеспечить вспомогательные объекты хранения энергии (например, гидроаккумулирующие установки)

¹³⁰ 《以煤为主的能源结构下，煤炭工业如何迈向碳中和？》[Как угольная промышленность может приблизиться к углеродной нейтральности в условиях энергетической структуры, в которой доминирует уголь?] URL: https://cpnn.com.cn/news/baogao2023/202311/t20231114_1650587.html

Продолжение таблицы 3.14

Классификация энергетической промышленности	Рекомендуемые проекты	Прогнозируемый расход, млрд юаней	Прогнозируемое снижение выбросов CO₂, млн тонн	Рекомендуемый вариант
	Экологическое восстановление территорий угледобычи ¹³¹	30	5	Реализованы проекты по рекультивации земель и восстановлению растительности в провинциях Шаньси и Нинся
Нефтяная промышленность	Трансформация зеленого НПЗ	2-5(Каждый НПЗ)	2	Строительство экологически чистых водородных электролизеров и линий по производству биодизеля на прибрежных нефтеперерабатывающих заводах ¹³²

¹³¹ 《煤炭行业深度报告》[Подробный отчет об угольной промышленности] URL: <http://www.suog.org.cn/resource/detail/e36c89f6-b336-42d2-9bab-a5caca6f6b2a>

¹³² 《以煤为主的能源结构下，煤炭工业如何迈向碳中和？》[Как угольная промышленность может приблизиться к углеродной нейтральности в условиях энергетической структуры, в которой доминирует уголь?] URL: https://cpnn.com.cn/news/baogao2023/202311/t20231114_1650587.html

Продолжение таблицы 3.14

Классификация энергетической промышленности	Рекомендуемые проекты	Прогнозируемый расход, млрд юаней	Прогнозируемое снижение выбросов CO ₂ , млн тонн	Рекомендуемый вариант
Газовая промышленность	Замена угольной энергетики на газовую.	5-10 (Каждая провинция)	3-5	Строительство парогазовых электростанций в провинциях с высоким спросом на электроэнергию, таких как Хэбэй, Шаньдун, Цзянсу и Гуандун, а также обеспечение поддержки трубопроводами природного газа и газохранилищами.
	Район логистического центра – СПГ заменяет дизельное топливо	8-10(Каждая провинция)	2	Строительство заправочных станций СПГ в провинциях с логистическими узлами, продвижение большегрузных автомобилей и судов, работающих на СПГ.

Продолжение таблицы 3.14

Классификация энергетической промышленности	Рекомендуемые проекты	Прогнозируемый расход, млрд юаней	Прогнозируемое снижение выбросов CO ₂ , млн тонн	Рекомендуемый вариант
Газовая промышленность	Замена угольной энергетики на газовую.	5-10 (Каждая провинция)	3-5	Строительство парогазовых электростанций в провинциях с высоким спросом на электроэнергию, таких как Хэбэй, Шаньдун, Цзянсу и Гуандун, а также обеспечение поддержки трубопроводами природного газа и газохранилищами.
	Оптимизация городского газа	200	15	Модернизация газопроводов и строительство интеллектуальных систем мониторинга в зонах предотвращения и контроля загрязнения воздуха, таких как Пекин, Тяньцзинь, Хэбэй, Шанхай, Цзянсу и Гуандун; продвижение распределенной энергетики

				на основе природного газа ¹³³
	Фотоэлектрическая база в пустыне	30	23	Строить фотоэлектрические электростанции, ветряные электростанции и каналы передачи электроэнергии в пустынях.

¹³³ 刘合, 梁坤, 张国生. 碳达峰、碳中和约束下我国天然气发展策略研究. 中国工程科学. 2021, 23(6): 33-42 <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2021.06.005> [Лю Хэ, Лян Кунь, Чжан Гошен. Исследование стратегии развития природного газа моей страны в условиях ограничений углеродного пика и углеродной нейтральности. Китайский журнал инженерных наук. 2021, 23(6): 33-42 <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2021.06.005>]

Продолжение таблицы 3.14

промышленность возобновляемой энергетики	Ветроэнергетика в открытом море	20	5 (Заменить угольную электроэнергию)	Строительство морских ветряных электростанций, подводных кабелей и береговых преобразовательных станций в прибрежных районах, таких как Таншань и Тяньцзинь.
	Сотрудничество в строительстве крупных АЭС между Россией и Китаем ¹³⁴	80-100	30.6	В Ляонине или Хэйлунцзяне (Китай) Россия предоставит ключевое оборудование и технологии для ядерного острова; Китай будет отвечать за строительство обычного острова и объектов.

Источник: составлено автором.

Для фундаментальной трансформации угольной структуры энергопотребления в Китае, наряду с активным импортом нефти и природного газа, необходимо форсировать развитие альтернативных источников энергии. В этих целях правительством введен комплекс мер поддержки, включающий фискальные инструменты, налоговые льготы, субсидирование процентных ставок, а также прямые финансовые субсидии для потребителей и инвесторов. Данные меры призваны обеспечить

¹³⁴ 《中俄核能合作项目取得新进展》 [Проект сотрудничества Китая и России в области ядерной энергетики достиг нового прогресса] URL: <https://news.qq.com/rain/a/20241219A02ZOM00>

финансовую устойчивость предприятий, занятых в сфере НИОКР, и нивелировать проблему высоких производственных издержек в секторе новой энергетики. В частности, предлагаются следующие направления действий:

а) Совершенствование системы управления энергопотреблением и механизма принятия решений.

При формировании новой энергетической политики необходимо, чтобы все профильные ведомства и их структурные подразделения выстроили целостную систему управления. Данная система должна базироваться на рациональном разграничении функциональных обязанностей, умеренной централизации полномочий, научно обоснованном принятии решений, а также эффективных механизмах надзора и контроля. При сохранении приоритета государственного макропланирования, следует сформировать управленческую вертикаль, характеризующуюся четким разделением труда, скоординированностью действий и адаптивностью властных полномочий.

б) Обеспечение приоритета инноваций в сфере новых энергетических технологий.

Для закрепления доминирующей роли инноваций Китаю необходимо интенсифицировать процесс индустриализации новой энергетики.

Во-первых, государству следует стимулировать научно-производственные предприятия к расширению инновационной деятельности в области оборудования, технологий и процессов, формируя пул технологий с независимыми правами интеллектуальной собственности, что создаст технический базис для качественного скачка в развитии отрасли.

Во-вторых, необходимо усилить поддержку научно-исследовательских подразделений посредством налогово-бюджетных инструментов для активизации независимых разработок. Целесообразно создание сети национальных инженерных лабораторий, исследовательских центров и ключевых государственных лабораторий. При этом важно задействовать роль предприятий как основных инвесторов в инновации, поощрять трансфер технологий между бизнесом и научными институтами.

В-третьих, следует продолжать реализацию действующих мер господдержки, совершенствовать нормативно-правовую базу и принять ряд регламентирующих актов для ускорения становления отрасли.

В-четвертых, необходимо укреплять международное сотрудничество и технологический обмен с развитыми странами, перенимая передовой опыт для минимизации рисков и оптимизации траектории инновационного развития.

в) Диверсификация инвестиционных каналов и финансовая поддержка отрасли. Для ускорения развития индустрии новых энергетических технологий требуется создание надежной системы инвестирования и финансирования. Следует максимально расширить каналы привлечения капитала и создать эффективную систему мониторинга его целевого использования. Учитывая капиталоемкость, длительный цикл НИОКР и высокие риски проектов новой энергетики, поддержки только со стороны традиционных финансовых институтов недостаточно. Необходимо консолидировать общественные ресурсы, привлекая частные инвестиции, прямые инвестиции и венчурный капитал. Финансовым институтам следует оптимизировать системы управления инвестициями для рынков растущих предприятий (GEM) и вне-

биржевых сделок, обеспечивая гарантии для фондов. При создании венчурных фондов целесообразно адаптировать опыт развитых стран, совершенствуя механизмы компенсации рисков и нормативную базу, что обеспечит отрасли широкий спектр источников финансирования.

В настоящее время Китай сталкивается с двойным вызовом: необходимостью выполнения международных обязательств по энергосбережению и решению внутренних структурных проблем. Потребление энергии в Китае находится на восходящей стадии «экологической кривой Кузнецца» (перевернутая U-образная кривая). В краткосрочной и среднесрочной перспективе повышение энергоэффективности является ключевым инструментом низкоуглеродного перехода. Реализация данной стратегии подразумевает углубление цифровизации, интеграцию производственных и информационных технологий, использование больших данных (Big Data) в управлении энергопотреблением и создание комплексных энергетических сервисов. Важно проводить селективную политику привлечения иностранного капитала, ограничивая инвестиции в энергоемкие и загрязняющие производства, тем самым отходя от устаревшей парадигмы «сначала развитие, затем экология». Параллельно требуется ускоренное внедрение энергосберегающего оборудования. Наконец, необходимо усилить государственное регулирование цен на энергоносители. Учитывая, что зависимость Китая от импорта нефти и газа в 2021 году составила 72% и 44% соответственно (при общей энергозависимости 20,6%), а также принимая во внимание высокую финансиализацию энергетических рынков, требуется ужесточение антимонопольного надзора. Это позволит предотвратить спекулятивные скачки цен и обеспечит устойчивость национальной экономики.

Вывод

В этой главе автор разделил энергетическую промышленность на угольную, нефтяную, газовую и возобновляемую, изучил долгосрочное и краткосрочное влияние энергетической промышленности на экономический рост и провел сравнительный анализ с данными по Российской Федерацией. В то же время, сосредоточившись на Китае и России, автор изучил динамическую взаимосвязь между потреблением энергии, энергоемкостью, выбросами углерода и экономическим ростом в государствах-членах ШОС. Наконец, автор предложил конкретные планы по сокращению выбросов углерода и политические последствия, основанные на будущих целях развития различных секторов энергетической промышленности Китая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С быстрым развитием экономики Китая потребление энергии также стремительно растет, что приводит к таким проблемам, как загрязнение окружающей среды и необходимость обеспечения энергетической безопасности. Коэффициенты хранения и производства различных энергоресурсов в Китае ниже, чем в среднем по миру, а разработка и использование новых источников энергии отстают от США и других развитых стран. Дефицит энергии стал узким местом, сдерживающим дальнейшее развитие экономики Китая. В то время как потребление энергии в Китае быстро растет, энергоэффективность также улучшается, но она все еще отстает от среднемирового уровня, а в долгосрочной структуре энергопотребления долгое время доминировал уголь, что привело к проблемам загрязнения окружающей среды. Поэтому изучение взаимосвязи между энергетикой и экономическим развитием стало в настоящее время проблемой практического значения. Диссертация объединяет реальную ситуацию в КНР и использует экономическую теорию и статистические методы для изучения энергетического статуса страны, взаимосвязи между энергетикой и экономическим развитием, взаимосвязи между экономической и энергетической средой государств-членов ШОС, а также основных факторов, влияющих на потребление энергии Китаем.

К первому блоку относятся абсолютные показатели, которые включают объем потребления энергетических ресурсов, объемы выбросов загрязняющих веществ и CO_2 , объемы добычи угля, нефти, газа и др. Данные показатели предоставляют возможность определить объем экономической деятельности в стране или регионе, а также состояния энергетической промышленности.

Второй блок диссертации в основном посвящен изучению взаимосвязи между энергетической промышленностью и экономическим развитием Китая и его различных регионов.

Потребление энергии является важным вопросом, от которого зависит, достигнет ли Китай пика выбросов углерода в 2030 году и углеродной нейтральности в 2060 году. В данной диссертации исследуется взаимосвязь между потреблением энергии в Китае и экономическим ростом на основе модели индекса декарбонизации уравнения IPAT. Результаты показывают, что большая часть энергопотребления и ВВП Китая в период с 1993 по 2022 год относится к степени относительного декарбонизации, с 1997 по 1999 год — к степени абсолютного декарбонизации, в 2000 и 2003 годах — к степени отсутствия декарбонизации, а остальная часть — к степени относительного декарбонизации. В то же время ВВП и потребление энергии Китая в период «XIV пятилетки» были спрогнозированы путем преобразования уравнения IPAT. Результаты показывают, что общий темп роста ВВП Китая в период «XIV пятилетки» составлял примерно 30%, а рост энергопотребления в среднем составлял 2,33% в год. Результаты прогноза показывают, что ВВП Китая в 2025 году достигнет 132,47 млрд юаней, а энергопотребление Китая в 2025 году составит 5,59 тонн условного угля. Согласно прогнозной тенденции, фактическое значение ВВП Китая в 2025 году будет выше ожидаемого значения в 14-й пятилетке. Фактическое значение энергопотребления Китая в 2025 году аналогично ожидаемому значению 14-й пятилетки.

С помощью деформированного уравнения IPAT решили проблему разделения энергетической отрасли и экономического роста Китая в целом. Затем исследовали корреляцию между энергетической промышленностью и экономическим ростом в

30 провинциях (регионах) Китая. С постоянным развитием экономики, статистики, эконометрики и экономики энергетики постепенно начались исследования других показателей, помимо энергопотребления, таких как энергетическая структура, энергоэффективность, координация энергетического рынка и энергетической среды и т. д. Метод исследования преимущественно основан на данных временных рядов с использованием модели ввода-вывода, модели исправления ошибок, модели де-каплинга и т. д. Однако традиционные данные временных рядов могут объяснить только эволюцию временного измерения и не содержат обсуждения регионального измерения. В данной диссертации применена модель пространственной ошибки Дарбина для изучения пространственного влияния качественного развития энергетической промышленности Китая на экономический рост, а также представлен индекс Морана для проверки рациональности пространственной эконометрической модели и наличия пространственной корреляции в основных переменные.

Результаты показывают, что существует положительная пространственная корреляция между ВВП и потреблением энергии в 30 провинциях с 2000 по 2022 год, а при тестировании локального индекса Морана ВРП провинции в основном распределены в первом и третьем квадрантах, демонстрируя тип Н-Н или тип агломерации L-L. В тесте индекса локального Морана по энергопотреблению установлено, что с 2010 по 2022 год провинции в основном распределены во втором и третьем квадрантах, демонстрируя агломерацию типа L-N или L-L. С помощью модели пространственной ошибки Дарбина определено, что энергопотребление Китая, уровень энергетических технологий и установленная мощность производства электроэнергии в Китае оказывают значительное положительное влияние на рост ВРП в

2022 году, но инвестиции в энергетическую промышленность оказывают отрицательное и существенное влияние на рост ВРП. При разложении пространственного эффекта SDEM установлено, что потребление энергии и энергетические технологии не только оказывают положительное влияние на рост ВРП выбранных провинций, но также оказывают положительное влияние на рост ВРП соседних провинций. Инвестиции в энергетическую промышленность отрицательно влияют на рост ВРП выбранного региона, а также оказывают негативное влияние на рост ВРП соседних провинций. Установленная мощность генерации электроэнергии положительно повлияет на рост ВРП выбранного региона, но отрицательно повлияет на ВРП соседних провинций.

Третий блок диссертации обращается к Китаю, России и государствам-членам ШОС, и в основном посвящен исследованию взаимосвязи между экономикой, энергетикой и окружающей средой и между странами.

В работе используются данные временных рядов Китая и России с 2000 по 2022 год для проведения сравнительного анализа связи между энергетической промышленностью и экономическим ростом двух стран. Результаты показывают, что ВВП, производство и потребление энергии Китая и России становятся стационарными данными после разницы второго порядка, обеспечивая необходимые условия для теста на коинтеграцию. С помощью теста на коинтеграцию установлено, что при изучении долгосрочной связи между энергетической промышленностью и ростом ВВП только потребление нефти и природного газа в Китае имеет долгосрочную колебательную связь с ростом ВВП. Остальные переменные не окажут долгосрочного равновесного влияния на рост ВВП Китая. Производство возобновляемой энергии

в России, производство угля и природного газа, а также потребление угля и природного газа оказывают долгосрочное сбалансированное влияние на рост ВВП России. Только потребление возобновляемой энергии, производство и потребление нефти не оказывают долгосрочного влияния на рост ВВП. Для учета краткосрочных колебаний между энергетической промышленностью и ростом ВВП двух стран применена модель VECM. Производство энергии в Китае не вносит каких-либо колебаний и равновесных корректировок в рост ВВП в краткосрочной перспективе, а это означает, что производство энергии в Китае не оказывает краткосрочного воздействия на рост ВВП. Потребление угля и природного газа оказывает положительное влияние на рост ВВП Китая. Потребление угля оказывает наибольшее влияние на рост ВВП, тогда как потребление нефти оказывает отрицательное влияние на рост ВВП. Производство природного газа и угля в России оказывает положительное влияние на рост ВВП, при этом производство природного газа оказывает большее влияние на рост ВВП. Как и в Китае, ни производство, ни потребление возобновляемой энергии не оказали краткосрочного влияния на рост ВВП. Потребление угля, нефти и природного газа приводит к положительным колебаниям роста ВВП в краткосрочной перспективе.

По сути, существует стабильная долгосрочная и краткосрочная связь между производством и потреблением невозобновляемой энергии в России и ростом ВВП. По мере роста экономики производство и потребление невозобновляемой энергии также увеличивается. После конфликта между Россией и Украиной энергетическая сфера стала ключевой сферой, где европейские и американские страны ввели санк-

ции против России. В условиях санкций Россия приняла различные меры реагирования, а устойчивость развития нефтегазовой промышленности в определенной степени повысилась. Производство угля, нефти и возобновляемых источников энергии незначительно увеличилось, хотя производство и объем экспорта природного газа незначительно снизился. В настоящее время природный газ имеет стабильную краткосрочную и долгосрочную связь с ВВП и оказывает положительное влияние. После того, как поставки энергоносителей из России в Европу были сокращены из-за санкций, приоритет был отдан увеличению поставок энергоносителей в Азиатско-Тихоокеанский регион, строительству мощностей и трубопроводов, развитию производства СПГ, укреплению энергетического сотрудничества, созданию газового альянса Россия-Казахстан-Узбекистан и стабилизации китайско-российских отношений, а также развитию Дальнего Востока для поддержания стабильного экономического развития.

Производство невозобновляемой энергии в Китае не имеет стабильной долгосрочной и краткосрочной связи с ростом ВВП, в то время как потребление угля, нефти и природного газа поддерживает долгосрочную и краткосрочную равновесную связь с ростом ВВП Китая. Производство невозобновляемой энергии в Китае уже давно занимает лидирующие позиции в мире, особенно производство угля. Однако с 2009 года потребление невозобновляемой энергии в Китае занимает первое место в мире. Большой объем потребления энергии не только занимает первое место в мире по выбросам углерода, и это сделает проблему национальной энергетической безопасности еще более серьезной. В 2022 году внешняя зависимость Китая от сырой нефти и природного газа достигнет 73% и 45%. Финансовые риски на

международном энергетическом рынке и резкие колебания мировых цен на нефть осложняют международную торговлю нефтью и газом Китая. Потребление возобновляемой энергии не оказало сбалансированного долгосрочного и краткосрочного влияния на рост ВВП Китая и России. Глобальная энергетическая трансформация ускоряется. Низкоуглеродная и чистая энергетика являются общими тенденциями третьей энергетической трансформации. Возобновляемые источники энергии также быстро развиваются. В настоящее время конкурентоспособность промышленности возобновляемой энергетики в Китае и России слаба, и развитие сталкивается с проблемами. Пока ни один источник энергии не может по-настоящему заменить стратегическое положение нефти и природного газа.

22 мая 2024 года в Астане прошла пятая встреча министров окружающей среды государств-членов Шанхайской организации сотрудничества(ШОС). В настоящее время ШОС насчитывает 9 государств-членов и стала международной организацией с самым большим населением и самой широкой радиационной зоной в мире. В данной работе используется динамическая панельная модель SYS-GMM для проведения эмпирического анализа выборочных данных на основе панельных данных девяти государств-членов Шанхайской организации сотрудничества с 2000 по 2022 год, а также используется статическая панельная модель для сравнения результатов. Результаты показывают, что в результатах регрессии динамической панельной модели переменные энергопотребления, энергоемкости и выбросов углекислого газа являются значимыми. Расчетный коэффициент энергопотребления составляет 11,53 и значим на уровне 1%. Это показывает, что потребление энергии оказывает положительное стимулирующее влияние на экономический рост, то есть каждый раз,

когда потребление энергии увеличивается на 1%, экономический уровень будет расти на 11,53%. Расчетный коэффициент энергоемкости составляет -4,612 и значим на уровне 5%. Это показывает, что энергоемкость оказывает обратное влияние на экономический рост, то есть каждый раз, когда энергоемкость увеличивается на 1%, экономический уровень снижается на 4,612%. Расчетный коэффициент выбросов углекислого газа составляет -0,159 и значим на уровне 1%. Он показывает, что выбросы углекислого газа оказывают обратное влияние на экономический рост, то есть каждый раз, когда выбросы углекислого газа увеличиваются на 1%, экономический уровень снижается на 0,159%. На современном этапе загрязнение окружающей среды в государствах-членах ШОС оказывает негативное влияние на экономический рост. Наконец, мы сравнили результаты статической панельной регрессии с результатами регрессии модели SYS-GMM. Результаты показывают, что оцененные коэффициенты трех объясняющих переменных обычной модели МНК значимы на уровне 1%, а знаки коэффициентов каждой объясняющей переменной такие же, как и результаты динамической панельной регрессии. Модель RE не показывает значимости объясняющих переменных выбросов углекислого газа, а знаки остальных коэффициентов такие же, как и результаты динамической панельной регрессии. Модель с фиксированными эффектами FE является оптимальной выбранной моделью. Не имеет существенного значения для объясняющей переменной выбросов углекислого газа, и ее знак противоположен знаку динамической панельной модели SYS-GMM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-правовые акты и стратегические документы

на русском языке

1. «СТРАТЕГИЯ социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года»/URL:[50.http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf](http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf)

на китайском языке

2. 14-й пятилетний... на 2035 год. – 文件《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要和到 2035 年远景目标纲要》.— Документ《14-й пятилетний план национального экономического и социального развития Китайской Народной Республики и наброски долгосрочных целей на 2035 год. 》 – URL: https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm (дата обращения: 13.03.2021).

Статьи и монографии

на русском языке

3. Алибегов, М. М., & Григорьев, Л. М. Энергопотребление и тарифы на электроэнергию // Журнал Экономика и математические методы (ЭММ). – 2003. – Т. 39, № 4.
4. Башмаков, И. Ненефтегазовый ВВП как индикатор динамики российской экономики // Вопросы экономики. – 2006. – № 5. – С. 78-86. – <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2006-5-78-86>
5. Башмаков, И. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды // Вопросы экономики. – 2009. – № 2. – С. 71-89. – <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-2-71-89>

6. Васильева, Ю. П., & Тихонова, Р. И. Энергетические ресурсы и экономическое развитие России // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2016. – № 4. – С. 246-264. – EDN WQTDUT.
7. Грачев, С. А. Влияние энергетической инфраструктуры регионов на инновационную составляющую региональной экономики // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 11. – С. 6859-6876. – DOI 10.18334/ep.14.11.121899. – EDN LVGZBO.
8. Григорьев, Л. М., & Курдин, А. А. Экономический рост и спрос на энергию // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2013. – Т. 17, № 3. – С. 390-406. – EDN RNLYLX.
9. Дружинин, П. В., Щербак, А. П., & Тишков, С. В. Моделирование взаимосвязи экономики и энергетики на основе мультипликативных двухфакторных функций // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 3(168). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vzaimosvyazi-ekonomiki-i-energetiki-na-osnove-multiplikativnyh-dvuhfaktornyh-funktsiy> (дата обращения: 03.06.2025)
10. Корнилова, А. Ю. Взаимосвязь потребления энергии и ВВП в странах мира // Экономическая наука современной России. – 2024. – № 2(105).
11. Кузнецов, П. А., & Борисов, Ю. А. Влияние развития электроэнергетической инфраструктуры на рост экономики // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-razvitiya-elektroenergeticheskoy-infrastruktury-na-rost-ekonomiki> (дата обращения: 03.06.2025).
12. Лола, И. С., & Глуздовский, С. В. Применение методов векторной авторегрессии в

исследовании влияния малого розничного предпринимательства на динамику торговли // Вопросы статистики. – 2018. – Т. 25, № 11. – С. 3-12. – EDN VNBZMD.

13. Ломоносов, Д. А., Полбин, А. В., & Фокин, Н. Д. Влияние шоков мировой деловой активности, предложения нефти и спекулятивных нефтяных шоков на экономику РФ // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 227-262.
14. Матвеев, М. Г. Параметрическая идентификация моделей векторной авторегрессии // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 5. – С. 133-142.
15. Рева, А. Р. Связь между потреблением энергии и ВВП. Эластичность потребления первичной энергии в Индии // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 4А. – С. 371-383.
16. Худокормов, Г. А. Экономический рост и альтернативная энергетика: взаимосвязь и противоречия // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – № 2(63). – С. 30-35. – DOI 10.25683/VOLBI.2023.63.592.
17. Широ́ва, А. А. Россия 2035: к новому качеству национальной экономики. Научный доклад / Под ред. члена-корреспондента РАН А. А. Широ́ва. – М.: Артик Принт, 2024. – С. 150-155.
18. Чжоу Цайцюань. Эколого-экономическая эффективность использования энергетических ресурсов Китая : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Чжоу Цайцюань; [Место защиты: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова ; Диссовет МГУ.052.4]. — Москва, 2023. — 147 с.

на английском языке

18. Adams F.G. Miovic, P. On Relative Fuel Efficiency and the Output Elasticity of Energy

Consumption in Western Europe// Journal of Industrial Economics, – 1968, –V 17(1) – P. 41-56.

19. Abosedra S. ,Baghestani H. New Evidence on the Causal Relationship between United States Energy Consumption and Gross National Product. Journal of Energy and Development, – 1989, –V 14, – P. 285-292.
20. Ahmad, N., Aghdam, R. F., Butt, I., & Naveed, A. Citation-based systematic literature review of energy-growth nexus: An overview of the field and content analysis of the top 50 influential papers. Energy Economics, –2020, –V. 86.
21. Anselin, L. Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. Geographical analysis,– 1988, –V. 20(1), – P. 1-17.
22. Asafu-Adjaye J. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. Energy Economics, – 2000, –V 22(6) – P. 615-625.
23. Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. Applied energy. – 2014,–V. 162, – P. 733-741.
24. Boyd, G. A. and Pang, J. S. Estimation of the Linkages between Energy Efficiency and Productivity of Police Power – 2000, –V (28) – P. 289-296.
25. Cheng, B.S. & LAI, T.W. An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity. energy economics,– 1997,– V.19.
26. Dilp M. Nachane, Ramesh M. Nadkarni, Ajith V. Karnik. Co-Integration and Causality

- Testing of the Energy-GDP Relationship: A Cross-Country Study. *Applied Economics*.— 1988, —V 20(11) — P. 1511-1531.
- 27.Fan D, Wang W. Total factor energy efficiency of inter-provincial industries in China—
—Based on four-stage DEA and Bootstrapped DEA. *system engineering*. — 2013, — V (31)
— P. 72-80.
- 28.Fischer-Vanden, K., Efferson. Technology development and energy production in China. *Energy Economics*, — 2006, —V 28(5_6) — P. 690-705.
- 29.Fizaine F, Court V. Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society. *Energy Policy*, — 2016, —V 95— P. 172-186.
- 30.Hamilton, J. D. Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of political economy*. — 1983—V. 91(2), — P. 228-248.
- 31.Hang L, Tu M. The impact of energy prices on energy intensity——Taking domestic manufacturing industry as an example. *Quantitative economics and technical economics research*. — 2006, —V (02) — P. 93-100.
- 32.Han Z, Wei Y, Jiao J. On the cointegration and causality between Chinese GDP and energy consumption. *Systems Engineering*, — 2004, —V. 22(12) — P.17-21.
- 33.Hotelling H. The economics of exhaustible resources . *The Journal of Political Economy*. — 1931, —V 39(2) — P. 37-175.
- 34.Hwang D. B. The causal relationship between energy and GNP: The case of Taiwan. *The Journal of energy and development*, — 1992. —V 16(2).

35. Kamaljit, S. & Simmi, V. Does any relationship between energy consumption and economic growth exist in India? A var model analysis. *OPEC Energy Review*, – 2020, –V. 44(3).
36. Kong T, Sun L. An empirical study on the moderating effect of energy prices on manufacturing energy intensity. *Management Science*. – 2008, –V (210) – P. 2-7.
37. Kraft J., Kraft A. On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development, Journal of Energy Finance & Development* – 1978, –V (3) – P. 401~403.
38. Kraft, J., & Kraft, A. On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, – 1978, – P. 401-403.
39. Li Lianshui, Zhou Yong. Can Technological Progress Improve Energy Efficiency?——An Empirical Test Based on China's Industrial Sector. *Manage the world*. – 2006, –V (10) – P. 82-89.
40. Liu Yao. (2018). Empirical analysis of the relationship between economic growth and energy consumption. *Statistics and Decision Making* (08), 141-144. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2018.08.033.
41. Lu Z, Wang H & Yue Q. Decoupling index: a quantitative expression of resource consumption, waste emissions and economic growth. *Resource Science*. – 2011, –V. (01), – P. 2-9.
42. Ma Shiping, Liu Qianqian & Zhang Wenzhong. Research progress and prospects on the energy-economy-environment relationship from a spatial perspective. *Advances in Geographic Science*. – 2022, –V. (08), – P. 1530-1541.

43. Marques, A.C., Fuinhas, J.A. Interactions between electricity generation sources and economic activity in Greece: A VECM approach. *Applied Energy*, – 2014, – V. 132, – P.34-46.
44. Mielnik O., Goldemberg J. Foreign direct investing and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries. *Energy Policy*. – 2002, – V 30(2) – P. 87-89 .
45. Mort, W ., John, & Autonomous efficiency improvement or income elasticity of energy demand: Does it matter? . *Energy Economics* . – 2008, – V 30(6) – P. 2785-2798 . URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.04.004>
46. Nela, V & Pavle, J. Revisiting the Energy Consumption-Growth Nexus for Croatia: New Evidence from a Multivariate Framework Analysis. *The Contemporary Economics*, – 2014, – V. 8(4).
47. Nel W, Cooper C.J. Implications of fossil fuel constraints on economic growth and global warming// *Energy Policy*. – 2009, – V.37. – P. 166-180.
48. Omri, A. An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 951-959.
49. Orhan, A., Ince, M. R. Asymmetric Causality Relationship between Energy Consumption and Economic Growth: Sample of Selected Turkish Republics. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, – 2020, – V 5(2), – P. 61- 74.
50. Ozturk, I. A literature survey on energy–growth nexus. *Energy policy*, – 2010 – V. 38(1), – P. 340-349.

51. Qi S. Z., Luo W. Analysis of differentiation between economic growth and energy consumption intensity in China. *Economics Research*. – 2007 – V (7) – P. 74-81.
52. Salahuddin, M.A., & Gow, J. Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in Gulf Cooperation Council countries. *Energy*, –2014, –V. 73, – P. 44-58. DOI:10.1016/J.ENERGY.2014.05.054
53. Soytaş, U. "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets," *Energy Economics*, Elsevier, – 2003. –V. 25(1), – P. 33-37, January.
54. Stan, Zhang Jinlong. The impact of industrial structure changes on energy consumption. *Economic theory and economic management*. – 2003, –V (8) – P. 30-32.
55. Stern D.I. Energy Use and Economic Growth in the USA: a Multivariate Approach. *Energy Economics*, – 1993 – V. (15) – P. 137-150.
56. Su Yi & Lin Zhouzhou. Research on the spatial effect and influencing factors of regional innovation activities. *Journal of Quantitative and Technical Economics*. – 2017, –V. (11), – P. 63-80. doi:10.13653/j.cnki.jqte.2017.11.004.
57. 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. – N 12. – P. 137-151.
58. Tiba, S., & Omri, A. Literature survey on the relationships between energy, environment and economic growth. *Renewable and sustainable energy reviews*, –2017, –V. 69, – P. 1129-1146.
59. Wu Di. (2024). Research on the relationship between energy consumption and economic growth—taking Anhui Province as an example. *Journal of Shijiazhuang University* (01),

76-82. doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2024.01.020.

60. Yao Y, Chen J, Li H. A methodological study on the calculation of energy saving potential of structural change. Quantitative Economics and Technical Economics Research. – 2007 –V (4) – P. 115-123.
61. Yu E.S.H., Hwang B.K. The relationship between energy and GNP: Further results. Energy Economics, – 1984, –V 6(3) – P. 186-190.
62. Zamani, Mehrzad. "Energy consumption and economic activities in Iran," Energy Economics, Elsevier, – 2007. –V 29(6), – P. 1135-1140.
63. Zhang X, Zhou Y. Analysis of the spatial effect of foreign direct investment on my country's energy intensity. Quantitative economics and technical economics research.– 2007, –V (1) – P. 101-108.

на китайском языке

61. Ван Л. 2009 – 万蕾. 基于 IPAT 方程的云南省能源消费分析及情景预测. 昆明理工大学学报(自然科学版) (05), 93-96. doi: 10.3969/j. issn. 1007-855 x . 2009.05.021 [Ван Лей(2009). Анализ и прогнозирование сценариев потребления энергии в провинции Юньнань на основе уравнения IPAT. Журнал Куньминского университета науки и технологий (издание по науке и технологиям) (05), 93-96. doi: 10.3969/j. issn. 1007-855 x . 2009.05.021. 2009. №5. – С. 93-96.]
62. Ван Ю. 2003 – 王玉谦. 能源消费强度变化因子分析方法及应用数量经济学和技术经济研究. 2003(8):151-154. [Ван Юцянь. Метод факторного анализа и применение изменений интенсивности энергопотребления. Количественная экономика и технические экономические исследования. 2003. №8. – С.151-154.]

63. Вэй И. 2010 – 魏一鸣, 廖华. 中国能源报告(2010): 能源效率研究. 科学出版社. 2010. [Вэй Имин, Ляо Хуа. China Energy Report (2010): Исследование энергоэффективности. Science Press. 2010.]
64. Гао Ч 2006. – 高振宇, 王毅. 我国能源生产率区域划分及影响因素分析数量经济学和技术经济研究. 2006(9): 46-56. [Гао Чжэньюй, Ван И. Региональное деление и анализ факторов, влияющих на энергетическую продуктивность моей страны. Количественная экономика и технические экономические исследования. 2006 №9. – С. 46-56.]
65. Лу Ф. 2023. – 楼峰 & 程远. 能源价格波动对我国宏观经济影响研究. 价格理论与实践. doi:10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2023.01.001. [Лу Фэн и Чэн Юань. Исследование влияния колебаний цен на энергоносители на макроэкономику моей страны. (2023). (1), 14-21. Теория и практика цен. doi:10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2023.01.001. 2023. №1. – С. 14-21]
66. Лу Р 2014. – 卢荣生, 《我们对抗物流业》全要素能源效率实证分析. 商业研究 2014(2): 51-56. [Лу Рон Г. Провинция, эмпирический анализ общей энергоэффективности ни в одной стране не является бизнес-исследованием логистической отрасли, 2014 №2. – С. 51-56.]
67. Лян Г 2014. – 梁光华. 中国全要素能源效率测算方法研究——基于经济平衡增长思路. 统计与信息论坛. 2014, 29(5): 25-30. [Лян Гуанхуа. Исследование метода расчета общего фактора энергоэффективности Китая — основано на идее сбалансированного экономического роста. Форум статистики и информации. 2014, Т 29. – С. 25-30.]

68. Ли Б. 2012 – 李斌. 基于 IPAT 模型的中国经济发展与能源消费实证研究. 中国管理信息化 (13), 34-36. doi: 10. 3969/j. issn. 1673 - 0194. 2012. 13. 021[Эмпирическое исследование экономического развития Китая и потребления энергии на основе модели IPAT. China Management Informatization (13), 34-36. doi: 10. 3969/j. issn. 1673 - 0194. 2012. 13. 021. 2012. №13. – С. 34-36.]
69. Ли Г 2013. – 李根,黄辉,程逸飞.我国能源价格对能源强度影响的实证研究——基于 1980—2011 年 29 个省、市、自治区面板数据协整分析.价格理论与实践. 2013(2):73-74.[Ли Ген, Хуан Хуэй, Чэн Ифэй. Эмпирическое исследование влияния цен на энергоносители на энергоемкость в моей стране — на основе коинтеграционного анализа панельных данных 29 провинций, муниципалитетов и автономных регионов с 1980 по 2011 год. Теория и практика цен. 2013 №2. – С. 73-74.]
70. Ли Г. 2008 – 李国章、王爽.中国能源强度变化的区域因素分解分析——基于 LMDI 分解方法.金融研究. 2008(8):52-62.[Ли Гоочжан, Ван Шуан. Региональный факторный анализ изменений энергоемкости Китая — на основе метода декомпозиции LMDI, 2008. №8. – С.52-62.]
71. Лю Х. 2021 – 刘合, 梁坤, 张国生. 碳达峰、碳中和约束下我国天然气发展策略研究 . 中国工程科学 . 2021, 23(6): 33-42 <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2021.06.005> [Лю Хэ, Лян Кунь, Чжан Гошен. Исследование стратегии развития природного газа моей страны в условиях ограничений углеродного пика и углеродной нейтральности. Китайский журнал инженерных наук. 2021, 23(6): 33-42 <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2021.06.005>. 2021. Т.23. №6. – С. 33-42]
72. Лю Ц 2022 – 刘倩. 低碳转型背景下俄罗斯能源行业面临的挑战. 欧亚经济.

- 2022(1):12-26 [Лю Цянь. (2022). Проблемы, стоящие перед российской энергетической отраслью в контексте низкоуглеродной трансформации. Евразийская экономика. 2022 №1. – С. 12-26.]
73. Лю Я. 2018 – 刘瑶. 经济增长与能源消费关系的实证分析. 统计与决策 (08), 141-144. doi:10.13546/j.cnki.tjyj.2018.08.033. [Лю Яо.. Эмпирический анализ взаимосвязи между экономическим ростом и потреблением энергии. Статистика и принятие решений (08), 141-144. doi:10.13546/j.cnki.tjyj.2018.08.033. 2018. №8. – С. 141-144.]
74. Пэн С. 2014 – 彭绍平. 煤炭资源与水资源. 北京: 中国科学出版传媒有限公司, 2014 [Пэн С. П. Угольные ресурсы и водные ресурсы. Пекин: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2014]. URL: <https://thinktank.sciencereading.cn/booklib/v/bookPreview/122/314/1980290.html>
75. Пэн С. 2015 – 彭苏平, 张博, 王童. 我国煤炭资源“井”字形分布特征及可持续发展战略. 中国工程科学, 2015, 17(09): 29-35. [Пэн Супин, Чжан Бо, Ван Тун. Характеристики распределения «井» запасов угля в Китае и стратегия устойчивого развития в Китае, 2015, Т.17 (09) – С. 29-35.]
76. Ран Ц. 2013 – 冉其英, 刘凌. 能源消费结构对能源强度的影响研究——以新疆为例 特区经济. 特区经济 2013(3): 193-194 [Ран Циин, Лю Лин. Исследование влияния структуры энергопотребления на энергоемкость — на примере экономики особых зон Синьцзяна. Экономика особой экономической зоны 2013 №3. – С. 193-194.]
77. Сюй Л. 2013 – 徐丽娜、赵涛、刘光伟等中国能源强度与能源结构、产业结构变化的动态效应分析. 经济问题的探索. 2013(7): 40-44. [Сюй Лина, Чжао Тао, Лю Гуанвэй

и др. Анализ динамических последствий изменений в энергоемкости и энергетической структуре Китая и исследовании экономических проблем. 2013. №7. – С. 40-44.]

78. Сюэ В. 2013 – 薛文俊, 徐瑞阳. 产业结构对中国区域经济增长和能源效率的异质影响. 首都经济贸易大学学报. 2013(5):44-51. [Сюэ Вэньцзюнь, Сюй Жуйян. Неоднородное влияние промышленной структуры на региональный экономический рост и энергоэффективность Китая. Журнал Столичного университета экономики и бизнеса, 2013. №5. – С. 44-51.]

79. Тао Л 2012. – 陶蕾, 孙立勤. 中国能源价格波动与能源强度关系研究——基于状态空间模型的变量参数分析. 商业时代. 2012(1): 112-114 . [Тао Лэй, Сунь Лицинь. Исследование взаимосвязи между колебаниями цен на энергоносители и энергоемкостью в Китае ——Анализ переменных параметров на основе государственной космической модели бизнеса. 2012 №1. – С. 112-114.]

80. У С. 2022 – 吴小智、刘庄晓雪、王健、郑敏、陈晓明、齐雪峰.(2022). 我国油气资源潜力、分布及重点勘探领域. 地球科学前沿 (06), 146-155. doi:10.13745/j.esf.sf.2022.8.27. [У Сяочжи, Лючжуан Сяосюэ, Ван Цзянь, Чжэн Минь, Чэнь Сяомин и Ци Сюэфэн. (2022). Потенциал, распределение и ключевые области разведки нефтяных и газовых ресурсов в Китае. Frontiers of Earth Science – №6, – С. 146-155. doi:10.13745/j.esf .sf.2022.8.27.]

81. У Ц. 2006 – 吴乔生, 程金华. 中国能源消费强度变化及因素分解: 1980--2004 年. 经济理论与经济管理. 2006(10). 34-40 . [У Цяошэн, Ченг Цзиньхуа. Изменения

в энергоемкости Китая и факторное разложение: 1980–2004. Экономические исследования. 2006. №10. – С. 34-40.]

82.У Д. 2024 – 吴迪. 能源消费与经济增长关系研究——以安徽省为例. 石家庄学院学报 (01), 76-82.doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb.2024.01.020.[У Ди. Исследование взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом — на примере провинции Аньхой. Журнал Шицзячжуанского университета (01), 76-82.doi:10.13573/j.cnki.sjzxyxb. 2024. №1. – С. 76-82.]

83.У Д.2022 吴丹丹. 福建省高技术制造业增长与能源消耗关联分析. 现代产业经济与信息化 (04), 4-7.doi:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.04. 002.[У Дандан (2022). Анализ корреляции между ростом и потреблением энергии в высокотехнологичной обрабатывающей промышленности провинции Фуцзянь. Современная промышленная экономика и информатизация (04), 4-7.doi:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.04.002. №4. – С. 4-7]

84.Фэн Т. 2008 – 冯泰文、孙琳艳、何哲.技术进步对我国能源强度调整效应的实证研究. 2008(5): 987-993[Фэн Тайвэнь, Сунь Линьян, Хэ Чжэ. Эмпирическое исследование влияния технологического прогресса на энергоемкость научных исследований в Китае. 2008 №.5. – С. 987-993.]

85.Хоу М.2023 – 侯美芳. 碳中和目标下中国能源转型与能源安全现状、挑战与对策. 西南石油大学学报 (自然科学版), 45(2): 1-1 Doi: 10.11885/j.issn.1674-5086.2023.01.12.02 [Хоу Мэйфан. (2023) Текущая ситуация, проблемы и контрмеры энергетической трансформации Китая и энергетической безопасности в рамках цели углеродной нейтральности. Журнал Юго-Западного нефтяного университета

(Естественнонаучное издание), 45(2): 1-1 Doi: 10.11885/j.issn.1674-5086.2023.01.12.02. 2023. Т. 45.№ 2. – С. 1-1.]

- 86.Цао Ф. 2017 – 曹飞.中国省域人口城镇化率影响因素的空间杜宾分析. 统计与决策, 33(20), 102-105. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2017.20.025 [Цао Фэй. (2017). Пространственный анализ Дурбина факторов, влияющих на уровень урбанизации провинциального населения Китая. Статистика и решение, 33(20), 102-105. doi:10.13546/j.cnki.tjyjc.2017.20.025. 2017.Т33. №20. – С. 102-105]
- 87.Чжан Ц. 2010 – 张仁华.中国能源观念及地区差异对经济格罗夫的影响研究.江苏大学出版社. 2010 . [Чжан Цз очень хорошо провел исследование влияния Китая на потребление энергии и региональные различия в экономическом росте, издательство Университета Цзянсу, 2010 г.]
- 88.Чжоу Ю. 2006 – 周勇,李连水.结构性和效率性因素对中国能源强度变化的贡献——实证分析(基于 AWD)产业经济研究. 2006(4):68-74.[Чжоу Юн, Ли Ляньшуй. Вклад структурных факторов и факторов эффективности в изменение энергоемкости Китая — Эмпирический анализ (на основе исследований промышленной экономики). 2006. №4. – С. 68-74.]
- 89.Чжоу Ю. 2007 – 周勇,林媛媛.技术进步对能源消耗的回报效应估计.经济学家. 2007(2):45-52.[Чжоу Юн, Линь Юаньюань. Оценка обратного эффекта технического прогресса на потребление энергии. Экономист. 2007 №2. – С. 45-52.]
- 90.Чжу П. 2013 – 朱鹏,卢爱珍. FDI 对我国能源效率的影响分析——基于能源资源丰度差异的比较山西财经大学学报. 2013, 350): 11-17.[Чжу Пэн, Лу Айчжэнь. Анализ влияния прямых иностранных инвестиций на энергоэффективность моей страны

— на основе сравнения различий в изобилии энергетических ресурсов. Журнал Шаньсийского университета финансов и экономики, 2013 Т350. – С. 11-17.]

- 91.Ши Б 2008. – 世博,沉坤荣.市场细分下的中国全要素能源效率:基于超效率 DEA 方法的实证分析世界经济. 2008(9):49-59.[Шибо, Шен Куньжун. Общая факторная энергоэффективность Китая в условиях сегментации рынка: эмпирический анализ, основанный на методе сверхэффективности мировой экономики. 2008 №9. – С. 49-59.]
- 92.Ши Д 2003. – 史丹,张志龙.产业结构的影响取决于能源消费.经济理论与经济管理. 2003(8):30-32.[Ши Дэнь, Чжан Цзиньлун. Влияние изменения промышленной структуры на экономическую теорию потребления энергии и экономическое управление. 2003 №8. – С. 30-32.]
- 93.Юэ С. 2022 – 岳小文.油气工业的复苏:2021 年俄罗斯油气工业回顾.国际石油经济,30(5):47-52 [Юэ Сяовэнь,. (2022)Восстановление нефтегазовой промышленности: обзор нефтегазовой промышленности России в 2021 году. Международная нефтяная экономика, 2022. – Т. 30.№ 5. – С. 47-52.]
- 94.Ян Я.2018 – 杨洋、王菲、李国平.能源价格、产业结构、技术进步与我国能源强度的实证检验.统计和决策. 2008(11):103.105.[Ян Ян, Фэй Вонг и Гопин Ли. Эмпирическая проверка цен на энергоносители, промышленной структуры, технологического прогресса и энергоемкости Китая, 2008№11. – С. 103.105.]
- 95.Ли Ц. 2024 – 李江 & 吴毓明.空间计量经济学前沿理论、方法与应用综述. 当代经济管理 (06), 30-41. doi:10.13253/j.cnki.ddjjgl.2024.06.004.[Ли Цзянь и У Юймин.

(2024). Обзор передовых теорий, методов и приложений пространственной эконометрики. Contemporary Economic Management (06), 30-41. doi:10.13253/j.cnki.ddjjgl.2024.06.004. 2024. №6. – С. 30-41]

Статистические сборники, отчеты и руководства

на английском языке

96. World Energy Outlook 2021 – 386 с. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf> (дата обращения: 13.10.2021).

на китайском языке

97. Ежегодная энергетическая статистика...2021 – 中国能源统计年鉴–2021 [Ежегодная энергетическая статистика КНР –2021 г. Пекин: Чжунго тунцзи чубаньшэ, 2021. – 354 с.].

98. Ежегодная энергетическая статистика...2022 – 中国能源统计年鉴–2022 [Ежегодная энергетическая статистика КНР –2022 г. Пекин: Чжунго тунцзи чубаньшэ, 2022. – 358 с.].

Электронные ресурсы

99. Подробный отчет об угольной промышленности [Электронный ресурс]: сайт. URL: <http://www.suog.org.cn/resource/detail/e36c89f6-b336-42d2-9bab-a5caca6f6b2a> (дата обращения: 22.02.2021).

100. Как угольная промышленность может приблизиться к углеродной нейтральности в условиях энергетической структуры, в которой доминирует уголь? [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://cpnn.com.cn/news/baogao2023/202311/t20231114_1650587.html (дата

обращения: 14.11.2023).

101. Проект сотрудничества Китая и России в области ядерной энергетики достиг нового прогресса [Электронный ресурс]: сайт.
URL: <https://news.qq.com/rain/a/20241219A02ZOM00> (дата обращения: 19.12.2024).