

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

На правах рукописи

Ён Юнг Мин

**Имплементация концепции энергетической устойчивости в экономическую модель
сотрудничества (на примере стран Северо-Восточной Азии и России)**

Специальность 08.00.05 - экономика и управление народным хозяйством
(экономика природопользования)

диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
д.э.н., доцент Никоноров С. М.

МОСКВА – 2022

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Теоретические основы и методология исследования энергетической устойчивости в экономической модели сотрудничества.....	11
1.1 Мировой опыт формирования энергетической устойчивости	11
1.2 Теоретические основы, методология исследования и инструментарий управления энергетической устойчивостью.....	18
1.3 Методология экономической модели сотрудничества	41
Глава 2. Анализ энергетического сектора Республики Корея, Японии, Китая и России, их стратегий и мотиваций в энергетическом сотрудничестве	50
2.1 Анализ энергетического сектора Кореи, Японии, Китая и России.....	50
2.2 Энергетические стратегии Республики Корея, Японии, Китая и России.....	87
Глава 3. Экономическая модель эффективности энергетического сотрудничества на основе энергетической устойчивости	97
3.1 Переменные и структура экономической модели эффективности энергетического сотрудничества	97
3.2 Оценка прогноза энергетической устойчивости Республики Корея, Японии, Китая и России	114
3.3 Оценка выгоды от энергетического сотрудничества стран СВА и его сравнение.....	180
Заключение.....	203
Список литературы	215
Приложение А. Результаты единичного корня ADF, Теста коинтеграции Johansen и коинтеграционной регрессионной модели	226
Приложение Б. Таблицы дополнительных показателей.....	236
Приложение В. Индексы энергетической устойчивости по сценариям и международным ценам на энергоносители	241
Приложение Г. Планируемая доля ОППЭ по источникам.....	244
Приложение Д. Прогнозы Суб-элементов индекса энергетической устойчивости по международной цене энергоносителей	245
Приложение Е. Расчетный объем импорта нефти и природного газа из России в Корею, Японию и Китай на основе результатов оптимизации по сценариям и международным ценам на энергоносители, млн тнэ.....	256
Приложение З. Структура индекса энергетической устойчивости	258

Введение

Стабильное снабжение энергетическими ресурсами национальной экономики, а именно энергетическая безопасность – один из самых важных факторов для как роста экономики, так и для развития общества. Для ряда стран Северо-Восточной Азии (СВА) этот вопрос стоит особенно остро.

Республика Корея (РК) и Япония не имеют ископаемых источников топлива и зависят от импорта. Кроме того, у этих стран относительно высокая энергоёмкость промышленности. Для Китая (КНР) вопрос энергетической безопасности важен в связи с ростом промышленного производства. КНР имеет значительный объём энергетических ресурсов, но стабильный импорт энергетических ресурсов стал одним из важнейших приоритетов в энергетической стратегии страны. В случае с Россией проблемы и задачи в сфере энергетики отличаются от вышеуказанных стран, потому что Россия выступает в качестве производителя и экспортёра на мировом энергетическом рынке. Значит, стабильная добыча и экспорт энергоносителей – актуальные задачи России в сфере энергетики. Однако проблема заключается в том, что на сегодняшний день российские производственно-экспортные структуры не являются устойчивыми. Российской нефтегазовой отрасли, в связи с сокращающимся европейским рынком, необходимо найти новый рынок сбыта, в частности обратить особое внимание на рынок Северо-Восточной Азии.

Именно в данном контексте энергетическое сотрудничество СВА и России имеет огромное значение. Мы предполагаем, что реализовать энергетическое сотрудничество между странами СВА и Россией, учитывая их взаимодополняемость в энергетическом секторе, не является сложной задачей. Уже реализовано несколько проектов, в основном связанных с поставками ископаемых энергоресурсов. Например, в 2014 году правительство России договорилось с правительством Китая об экспортных поставках с 2018 года 380 млрд. куб. м газа в год через газопровод «Сила Сибири». Российский сжиженный природный газ (СПГ) занимает не больше 5% в РК и 9% в Японии к общему объёму импорта газа. РК и Япония начали импортировать российский газ от станции СПГ «Сахалин-2». В результате в 2015 году объём экспорта увеличился до 59 млн тнэ (тонн нефтяного эквивалента) российской нефти и до 11 млн тнэ газа в РК, Японию и Китай. Однако этого недостаточно, учитывая географическую близость данных стран и их взаимодополняемость в энергетическом секторе. В энергетических стратегиях стран СВА и России присутствуют следующие элементы: диверсификация импорта и экспорта энергоносителей; сокращение зависимости от стран Средней Азии в импорте газа; открытие нового рынка при экспорте энергоресурсов.

На современном этапе энергетическое сотрудничество между Россией и тремя странами СВА выходит на новый уровень. Но есть ряд обстоятельств, которые нуждаются в проработке: 1) нет ясности в определении понятия «энергетическое сотрудничество»; 2) не раскрыто определение выгоды, которую одна страна может получать от энергетического сотрудничества; 3) отсутствуют четкие критерии того, в каких условиях энергетическое сотрудничество стран может быть реализовано и какую выгоду эти страны получают при реализации данного сотрудничества.

Существующие работы рассматривают энергетическое сотрудничество в странах СВА на основе неясного определения сотрудничества или исследуют его на основе слишком узкого метода исследования.

Кроме того, нет четко выраженной концепции «устойчивости», в рамках которой рассматривается деятельность в энергетическом секторе. Мы полагаем, что вопросы в сфере энергетики прямо связаны с концепцией устойчивого развития, поэтому необходимо определить понятие «устойчивость в энергетическом секторе» на национальном уровне.

Концепция «устойчивости» или «устойчивого развития» почти не освещается в исследованиях, посвящённых вопросу энергетического сотрудничества в СВА. Именно поэтому наша работа начинается именно с рассмотрения вопросов энергетической устойчивости и сотрудничества. Исходя из этого мы можем спроектировать условия для двустороннего и многостороннего энергетического сотрудничества в странах СВА и оценить размер выгоды каждой страны от сотрудничества.

Степень разработанности проблемы. Научные дебаты и теоретическое обоснование концепции «энергетической устойчивости» направлены на развитие концепции устойчивого развития. Исследования по этой теме выполняются с разных позиций. Первая позиция основана на анализе энергетического сектора в части создания индикаторов для политического применения концепции устойчивого развития. Данное направление представлено в следующих публикациях: Исследования при поддержке МАГАТЭ [74], работы Р. Сингха [134], С. Никонорова [5]. Вторая позиция основана на анализе энергетического сектора в части создания индикаторов на уровне страны. Данный подход нашел отражение в исследованиях Ж. Хана [64], О. Джинкю [116], С. Бобылева [33], О. Кудрявцевой [6], которые идентифицировали и разработали индикаторы энергетического сектора, определяющие устойчивое развитие мира в целом и отдельных стран. В свою очередь С. Афган [22], Юн [151], О. Черп и Джуэлл [41], Э. Сантойо-Кастелазо и А. Азапагич [130], Э. фон Хиппель и др. [143] развивают концепцию энергетической устойчивости, которая является, по нашему мнению, базовой. Разработкой индекса энергетической

устойчивости и исследованиями по измерению данного показателя также занимались ведущие ученые. И. Ланглуа [142] систематизирует и идентифицирует индикаторы энергетического сектора, которые позволяют производить измерение устойчивого развития на уровне страны и принимаются различными международными организациями. В работе Броуна и Совакула [36] предлагается система энергетической устойчивости, которая основывается на четырех аспектах: 1) «безопасность нефти»; 2) «надёжность электроэнергии»; 3) «энергетическая эффективность»; 4) «качество окружающей среды». В исследовании Броуна и Совакула [36] разработан индекс, который учитывает такие характеристики, как доступность, адекватность, эффективность, а также экологическое управление, и измеряет энергетическую устойчивость стран ОЭСР. В работе Идриса и Бхаттачарьи [72] содержится критический анализ существующих систем индексов по измерению энергетической устойчивости и предлагается создать систему индексов, которая может измерять технологическую, экономическую, социальную, экологическую и институциональную устойчивость энергетической системы; авторами выполнено эмпирическое исследование на примере 20 развивающихся стран. В рамках данного направления также представлены работы Н. Нарулы и К. Редди [114], Б. Совакулы и Р. Броуна [136], Д. Радованович и др. [123], Е. Лобовой и др. [124], которые пытаются оценить энергетическую устойчивость различных стран путем создания комплексного индекса энергетической устойчивости. Нарула и Редди [114] разработали систему индексов, которая оценивает энергетическую устойчивость в развивающихся странах в соответствии с концепциями доступности, адекватности по цене, эффективности и экологической приемлемости. Совакула и Броун [136] использовали в своей работе те же концепции и оценивали энергетическую устойчивость в 21 стране ОЭСР. Д. Радованович [123] с соавторами определили новый показатель энергетической безопасности, который включает экологические показатели и социальные компоненты, а также оценили энергетическую устойчивость в 28 странах ЕС. Е. Лобова [124] с соавторами, используя концепции, аналогичные с работой Нарулы и Редди [114], оценивают энергетическую устойчивость в России. Анализ перечисленных работ послужил базой для определения в настоящем диссертационном исследовании структуры индекса энергетической устойчивости стран СВА и России. С точки зрения подхода к вопросу эти работы имеют общность с нашей работой, поэтому их рассмотрение целесообразно в рамках создания структуры индекса энергетической устойчивости стран СВА и России. В нашей выборке были рассмотрены исследования по экономической устойчивости в сфере энергетики; исследования по повышению энергоёмкости; работы по энерго-социальной устойчивости; исследования по

энерго-экологической устойчивости и чистым источникам энергии. Рассмотрены работы Р. Хабибрахманова [16], А. Кузовкина [10], Л. Моралева [11], А. Шестопалова [4], [20], В. Грачёва и А. Некрасова [7], О. Маликовой [14], И. Ховавко [21], С. Никонорова [19], Е. Шадринной и Брэдшоу [131], А. Конопляника [9], Б. Санеева [129] и др.

Тема энергетического сотрудничества в странах СВА изучается с точки зрения различных отраслей знания: мировой политики, экономики и управления бизнесом, но наиболее активно она исследуется именно сферой мировой политики (или международных отношений). Это обусловлено прежде всего тем, что энергетическое сотрудничество между странами осуществляется в рамках межправительственного экономического сотрудничества в контексте отношений между странами. Таким образом, подавляющее большинство существующих исследований по данному вопросу проводится в рамках мировой политики. Помимо этого существует ряд исследований, рассматривающих указанную проблематику с точки зрения экономики и политэкономии. Исследования в рамках мировой политики основаны на признании того, что энергетическое сотрудничество между странами СВА является аспектом международных отношений, а энергетические отношения этих стран зависят от геополитических проблем в регионе. Кроме того, исследования в данной сфере направлены на установление характера выгоды от энергетического сотрудничества с точки зрения энергетической безопасности. В представленном исследовании мы проанализировали работы следующих авторов: Пляскина [15], Ким [86], Ох [117], Ли [99], Jung-won Cho [42], Ли [103], L. Eder [50], Эом [139], Ито [76], Ацуми [29], А. Конопляника [9]. Кроме того, были изучены публикации на основе экономики и политэкономии, в частности работы следующих авторов: Эом [140], Ли и Ён [94], Ван и Го [145]. Исследования, выполненные в рамках указанного подхода, имеют ту же основу, но в них применяются другие методики. Еом анализирует энергетическое сотрудничество стран СВА с Россией на основе теории игр. Ли и Ён [94] изучают возможность сотрудничества и конкуренции между Японией и Китаем за российский энергоресурс в рамках теории игр. Используя политэкономический подход, Е. Шадринна [130] рассматривает механизм создания энергетической стратегии России и изучает динамику факторов, влияющих на данную стратегию и на характер энергетического сотрудничества России со странами СВА. А. Конопляник [9] анализирует необходимость и эффективность энергетического сотрудничества в рамках глобализации и Договора Энергетической хартии. Ван и Го [145] показывают условия развития энергетического сотрудничества между странами СВА на основе исследования эволюции организации сотрудничества в других регионах, а также утверждают, что энергетическое сотрудничество между странами СВА необходимо развивать и расширять.

Несмотря на достаточно большое количество исследований, посвященных проблеме энергетического сотрудничества среди стран СВА, трудно найти работы, которые исследуют данную тему с точки зрения регионального многостороннего сотрудничества на основе устойчивости энергетического сектора стран СВА. При подготовке диссертации использованы публикации, выполненные автором лично или в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: восемь публикаций общим объемом 6,25 п.л., с авторским вкладом 5,7 п.л.

Целью исследования является теоретическое и практическое обоснование оценки энергетической устойчивости стран СВА в рамках возможного многостороннего сотрудничества в сфере энергетики.

Для достижения цели были поставлены и последовательно решены следующие **задачи**:

- 1) рассмотреть теоретико-методологические аспекты энергетической устойчивости, вопросы энергетической безопасности, международного сотрудничества и устойчивого развития;
- 2) разработать авторский индекс энергетической устойчивости (ESS) на базе анализа теоретико-методологических основ концепции энергетической устойчивости;
- 3) провести оценку выгоды от энергетического сотрудничества по различным сценариям на базе анализа теоретико-методологических основ концепции энергетического сотрудничества и на базе анализа характерных черт энергетических стратегий стран СВА;
- 4) сформировать прогноз перераспределения выгод от энергетического сотрудничества.

Объектом исследования является концепция энергетической устойчивости, имплементированная в экономическую модель сотрудничества.

Предметом исследования являются экономические отношения в сфере энергетики и структура энергетического сотрудничества на основе энергетической устойчивости, которые обеспечивают увеличение устойчивости энергетических секторов стран СВА и гармонизацию экономического сотрудничества.

Методология и методы исследования. Для решения вышеуказанных исследовательских задач и достижения поставленной цели мы опираемся на институциональную теорию, на модели, описывающие сотрудничество. В качестве методологической основы используются коинтеграционный регрессионный анализ (Dynamic Ordinary Least Squares).

В нашем исследовании мы определяем экономические выгоды от сотрудничества в энергетической сфере на основе устойчивости в энергетическом секторе и выражаем ее в виде индекса энергетической устойчивости (Energy Sustainability Index (ESS)).

В случае с Кореей, Китаем и Японией этот индекс включает энергетическую безопасность, связанную с поставками энергоресурсов (в случае России – это экспорт); экологическую устойчивость, связанную с воздействием энергопотребления на экологию; социально-экономическую доступность энергоресурсов: социальный доступ к энергосервису и экономическую доступность энергопотребления. Мы выводим условия для максимизации ESS этих стран и сравниваем их с ESS при различных условиях сотрудничества.

Исходя из вышеперечисленного мы проанализируем и сравним размер выгоды каждой страны в рамках сотрудничества по возможным сценариям.

Информационную базу диссертации составляют научные труды российских и зарубежных исследователей; официальные документы государств США и России, связанные с энергетическим сектором и устойчивым развитием; доклады стран США и международных организаций; данные Федеральной службы государственной статистики; данные Статистических бюро РК, Японии и Китая; данные Всемирного банка; данные Международного энергетического агентства, Международного агентства по возобновляемым источникам энергии; данные ОЭСР; данные UN Comtrade; данные British Petroleum, а также специализированные источники в сети Интернет.

Научную новизну данное исследование приобретает на основе нового, отличного от уже существующих, определения энергетического сотрудничества и разработки индекса выгоды стран, участвующих в энергетическом сотрудничестве (ESS), на основе устойчивости энергетического сектора и разработки модели энергетического сотрудничества в США.

1. Предложен подход к понятию «энергетическая устойчивость» и определено его на основе концепции устойчивого развития. Разработана методика определения индекса энергетической устойчивости, который дает возможность детально рассчитывать уровень энергетической устойчивости отдельной страны на основе эмпирических статистических данных и поэтому представляет собой универсальный практический инструмент для ее объективной оценки.

2. Впервые рассчитана и спрогнозирована энергетическая устойчивость стран США и России до 2035 года по различным сценариям с использованием официальной статистики и энергетических стратегий этих стран, а также международных статистик. Выявлены основные факторы, влияющие на изменение энергетической устойчивости этих стран. Проведена оценка результатов энергетических стратегий стран США и России.

3. Уточнено понятие «энергетическое сотрудничество» с опорой на теорию сотрудничества институционализма. Определен баланс выгод, при котором может осуществляться энергетическое сотрудничество между странами СВА и Россией. На эмпирической основе показана динамика энергетической устойчивости стран СВА и России.

4. Впервые выполнен прогноз изменения выгоды отдельной страны в энергетическом секторе при сотрудничестве стран СВА и России, который не был представлен в более ранних научных работах по рассматриваемой теме. Оценена выгода, которую могут получить страны в рамках энергетического сотрудничества.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается во вкладе в теоретическую разработку рассматриваемой проблемы. Наше исследование предполагает новый подход к определению выгоды энергетического сотрудничества с точки зрения устойчивого развития, а также даёт приращение знаний по теории энергетического сотрудничества между странами.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что: 1) используя разработанную модель, можно оценить выгоду отдельной страны в энергетическом сотрудничестве на основе измерения устойчивости энергетической системы отдельной страны; 2) можно определить равновесие выгоды стран, участвующих в энергетическом сотрудничестве; 3) используя разработанный индекс энергетической устойчивости, можно решить ряд проблем энергетического сотрудничества. Индекс энергетической устойчивости, предложенный в нашей работе, состоит из различных субиндексов и показателей в области производства энергии, составления энергетического баланса, влияния использования энергии на окружающую среду и социальной значимости энергии. Такие индексы и показатели могут оказать практическую помощь в создании политики по решению проблем в области отдельных источников энергии, таких как разнообразие импорта и экспорта ископаемых энергоресурсов, развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоёмкости и расширение доступа к энергетическим услугам.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика природопользования)» по пунктам: 7.2. Экономика природных ресурсов (по конкретным видам ресурсов). Исследование методов экономической оценки природных ресурсов и эффективности их использования; 7.9. Комплексная социо-эколого-экономическая оценка состояния территорий в целях совершенствования управления; 7.19. Разработка имитационной модели для

формирования сценариев развития социо-эколого-экономических систем в процессе принятия управленческих решений; 7.24. Исследование современного состояния и сценариев развития энергетических рынков. Энергоэффективность.

Апробация и реализация результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе: 5 работ – в научных журналах и изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности; 1 работа – в издании, входящем в перечень ВАК; 2 работы – в других научных журналах. Результаты проведенных исследований по теме диссертации освещены в докладе на конференции «Актуальные проблемы гуманитарных наук в XXI веке» (Москва, МГУ, 2016).

Глава 1. Теоретические основы и методология исследования энергетической устойчивости в экономической модели сотрудничества

При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором лично или в соавторстве, в которых согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: 1) Ён Юнг Мин, «Изменение роли государства в российской экономике»// Экономическое возрождение России. 2016. № 50 (4), с.145–151 (Импакт-фактор 0,762; общий объем 0,35, в т.ч. с авторским вкладом 0,35 п.л.); 2) Nikonov, S. M & Yoon, Y., The Energy Partnership between Russia and the Countries of Northeast Asia// European Researcher. 2016. № 103, с. 69–86 (Общий объем 1,1 п.л., в т.ч. с авторским вкладом 0,55 п.л.); 3) Ён Юнг Мин, Сравнительный анализ энергетических стратегий стран СВА: особенности и соотношение их стратегических задач // Экономист. 2017. № 5, с. 58–76 (Общий объем 1,2 п.л., в т.ч. с авторским вкладом 1,2 п.л.); 4) Ён Юнг Мин. Состояние и проблемы энергетического сектора Республики Кореи и их импликация для России// Сборник научных трудов участников конференции «Актуальные проблемы гуманитарных наук в XXI веке», 2018. с. 60-76 (Общий объем 1,1 п.л., в т.ч. с авторским вкладом 1,1 п.л.). Общий объем 3,75 в т.ч. с авторским вкладом 3,2 п.л.

1.1 Мировой опыт формирования энергетической устойчивости

Энергетическая устойчивость реализуется тогда, когда энергетическая система удовлетворяет экономической, экологической и социальной составляющим устойчивого развития. Это значит, что производство и потребление энергоресурсов осуществляются на основе устойчивости и не превышают способности самоочищения Земли [151]. С точки зрения отдельной страны энергетическая устойчивость показывает, насколько энергетическая система страны является экономически эффективной; показывает структуру энергетического производства и потребления на экологически приемлемом уровне; снабжает энергоресурсами на основе принципа стабильности; использование энергетических ресурсов и энергетических услуг происходит социально сбалансированным способом.

Теоретическое определение концепции энергетической устойчивости в рамках концепции устойчивого развития носит дискуссионный характер. Исследования по данной теме выполняются на различных уровнях и с разных позиций.

Сначала мы проанализировали работы, в которых раскрывается понятие «энергетической устойчивости». Это исследования, в которых устойчивость в энергетическом секторе: 1) выступает в качестве подтемы устойчивого развития; 2) рассматривается в рамках концепции энергетической устойчивости. Первая группа исследует энергетический сектор в части создания индикаторов для политического применения концепции устойчивого развития: можно привести работы МАГАТЭ [74], Сингх

и др. [134] как пример на мировом уровне; Хан [64], О Джинкю [116] и С. Бобылев [33] – как пример на уровне страны. Указанные авторы идентифицировали и разработали индикаторы устойчивого развития энергетического сектора как в мире в целом, так и в отдельных странах. Такие работы стали основой для исследования концепции энергетической устойчивости и разработки связанных индикаторов. С другой стороны, Афган [22], Юн [151], Черп и Джуэлл [41], Сантойо-Кастелазо и Азапагич [130], фон Хиппель и др. [143] развивали концепцию энергетической устойчивости, которая является, на наш взгляд, базовой. Перечисленные труды подготовили основу для изучения энергетической устойчивости как компонента устойчивого развития и как независимой исследовательской темы.

Выполнены следующие виды работ: 1) разработан индекс энергетической устойчивости; 2) проведено исследование по измерению показателей индекса. Например, Вера и Ланглуа [142] систематизируют и идентифицируют индикаторы энергетического сектора, которые позволяют осуществить измерение устойчивого развития на уровне страны и принимаются разными международными организациями. Но они не могут практически измерять энергетическую устойчивость на основе синтеза индикаторов. С точки зрения измерения энергетической устойчивости работа Броуна и Совакула [36] заслуживает отдельного внимания. В своем исследовании они определяют структуру системы энергетической устойчивости, которая состоит из следующих аспектов: 1) «безопасность нефти»; 2) «надёжность электроэнергии»; 3) «энергетическая эффективность»; 4) «качество окружающей среды». Данная попытка создать систему индекса представляет собой значительный шаг к практическому измерению энергетической устойчивости, но в то же время имеет ограничение, в силу того что авторы добавили экологический фактор к традиционной концепции энергетической безопасности. В работах Совакула и Броуна [136] и Броуна и др. [37] вводится понятие «концепции энергетической устойчивости» и сделана попытка измерить устойчивость энергетического сектора страны с использованием термина «энергетическая безопасность». В работах представлена система индексов, включающих доступность (Availability), адекватность (Affordability), эффективность (Economic Efficiency) и экологическое управление (Environmental Stewardship). С помощью данной системы индексов измеряется энергетическая устойчивость (используется термин «безопасность») 21 страны ОЭСР. В своей работе Хакатоглу и др. [63] предлагают внедрить в практику систему индексов энергетической устойчивости. Они разработали метод измерения энергетической устойчивости на основе взаимодействия между энергетической системой, с одной стороны, и технологической, экономической, экологической, социальной и институциональными подсистемами страны, с другой стороны. В работе анализируется

устойчивость энергосистемы на уровне местного сообщества. В работе Иддриса и Бхаттачарьи [72] представлен анализ существующих систем индексов по измерению энергетической устойчивости и разработана система индексов, которая позволяет измерять технологическую, экономическую, социальную, экологическую и институциональную устойчивость энергетической системы. Данное эмпирическое исследование выполнено на базе аналитических данных по 20 развивающимся странам. В исследовании Нарула и Редди [114] отмечается ограничение существующих систем индексов по энергетической безопасности и предлагается система индексов, которая может измерять энергетическую устойчивость отдельной взятой страны. С точки зрения общего концептуального подхода данная работа схожа с исследованием Совакула и Броуна [136]. Уникальность данной работы состоит в том, что в ней представлены индикаторы, которые считают подсистему поставок, трансформации-распределения и потребления энергии. По нашему мнению, на практике использовать этот метод достаточно сложно и трудоемко ввиду большого количества индикаторов, составляющих индекс энергетической устойчивости. Радованович и др. [123] разрабатывают индекс энергетической устойчивости, используя энергоёмкость, объем потребления энергии, зависимость от импорта энергии, ВВП на душу населения, интенсивность углерода и долю ВИЭ в общих поставках первичной энергии (ОППЭ). В работе представлена модель энергетической устойчивости на основе данных 28 стран Европейского союза. Исследование имеет признаки уникальности, так как включает в расчеты следующие экологические факторы: 1) интенсивность углерода; 2) доля ВИЭ в ОППЭ. Существует и практическое ограничение, так как в данной работе, по нашему мнению, предложено упрощенное формирование индекса, ввиду отсутствия подсчета социальной устойчивости производства и потребления энергоресурсов. Работы Лобовой и др. [106] и Рагулиной и др. [124] имеют практическое значение: для измерения энергетической устойчивости стран СНГ и России в них берется конкретный индекс энергетической устойчивости. Исследователи измеряли энергетическую устойчивость стран СНГ с помощью метода Совакула и Броуна [136]. Индекс Совакула и Броуна [136] был создан для измерения энергетической безопасности стран-импортёров, с учетом экологических факторов, поэтому он не подходит, по нашему мнению, для того, чтобы оценить устойчивость энергетического сектора в России, Казахстане и Азербайджане, у которых большой объём производства и экспорта энергоресурсов. Отсюда мы делаем вывод, что энергетическая устойчивость в перечисленных и подобных странах-экспортерах более тесно связана с вопросами стабильности и безопасности производства и экспорта энергоресурсов, чем с вопросами стабильности поставок или безопасности. Именно поэтому нужно развивать метод

измерения, который включает в расчеты сектор производства и экспорта. Представленные работы по эмпирическому измерению энергетической устойчивости в отдельных странах внесли определенный вклад в исследование проблематики измерения энергетической устойчивости, но данная область до сих пор остается в начальном периоде своего развития. При этом все проанализированные работы имеют ограничение, так как они не включают социальный аспект, который, по нашему мнению, составляет основу энергетической устойчивости наряду с экономическим и с экологическим аспектами.

Исследования по теме энергетической устойчивости проводятся в русле различных направлений: 1) исследования по экономической устойчивости в сфере энергетики (например, по энергетической безопасности); 2) исследования, связанные с внедрением моделей, повышающих показатели энергоэффективности; 3) исследования, связанные с расчетами энерго-социальной устойчивости; 4) исследования, связанные с расчетами энерго-экологической устойчивости; 5) исследования, связанные с расчетами по внедрению возобновляемых источников энергии. Среди всех представленных направлений особо выделяются исследования по энергетической безопасности. Концепция энергетической устойчивости включает в себя энергетическую безопасность, поэтому мы проанализировали работы, где уделяется внимание разработке концепции энергетической безопасности. Работы Алхаззия [25], Черпа и Джуэлла [40], Шестопалова [20] создали основу для определения экономического аспекта энергетической устойчивости. В работах Черпа и Джуэлла [40], Шестопалова [20] проведен анализ исторического развития концепции энергетической безопасности, её научной основы и процесса формирования. Исследования по оценке энергетической безопасности создали основу для разработки индекса энергетической устойчивости в настоящей диссертации. В своей работе Гупта [62] оценил уязвимость импорта нефти в 26 странах на основе следующих индикаторов: 1) доля общей стоимости импорта нефти к ВВП; 2) объём потребления нефти на ВВП; 3) ВВП на душу населения; 4) доля нефти в ОППЭ; 5) доля внутреннего резерва нефти к общему потреблению нефти; 6) зависимость от импорта нефти; 7) политический риск стран-экспортеров нефти. В данной работе анализируется уязвимость отдельных стран в импорте нефти с различными индикаторами. Однако в представленной работе используется узкое понимание термина «концепция энергетической безопасности», так как в ней отражена энергетическая безопасность только с точки зрения уязвимости поставки нефти. В исследовании Круит и др. [91] указывается на нестабильный характер концепции энергетической безопасности. Авторы классифицировали существующие индикаторы энергетической безопасности в соответствии с критериями возможности, доступности, адекватности и приемлемости. В работе

представлено утверждение, что данные индикаторы могут быть использованы на практике, только когда они используются во взаимодополняемой форме. Анализируемое исследование не предлагает комплексной альтернативной системы индикаторов, но помогло нам провести анализ характеристик разных индикаторов, связанных с энергетической безопасностью. В исследовании Янсена и Зеебрегтса [78] рассмотрены главные методы измерения энергетической безопасности и сделано предположение о новом подходе к концепции безопасности, а именно об энергоуслуге, которая оказывает влияние на аспекты потребления. В работе утверждается, что концепция энергетической безопасности, которая концентрирует внимание только на аспекте поставки, носит слишком широкий характер, поэтому она не способна решать вопросы, связанные с аспектом потребления (например, энергетическая эффективность или потребление энергии). В исследовании Лошель и др. [105] предлагается добавить новые индикаторы: «Ex-post»-индикатор, который состоит из фактора цены на энергоресурсы и фактора объёма энергоресурсов, а также «Ex-ante»-индикатор, который состоит из сосредоточенности и разнообразия в поставке энергоресурсов. Это означает, что оценка энергетической безопасности может выполняться в подходящей форме с индикаторами разных уровней и позиций; кроме того, аргументируется полезность экономического подхода для оценки энергетической безопасности. Работа Джуэлла [79] предлагает наиболее полную модель среди всех перечисленных исследований. Модель состоит из индикаторов, включающих «риск прекращения поставок энергоресурсов», «упругость энергосистемы», а также «доступность энергосистемы», которая включает в себя цепочки (вертикали) энергосистемы: производство – передача – конечное потребление. Кроме того, в работе в качестве объекта исследования берутся не только первичные источники энергии, такие как нефть, газ и уголь, но и возобновляемые источники энергии, в частности гидроэнергия и атомная энергия. Различные индикаторы в данной модели оказали влияние на процесс создания нашего индекса энергетической безопасности.

К подтеме энергетической устойчивости относятся вопросы, связанные с энерго-экологической устойчивостью. Энерго-экологическую устойчивость обуславливают различные концептуальные факторы, такие, например, как: 1) исследования по энергетической эффективности, в которых внимание сосредоточено на потребительском аспекте; 2) работы по выбросам CO₂, которые делают акцент на экологическом влиянии потребления энергоресурсов; 3) работы по возобновляемым источникам энергии, которые концентрируются на экологической устойчивости производства энергоресурсов.

Заключительной подтемой исследования по энергетической устойчивости являются работы, связанные с энерго-социальной устойчивостью. С точки зрения концептуального

подхода исследования по данной теме связаны с возможностью или с приемлемостью энергетических услуг, поэтому они сосредоточены на проблемах энергетической бедности и неравенства, а также на вопросе ценовой приемлемости энергетических услуг. Среди исследований по энергетической бедности рассмотрены работы Ким и Лим [85], Радемекерс и др. [122] и Ромеро и др. [127], которые проводят эмпирические исследования с целью оценки влияния бедности на потребление топлива и энергетических услуг. Среди исследований по энергетическому неравенству рассмотрены работы Парк [121], Якобсон и др. [77], Дюбуа и Мейерв [48], Ву и др. [146]. Эти работы проводят эмпирические исследования по вопросам неравенства в возможности использования энергоуслуг в разных странах, таких как Республика Корея (Парк [121]), Китай (Ву и др. [146]), европейские страны (Дюбуа и Мейерв [48]) и другие (Якобсон и др. [77]). В нашей диссертации оцениваются энергетическая доступность и адекватность цены на энергетические услуги и разрыв между производством и потреблением энергоресурсов.

Энергетическое сотрудничество в СВА изучается различными науками, но наиболее активно этот вопрос прорабатывается в сфере экономики природопользования, с одной стороны, и в сфере международных отношений, с другой стороны. Есть несколько исследований, проведенных в русле экономики природопользования и политэкономии. Основные особенности исследований в сфере международной политики заключаются в том, что энергетическое сотрудничество между странами СВА является сопутствующей проблемой межгосударственных отношений, поэтому энергетические отношения этих стран подчинены геополитическим проблемам региона. Эти исследования дают представление об экономических выгодах энергетического сотрудничества с точки зрения энергетической безопасности.

Существующие исследования по нашей теме показали различия в подходах к определению энергетического сотрудничества, использованию научного фонда, научной методологии и определению объекта анализа. Эти характеристики обобщены в Таблице 1-1-1. Наряду с различиями эти исследования имеют и ряд общих ограничений. Во-первых, это не до конца сформулированное определение энергетического сотрудничества. Проведенные исследования не дают, тем не менее, исчерпывающих ответов на целый ряд вопросов. Что именно понимается под национальным или региональным энергетическим сотрудничеством? Означает ли это расширение торговли энергоресурсами между странами? Означает ли это совместное развитие и инвестирование в энергетические ресурсы между странами? Это совместная разработка технологий для повышения конкурентоспособности в энергетическом секторе каждой страны? Кто является субъектом энергетического сотрудничества между

странами? Существующие исследования не рассматривают в должной степени заявленные проблемы. Подчас они просто используют понятие «сотрудничество» в соответствии с содержанием своих исследований, не определяя именно понятие «энергетическое сотрудничество». В связи с этим первой задачей нашего исследования будет определение «энергетического сотрудничества» между странами, на основе общей теории сотрудничества.

Во-вторых, неясно определение экономических выгод от энергетического сотрудничества, при этом анализ объема экономических выгод остается на базовом уровне. Это связано с нечетким определением понятий и особенностей международного энергетического сотрудничества. Большинство работ по данной тематике определяет выгоду от энергетического сотрудничества с точки зрения энергетической безопасности. Другими словами, выгода от энергетического сотрудничества заключается в повышении стабильности энергоснабжения в странах-импортерах энергоносителей и в увеличении или стабилизации экспорта энергоносителей в странах-экспортерах. Здесь есть три проблемы. Первая проблема заключается в том, что экономические выгоды от энергетического сотрудничества определены на абстрактном уровне. Вторая проблема связана с тем, что трудно провести конкретный анализ изменения уровня энергетической безопасности за счет энергетического сотрудничества. И наконец, третья проблема вытекает из того, что определение экономических выгод от энергетического сотрудничества только на основе стабильности спроса и предложения является неполным, учитывая важность энергетического сектора в национальной экономике, а также его социальное и экологическое воздействие. Ограничения существующих исследований по определению энергетического сотрудничества и выгод от него вытекают из особенностей академической области, в которой этот предмет был в значительной степени изучен. Два основных понятия, составляющих эту терминологию – «сотрудничество» и «энергетика», рассматриваются в контексте международной политики. Концепция сотрудничества в мейнстрим-экономике, основанная на конкуренции и вытекающем из нее равновесии, привлекает меньше внимания, чем сама конкуренция. Кроме того, «энергетические ресурсы», особенно ископаемые энергоресурсы, были признаны фактором международных отношений или международной политики, несмотря на их значимую роль в реальной экономике. В связи с этим международное энергетическое сотрудничество, в частности энергетическое сотрудничество в СВА, широко изучалось в сфере международных отношений и в рамках международной политической науки, но не в экономике природопользования.

В-третьих, в большом количестве работ анализируется сотрудничество в области использования ископаемых источников энергии, таких как нефть и газ. Это легко объяснимо,

учитывая, что нефть и газ в настоящее время являются наиболее широко используемыми энергоносителями. Однако представляется нецелесообразным ограничивать сферу межправительственного энергетического сотрудничества с точки зрения устойчивого развития только лишь ископаемыми топливными ресурсами. Концепция устойчивого развития в энергетическом секторе, охватывающая множество аспектов: безопасность, окружающую среду и социальную сферу, – должна предусматривать сотрудничество в области энергетики не только в части ископаемых энергоресурсов, но также и с учетом возобновляемых источников энергии (ВИЭ), энергоэффективности и сохранения.

В-четвертых, многие работы, посвященные энергетическому сотрудничеству в странах СВА, являются скорее политическими исследованиями, которые анализируют текущие проблемы, но не академическими исследованиями с глубокой теоретической базой. Энергетическое сотрудничество в СВА обсуждается уже более 20 лет. Между тем реализуемые в настоящее время проекты энергетического сотрудничества – это подключение нефте- и газопроводов между Китаем и Россией, а также импорт российского сжиженного природного газа (СПГ) в Корею и Японию. Но то обстоятельство, что окружающая реальность постоянно меняется, а направление деятельности остаётся прежним, создаёт затруднения для продолжения более глубоких академических исследований.

1.2 Теоретические основы, методология исследования и инструментарий управления энергетической устойчивостью

В традиционной концепции экономические выгоды страны в энергетическом секторе определяются, по нашему мнению, как энергетическая безопасность. Исследователи по-разному определяют энергетическую безопасность. В академической среде существует консенсус относительно того, каковы функции энергетической безопасности, но в то же время нет единого мнения о том, какой именно она должна быть [27]. Под энергетической безопасностью иногда понимается наличие энергетических ресурсов по геополитическим факторам, протяженность инфраструктуры для стабильного энергоснабжения или наличие энергетических ресурсов в зависимости от цен на энергоносители. Концепция энергетической безопасности используется в рамках этих контекстов. Однако в широком смысле под энергетической безопасностью обычно понимается стабильность энергоснабжения в случае стран-импортеров, а также стабильность производства и стабильность экспорта энергоресурсов в случае стран-экспортеров. В частности, традиционные дискуссии по вопросам энергетической безопасности сосредоточены в первую

очередь на стабильности и устойчивости поставок нефти [148]. Определение выгоды в энергетическом секторе, основанное на этой традиционной концепции энергетической безопасности, акцентирует внимание только на одном аспекте энергетического сектора – поставке/потреблении энергоресурсов и их импорте/экспорте. Роль энергетического сектора в отдельных странах охватывает не только экономические аспекты предложения и потребления энергетических ресурсов, но и экологические последствия их производства/потребления, а также социальные последствия энергетических услуг как необходимых товаров. Ввиду отмеченного выгода отдельных стран от энергетического сотрудничества должна быть расширена до концепции, охватывающей не только энергетическую безопасность, но и экологические и социальные последствия энергетического сектора и его роль в трех аспектах. Другими словами, выгода страны в энергетическом секторе должна быть пересмотрена с точки зрения энергетической устойчивости.

Прежде всего кратко рассмотрим содержание понятия «устойчивое развитие» как теоретическую основу понятия «энергетическая устойчивость». Понятие «устойчивое развитие» возникает как новая концепция развития на микро-, мезо- и макроуровнях. Далее изучим основанную на нем концепцию устойчивости национальной энергетической системы. На этой основе, исходя из устойчивости энергетической системы, мы постараемся определить конкретные выгоды отдельных стран в энергетическом сотрудничестве. Теория устойчивого развития стала, пожалуй, не только самой исследуемой, быстро развивающейся и популярной новой теорией последних двух десятилетий, но и вполне «практической» теорией – все развитые государства мира выразили стремление следовать по направлению к устойчивому развитию, и практически все сколько-нибудь концептуальные и значимые официальные государственные и международные документы за последние годы в качестве базовой идеологии используют понятие устойчивого развития [1].

Теория устойчивого развития возникла в ходе самоанализа по поводу интенсификации разрушения окружающей среды и распространения глобального загрязнения, вызванного быстрой индустриализацией, начавшейся в XX веке. Осознание рамок экологического коридора для экономического развития человечества привело к выводу о необходимости радикального пересмотра сложившейся модели [19]. Со времен индустриализации человечество сосредоточилось на росте производства и богатства, забыв о ценности окружающей среды, которая является ограниченным капиталом. Загрязнение окружающей среды, вызванное индустриализацией, перешло из категории проблем отдельных стран в разряд глобальных проблем, а в настоящее время даже бытует мнение, что

без коренных изменений в социально-экономическом развитии оно приведет к концу человечества.

[Таблица 1-1-1] Особенности существующих исследований по энергетическому сотрудничеству в СВА

No.	Автор	Дисциплина	Теоретическая основа	Характер энерго-отношения	Определение энерго-сотрудничества	Определение выгоды	Объект сотрудничества
1	Ким[86]	мировая политика	Реализм	нулевой суммой	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
2	Ох[117]	мировая политика	Реализм	Конкурентный	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
3	Санеев[129]	Экономика	институционализм	Взаимо-дополняющий	Collective action	Энергоустойчивость	Ископаемые+ВИЭ+Технология
4	Ли[99]	Политэкономика	институционализм	Конкурентный	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
5	Чо[42]	мировая политика	История	Комплексный	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
6	Ли[103]	мировая политика	Неясный	Взаимо-дополняющий	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
7	Эдер и Коржубаев[50]	мировая политика	История	Комплексный	Торговля	Национальный интерес	Ископаемые
8	Ом[139]	Экономика	Неясный	Взаимо-дополняющий	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
9	Ито[76]	мировая политика	Взаимная зависимость	Взаимо-дополняющий	Торговля	Энергоустойчивость	Ископаемые+ВИЭ+Технология
10	Ом[140]	мировая политика	Теория игр	Конкурентный	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
11	Ли и Ён[94]	Экономика	Теория игр	Конкурентный	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
12	Шадрина и Брэдшоу[131]	Политэкономика	История	Неясный	Торговля	Энергобезопасность	Ископаемые
13	Конопляник[9]	Политэкономика	институционализм	Взаимо-дополняющий	Коллективное действие	Энергоустойчивость	Ископаемые+ВИЭ+Технология
14	Ван и Го[145]	мировая политика	институционализм	Взаимо-дополняющий	Коллективное действие	Национальный интерес	Технология

В этом контексте в докладе Римского клуба «Пределы роста» 1972 года указывалось, что нынешняя модель социально-экономического развития мирового сообщества не является устойчивой, и активно обсуждалась возможность совместимости понятий «охрана окружающей среды» и «устойчивый экономический рост». В результате появилась концепция устойчивого развития. В 1987 году концепция устойчивого развития была более широко рассмотрена в докладе Брундтланд («Наше общее будущее») в рамках программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) как концепция, гарантирующая будущее человечества в XXI веке. В 1992 году на конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) были приняты «Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию» и ее план действий – «Повестка дня на XXI век». В Рио-де-Жанейрской декларации основное внимание было уделено необходимости проведения глобальной дискуссии на тему «Экологически обоснованное и устойчивое развитие». С тех пор концепция устойчивого развития была разработана также и в рамках «Йоханнесбургской декларации по устойчивому развитию», принятой на Всемирной встрече на высшем уровне по устойчивому развитию (ВВУР) в 2002 году и саммите «Рио+20» в 2012 году. В 2012–2015 годах переход к устойчивому развитию (и в его рамках – к новой экологически устойчивой экономике) окончательно определился как главное направление развития человечества в XXI веке [2]. Наиболее часто устойчивое развитие определяется как «развитие, которое удовлетворяет потребности нынешнего поколения без ущерба для способности удовлетворять потребности будущих поколений», – эта формулировка содержится в докладе Брундтланда [47]. С одной стороны, данное определение отражает ресурсные ограничения современного общества, однако его формулировка столь политкорректна, что содержит больше вопросов относительно того, что считать устойчивым развитием, чем ответов на них [21]. Иными словами, устойчивость может быть установлена на различном уровне в зависимости от экономического, социального и технологического развития отдельных стран, как на национальном, так и на глобальном уровне.

Иначе говоря, устойчивое развитие – это взаимосвязь и баланс между аспектами экономики, экологии и общества. И, как отмечается в докладе Брундтланда, устойчивое развитие – это не тот результат, которого мы можем достичь, а процесс,

который мы стремимся реализовать. Важнейшим принципом устойчивого развития является сочетание экологического (экологическая стабильность и разнообразие), социально-институционального (демократия, здоровье, стабильность и равенство) и экономического (производство и эффективность) аспектов, а также баланс и гармония. Другими словами, необходимо понять взаимосвязь проблем, имеющих различные временные, региональные и социальные характеристики, такие как экономический рост нынешнего поколения и сохранение экологического капитала для будущих поколений; неравенство и различия между богатыми и бедными на уровне стран и общества в целом; изменения климата, угрожающие нынешнему и будущим поколениям на глобальном уровне. Для решения перечисленных проблем необходима новая парадигма – концепция устойчивого развития.

Концепция устойчивого развития конкретизирована в форме практических целей. 25 сентября 2015 года Генеральной Ассамблеей ООН принята резолюция «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», где определены «цели устойчивого развития» (ЦУР), представляющие собой конкретный план действий на международном и страновом уровнях. В ЦУР отражены конкретные детали, представленные в виде 17 целей, а именно: 1) покончить с бедностью; 2) покончить с голодом; 3) здоровье и благополучие; 4) качественное образование; 5) равенство полов; 6) водоснабжение и санитария; 7) устойчивая энергетика; 8) достойная работа; 9) устойчивая индустриализация и инновации; 10) сокращение неравенства доходов; 11) устойчивые города; 12) устойчивое потребление и производство; 13) борьба с изменением климата; 14) морская экосистема; 15) наземная экосистема; 16) мирное и инклюзивное общество; 17) глобальное партнерство в интересах устойчивого развития. Кроме того, в рамках указанных целей в документе определено 169 подцелей, которые делятся на три группы: экономическая устойчивость, экологическая устойчивость и социальная устойчивость. Цели с 1-й до 6-й относятся к области социального развития и направлены на восстановление и сохранение человеческого достоинства. Цели с 8-й до 11-й ориентированы на обеспечение роста экономики, они связаны с созданием инклюзивной экономической среды и обеспечением устойчивой динамики экономического роста, чтобы у всех народов был подходящий уровень жизни. 7-я цель и цели с 12-й до 15-й обращены к

решению вопросов сохранения экосистемы: проблем истощения природных ресурсов и загрязнения окружающей среды из-за массового производства и потребления. 16-я и 17-я цели являются функциональными, в них заключены условия и методы для достижения всего комплекса ЦУР, основанные на том, что совместное решение нескольких целей способствует достижению наиболее значимых результатов [128]. Подробнее аспекты решения обозначенных целей будут рассмотрены далее.

[Таблица 1-1-2] Доля социальных, экологических и экономических факторов в ЦУР, %

Цели устойчивого развития	Факторы			
	Социал.	Эколог.	Эконо.	Глав.
1. Повсеместная ликвидация нищеты во всех её формах	60	13	27	Социал.
2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства	60	27	13	Социал.
3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте	96	4	0	Социал.
4. Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех	81	5	14	Социал.
5. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек	100	0	0	Социал.
6. Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех	44	44	11	Социал.-эколог.
7. Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех	22	44	33	Эколог.
8. Содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной	37	10	53	Эколог.

работе для всех

9. Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций	13	20	67	Эконом и.
10. Снижение уровня неравенства внутри стран и между ними	67	0	33	Социал.
11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов	62	33	5	Социал.
12. Обеспечение рациональных моделей потребления и производства	21	58	21	Эколог.
13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями	56	44	0	Социал.-эколог.
14. Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития	5	67	29	Эколог.
15. Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия	22	67	11	Эколог.
16. Содействие построению миролюбивых и открытых обществ в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях	93	0	7	Социал.
17. Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизация работы механизмов глобального партнерства в интересах устойчивого развития	93	0	7	Социал.

Источник: Бобылев[128]

Таким образом, устойчивое развитие – это концепция комплексного экономического, социального и экологического развития, обеспечивающая баланс

между экономическими целями, ориентированными на повышение эффективности и рост экономики, социальными целями сокращения бедности и обеспечения равенства, экологическими целями охраны окружающей природной среды и природных ресурсов. Одна из основных задач политики в области устойчивого развития заключается в сбалансированном сочетании этих трех измерений [8].

Понятие устойчивости изучалось в различных научных областях не только как парадигма развития, но и как самостоятельная научная тема. Первоначально основные вопросы устойчивости понимались как предмет естественных наук, а в последнее время они рассматриваются в сфере социальных наук [101]. Таким образом, концепция устойчивости исследована на различных уровнях в различных гуманитарных и социальных науках, таких как экономика, менеджмент, политология, социология, педагогика, география, туризм и т. д. Кроме того, развивается мультидисциплинарная и междисциплинарная наука об устойчивости, которая фокусирует внимание на самом понятии устойчивости. Наука об устойчивости началась с различных исследований, которые стремились предложить общий для всех наук с инструментальной, методологической и процедурной точек зрения метод для восстановления системного управления быстро меняющейся социально-экономической системой и экологией [43]. Исследовательский центр LUCID (Lund University Centre of Excellence for Integration of Social and Natural Dimensions of Sustainability), являющийся лидером в этой области, указывает на четыре основные проблемы устойчивого развития, такие как изменение климата, сокращение биоразнообразия, изменение землепользования и нехватка водных ресурсов. Кроме того, он определяет три основные темы устойчивого развития, такие как научное понимание социально-экологической системы; цели устойчивого развития; стратегия устойчивого развития и ее реализация. Как мы уже отмечали выше, исследование вопросов устойчивости – это направление, которое интегрирует общество с его экономической системой в экосистему, выдвигая на первый план вопрос о стабильном и целенаправленном характере развития мировой системы планеты Земля. Таким образом, наука об устойчивости призвана служить связующим звеном между экосистемой как отправной точкой вопроса об устойчивости и социально-экономической системой посредством конвергенции различных естественных и

социальных исследований. В частности, она стремится внести свой вклад в повышение практической устойчивости путем обеспечения теоретической основы для реализации целей устойчивого развития и стратегии развития.

В силу того, что в вопросах устойчивости экосистема, экономическая система и парадигма развития, а также социальная структура взаимосвязаны, для решения этих вопросов целесообразно основываться на междисциплинарном подходе.

В идеале для целей устойчивого развития необходима такая энергетическая система, которая обеспечивала бы достаточное количество необходимой и доступной энергии, но в то же время не причиняла невосполнимого ущерба экосистеме [3]. В рамках концепции устойчивого развития устойчивость энергетической системы может быть реализована тогда, когда энергетическая система удовлетворяет требованиям экономической, экологической и социальной устойчивости.

Экономический аспект устойчивого развития энергетической системы заключается в том, как потребление энергии, структура производства энергии и качество энергетических услуг влияют на экономический рост или же как состояние и тенденции энергетического сектора могут увеличить потенциал долгосрочного экономического роста. В эти составляющие экономического аспекта включены разнообразные показатели, связанные с энергопотреблением, производством и поставкой энергии, эффективностью энергоснабжения, конечной энергоемкостью, ценами на энергоносители и налогами, субсидиями, энергетической безопасностью и энергетическим разнообразием. Социальный аспект энергетики для устойчивого развития относится к влиянию имеющихся энергетических услуг на социальное благосостояние, что обуславливает необходимость решения вопросов, связанных с доступностью энергетических услуг, разрывом в потреблении энергии и адекватностью цен на энергоносители.

Экологический аспект устойчивого развития энергетической системы связан с общим воздействием энергетической системы на окружающую среду. Он также зависит от структуры производства и использования энергии, соответствующих энергетических норм и системы ценообразования на энергию. Типичными примерами указанного воздействия являются изменение климата, загрязнение воздуха, загрязнение воды, рост количества отходов, исчезновение лесов и деградация земель, связанные с

производством и потреблением энергии. В 2002 году Всемирный саммит по устойчивому развитию (the World Summit on Sustainable Development (WSSD)) определил энергетику как одну из пяти ключевых областей устойчивого развития. И в качестве требования к устойчивой энергетической системе утвердилась концепция, которая является надежной, экономически жизнеспособной, социально приемлемой и экологически безопасной¹. На глобальном уровне устойчивость энергетической системы достигается тогда, когда энергия поступает, не превышая возможности её устойчивого поддержания. Между тем на уровне отдельных стран она реализуется в том случае, если энергоносители поставляются устойчивым образом, используются экологически чистым способом, а также если социальные проблемы уменьшаются за счет равномерного распределения затрат и выгод от использования энергии в одном поколении и между поколениями. Исходя из этих перспектив устойчивого развития можно определить выгоду отдельных стран в энергетическом секторе как устойчивость энергетической системы. Это определение отличается от выгоды страны в энергетическом секторе с точки зрения традиционных перспектив. Традиционно выгода страны в энергетическом секторе понималась как концепция энергетической безопасности. Несмотря на то, что существуют различные трактовки понятия энергетической безопасности, в основном она определяется как стабильное функционирование энергетического сектора для стабильного экономического роста страны. Иными словами, это означает стабильное и рациональное снабжение энергоресурсами стран-импортеров и стабильное производство-экспорт энергоресурсов странами-экспортерами. Определение выгоды страны в энергетическом секторе, основанное на этой традиционной концепции энергетической безопасности, может рассматриваться только с точки зрения экономического роста в условиях устойчивого развития. Как мы уже видели, суть концепции устойчивого развития состоит в следующем: экономический рост должен быть сбалансирован с социальными факторами в рамках приемлемости для окружающей среды. В связи с этим национальный энергетический сектор также следует определить как устойчивость энергетических систем, основанных на концепции устойчивого развития. Кроме того,

¹ United Nations, 2002. Plan of implementation of the World Summit on Sustainable Development Documentation.

энергетическое сотрудничество между странами СВА нуждается в создании такой модели энергетического сотрудничества, в которой повышение энергетической устойчивости рассматривалось бы как выгода. В результате мы можем определить выгоду энергетического сектора Южной Кореи, Японии, Китая и России следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Выгода страны в энергетическом секторе (V)} &= \text{Энергетическая устойчивость} \\ &(\text{ESS}) = \text{Энергетическая безопасность (ESC)} + \text{Энерго-экологическая} \\ &\text{устойчивость (EES)} + \text{Энерго-социальная устойчивость (ESO)} \\ &\dots\dots\dots [\text{форм. 1-1-1}] \end{aligned}$$

Выгоду энергетического сектора можно рассматривать как замену устойчивости энергетической системы. Энергетическая устойчивость состоит из: 1) традиционной энергетической безопасности, которая подчеркивает экономическую роль энергетического сектора; 2) энерго-экологической устойчивости, учитывающей воздействие энергетической системы на окружающую среду; 3) энерго-социальной устойчивости энергетических услуг, учитывающей социальную роль энергетического сектора. Они отражают три основных столпа устойчивого развития: устойчивое экономическое развитие, устойчивое социальное развитие и экологичность.

Энергетическая безопасность – это концепция, ориентированная на потребителей или импортеров энергии. Международное энергетическое агентство (МЭА) определяет энергетическую безопасность как «непрерывную физическую доступность по доступной цене при уважении экологических проблем» [79] и рассматривает её как безопасность поставок энергетических ресурсов. Эту стабильность можно дифференцировать на структурную стабильность и экономическую эффективность энергоснабжения. Структурная стабильность энергетической системы может быть выражена в терминах разнообразия. Высокая зависимость от конкретного поставщика энергии или источника энергии, т. е. низкое разнообразие, приводит к усилению влияния отдельного поставщика или источника энергии на энергетическую систему и увеличивает риски. Во-первых, в случае стран-импортеров энергоносителей разнообразие маршрутов импорта отражает стабильность структуры энергоснабжения. Чем больше энергосистема импортирует от разнообразных поставщиков, тем более стабильной будет структура поставок,

свободная от влияния отдельных экспортёров. Стабильность структуры энергоснабжения с точки зрения его источников может быть оценена таким же образом через разнообразие поставок первичной энергии. Это согласуется с дискуссией, продолжающейся с начала 1970-х годов об энергетической безопасности в потреблении энергии. Поскольку спрос на энергию воспринимается как компонент энергетической безопасности [143], утверждается, что снижение энергопотребления и зависимости от энергоресурсов приведет к повышению энергетической безопасности [58].

Последним аспектом, составляющим энергетическую безопасность, является экономическая эффективность затрат на энергоснабжение. Экономическая эффективность затрат на энергоснабжение указывает на то, что страна, оплачивая соответствующие затраты, поставляет энергию в свою экономику. В нашем исследовании это выражается как стоимость импорта энергии к ВВП в случае стран-импортеров энергии (Кореи, Китая и Японии) и как стоимость производства энергии – для России.

С другой стороны, ориентированная на поставки концепция энергетической безопасности для стран-потребителей энергии не подходит для применения к странам-поставщикам энергии (или странам-экспортерам), таким как Россия [132].

Существует небольшая группа исследований по энергетической безопасности в России, однако они в основном рассматривают экспорт энергоносителей как компонент концепции российской энергетической безопасности, являющейся инструментом российской внешней политики (Макфол [110], Гольдтау [59], Ньюхэм [115]). Также существует ряд учёных, рассматривающих концепцию энергетической безопасности как один из аспектов российского энергетического сектора, частью которого является экспорт природного газа (Романова [126], Шарплз [132]). В настоящей работе применяется несколько более широкая концепция энергетической безопасности поставщика энергии, чтобы оценить уровень безопасности во всем российском энергетическом секторе. Мы определили концепцию энергетической безопасности потребителей энергии как стабильное и экономичное снабжение энергоресурсами. В этом контексте энергетическую безопасность поставщика энергоносителей можно определить как стабильное и экономичное производство и экспорт энергоресурсов.

Прежде всего рассмотрим производственную сторону энергетической безопасности России. Стабильное производство энергоресурсов является базовым элементом в энергетической отрасли таких стран-экспортеров энергоресурсов, как Россия, удовлетворяющим внутренний спрос и обеспечивающим приток иностранной валюты за счет экспорта энергоресурсов. Стабильность производства может быть сведена к тому, сколько имеется энергетических ресурсов и как долго их можно производить. Другими словами, стабильность производства энергии может быть измерена текущей производственной мощностью и отношением R/P (резерв к производству), которое указывает на будущую производственную мощность в качестве настоящего стандарта.

Экономическую эффективность производства в сфере энергетики можно разделить на экономические выгоды производства в энергетическом секторе и эффективность процесса производства энергетических ресурсов.

Производство энергии – самая крупная отрасль в России. Добыча и переработка энергетических ресурсов, таких как нефть, природный газ и уголь, а также внутренние продажи и экспорт создают различные формы экономического эффекта. Однако в нашем исследовании невозможно учесть весь экономический эффект от энергетической отрасли, поэтому мы оцениваем экономическую выгоду от производства энергоресурсов с помощью наиболее значимого показателя – доли общего экспорта энергоресурсов в ВВП.

Экономическая эффективность производственного процесса может быть выражена как отношение между капиталом, вводимым в энергетический сектор, и выходными ресурсами в производстве. Производство ископаемых топливных ресурсов, таких как нефть и газ, является типичной капиталоемкой отраслью, поэтому мы используем здесь величину капитальных вложений в энергетический сектор, т. е. величину капитальных вложений на производство одной единицы энергоресурса, как косвенный показатель энергетической эффективности сектора.

Последним элементом экономической эффективности является важность экспорта энергоносителей во внешнеэкономических связях. В нашем исследовании она определяется как доля экспорта энергоносителей в общем объеме экспорта сырьевых товаров. Как и в случае со странами-импортерами энергии, разнообразие

энергетических систем является вопросом энергетической безопасности. Разнообразие стран-экспортеров энергоресурсов также сопровождается разнообразием энергоснабжения и разнообразием экспорта энергоресурсов, поэтому мы будем использовать экспортное разнообразие в качестве опосредованного показателя для российского экспорта энергоносителей, как и в концепции энергетической безопасности стран-импортеров энергоносителей. Спрос на диверсификацию портфеля экспортных рынков является одним из основных вопросов российской энергетической стратегии. В частности, высокая доля российского газа на европейском рынке является показателем доминирования России на этом рынке, а также может выступать в качестве показателя зависимости экспорта российского газа от конъюнктуры конкретного рынка. Подробное обсуждение этого вопроса приведено в Главе 3.

Энерго-экологическая устойчивость связана с экологически чистым характером производства, переработки и потребления энергетических ресурсов. Её можно дифференцировать на эффективность потребления энергоресурсов, экологическое воздействие потребления энергоресурсов, в частности степень воздействия на окружающую среду, связанную с изменением климата, и уровень развития экологически чистых источников энергии и энергетических технологий. Уровень развития сектора возобновляемых источников энергии отражает нынешнюю устойчивость энергетической системы, а также будущую устойчивость. Это показывает, насколько энергетическая система свободна от экологического ущерба, вызванного использованием ископаемой энергии, а также насколько она независима от традиционных видов ископаемого топлива.

Сектор возобновляемой энергетики имеет количественный уровень развития и качественный уровень развития. Уровень количественного развития можно выразить как долю ВИЭ в первичном энергобалансе. Доля ВИЭ в ОППЭ показывает, насколько эта энергетическая система практически использует ВИЭ. Уровень качественного развития возобновляемой энергетики можно выразить как уровень развития технологий, связанных с возобновляемой энергетикой. Уровень технологического развития может быть измерен с помощью индекса конкурентоспособности экспорта продукции, связанной с ВИЭ, и с использованием данных об импорте и экспорте. Воздействие энергетического сектора на окружающую среду может быть представлено

уровнем национальных выбросов парниковых газов. В качестве прокси-показателя для этого используется объем выбросов CO₂ в той или иной стране. Наконец, энергоемкость используется в качестве показателя энергетической эффективности национальных энергетических систем. Это относится к количеству потребляемой энергии на единицу ВВП.

Последним аспектом устойчивости энергетических систем является социальная устойчивость энергетических услуг. Все этапы производства, снабжения и потребления энергии – это ряд социальных процессов, осуществляемых членами общества и для членов общества. Эти результаты также непосредственно влияют на жизнь людей. Другими словами, социальная устойчивость энергетических услуг связана с взаимосвязью социального контекста и вопросов энергетики. Концептуально социальная устойчивость энергетических систем на национальном уровне включает решения, связанные с энергетикой, справедливость потребления энергии и социальную приемлемость. Однако применить все эти концепции на уровне измерения социальной устойчивости реальных энергетических систем довольно сложно. В частности, характер решений, связанных с энергетикой, не имеет соответствующих статистических данных или показателей для их оценки. Таким образом, основные показатели и индексы энергетической устойчивости и связанные с ними исследования сосредоточены на социальной устойчивости энергетических систем с точки зрения потребления энергетических услуг. Они непосредственно связаны с неравенством в доходах домохозяйств. Это означает измерение справедливости социальных возможностей в использовании энергетических услуг (прямое использование энергетических ресурсов и использование конечных источников энергии и т. д.). Таким образом, устойчивость с точки зрения потребления энергии может быть разделена на: 1) доступ членов общества к энергетическим услугам; 2) экономическую адекватность энергетических услуг; 3) социальное неравенство в потреблении энергии.

Доступ к энергетическим услугам означает общественный доступ к пользованию энергией на абсолютном уровне. Потребление топлива и услуг энергетической сферы постепенно переходит из личного контекста в социальный по мере их развития. Другими словами, невозобновляемые источники энергии, такие как бензин, природный газ и электричество, и связанные с ними энергетические услуги

требуют более сложных масштабов и уровня социальной инфраструктуры, чем прямое потребление традиционных твердых видов топлива, таких как древесина, уголь и т. д. Ввиду этого использование таких современных видов нетвердых топливно-энергетических услуг (т. е. доступ к топливу и услугам) может варьироваться в зависимости от уровня развития отдельных стран. Но совершенно очевидно, что потребление энергии и энергетических услуг, которые являются более чистыми, безопасными и удобными, тесно связано с качеством жизни отдельных членов общества. В этом контексте международные организации, такие как Всемирный банк, МЭА и Всемирный экономический форум, рассматривают доступность энергетических услуг, таких как нетвердое топливо и электроэнергия, в качестве ключевого показателя доступности энергии. Доля населения, использующего нетвердое топливо, от общей численности населения является наиболее часто используемым показателем абсолютной доступности. Однако этот показатель недостаточен для стран, которые уже имеют довольно высокий уровень абсолютной доступности, таких как Корея, Япония и Россия. Ввиду этого в настоящей работе мы рассматриваем потребление электроэнергии на душу населения как показатель абсолютного доступа к энергетическим услугам.

Адекватность энергетических услуг – это концепция, которая вытекает из доступа к энергии или часто связана с ним. В странах с определенным уровнем доступа к энергии уровень потребления энергетических услуг будет зависеть от уровня доходов отдельных лиц или домашних хозяйств и цен на энергоносители. Например, в Корее в 1995 году, когда начали собираться соответствующие статистические данные, доля потребителей электроэнергии уже достигла 100%. Однако это не означает, что все домохозяйства потребляют достаточно электроэнергии. Потребление электроэнергии составляет 100%, но для того, чтобы потреблять электроэнергию, необходимо платить цену в соответствии с рыночной стоимостью. Таким образом, фактическое потребление энергоуслуг в значительной степени зависит от цены энергоуслуг в стране и уровня доходов отдельных домохозяйств. Проблема заключается в том, что потребление энергии сверх определенного количества неизбежно, поскольку энергетические услуги имеют характер как социальных услуг, так и рыночных продуктов. Таким образом, если цена энергосервиса слишком высока по сравнению с доходами определенной доходной

группы, то трудно сказать, что общество имеет достаточный доступ к энергии. Адекватность энергетических услуг означает, насколько цена энергетических услуг соответствует уровню доходов членов общества. Нами это будет исследовано путем измерения доступности энергетических услуг в доходах домашних хозяйства и доступности в других продуктах.

Энергетический разрыв относится к разнице в уровнях потребления энергии по уровням дохода. Как уже упоминалось ранее, энергетические услуги имеют выраженный характер социальной услуги. Кроме того, на индивидуальном уровне или уровне домохозяйства потребление энергии имеет как восходящую, так и нисходящую тенденции. Другими словами, даже если уровень доходов растет, то рост потребления энергии ограничен. Как бы ни был высок доход, зимой не бывает повышения температуры в домах до 40 градусов. Верно и обратное. Даже малообеспеченное домохозяйство не может потреблять энергии меньше основных показателей, поскольку она используется, например, для отопления и для приготовления пищи. Таким образом, разница в уровне потребления энергии в зависимости от уровня доходов означает, что в обществе существует неравенство. Очень трудно измерить разрывы по уровням доходов для такого потребления энергии. Помимо того, что эта концепция была введена совсем недавно, по ней также отсутствует соответствующая статистика. Даже в тех странах, где хорошо ведется сбор различных статистических данных, таких как Корея и Япония, статистика потребления энергии, основанная на уровнях доходов, начала собираться совсем недавно. Следовательно, данный показатель необходимо измерять косвенным образом. Для этого мы будем использовать имеющиеся статистические данные с достаточной протяженностью, такие как доход по квинтилям и розничные цены на энергоносители, а также будем измерять разрыв между относительными ценами на энергоносители и доходом.

В существующих исследованиях по энергетическому сотрудничеству, как правило, используются неточные определения энергетического сотрудничества. Концептуальное определение этого понятия варьируется в зависимости от направления и фокуса конкретного исследования. И эта разница в дефинициях, по-видимому, является фактором, препятствующим дальнейшему изучению энергетического сотрудничества в США, поэтому в настоящем исследовании четко определено понятие

энергетического сотрудничества и на его основе создана модель энергетического сотрудничества СВА. Для этого проводится обзор теории сотрудничества в международной политике. В силу того, что в экономических теориях сотрудничества главным действующим лицом является индивид, а не страна, мы уточним основные понятия, составляющие определение энергетического сотрудничества, посредством изучения теорий международной политики, которые признают страну основной единицей сотрудничества. На основе этого концептуального обзора мы теоретически определим понятие и рамки энергетического сотрудничества стран СВА.

Энергетическое сотрудничество – это в основном деятельность на уровне стран. Хотя неправительственные организации, частные компании и общественные организации могут участвовать в реализации детализированных задач сотрудничества, международное энергетическое сотрудничество понимается в целом как межправительственное взаимодействие с учетом характеристик и размеров энергетического сектора. С учетом отмеченного для определения понятия энергетического сотрудничества необходимо проанализировать, что же представляет собой сотрудничество между странами. Международное сотрудничество активно изучается в рамках международной политики, но не экономики². Сотрудничество в экономической сфере изучалось главным образом через взаимодействие между индивидами и рациональным *homo-economicus*, а не между странами, представляющими собой совокупность политических, экономических, социальных и культурных аспектов. Хотя сотрудничество между этими рациональными *homo-economicus* может быть непосредственно связано с межправительственным сотрудничеством, необходимо всё же изучить, как теории международной политики объясняют межправительственное сотрудничество.

Теория реализма понимает международное сообщество как анархию. Реализм вслед за Гоббсом рассматривает мир как «борьбу всех людей против всех людей», так что страны угрожают безопасности друг друга. В этой анархической международной

² Международное сотрудничество в международной политике – понятие, отличное от межгосударственного сотрудничества, которое предполагается рассматривать в данном исследовании. Двустороннее или многостороннее сотрудничество между отдельными странами и международное сотрудничество как международная система могут быть различными с точки зрения масштабов сотрудничества, методов сотрудничества и механизмов сотрудничества. Однако для целей настоящего раздела работы данные понятия используются без каких-либо особых различий.

политике нет централизованной власти над отдельными странами [144]. В теории реализма отдельная страна стремится выжить в структуре анархии и использовать силу как средство выживания, поэтому и существуют только конкуренция и баланс сил для максимизации собственной безопасности³. В таком мире сотрудничество невозможно, так как реализация сотрудничества зависит исключительно от доброй воли отдельной страны, поэтому международная анархия порождает проблему правоприменения [102]. В этом смысле теория реализма представляется неадекватной теоретической основой для анализа межправительственного сотрудничества, но она имеет некоторые полезные черты для целей настоящего раздела. Во-первых, она рассматривает страну как главный актор международных отношений. Во-вторых, можно сказать, что представление о международном сообществе как об анархии и идея возникающего в результате этого баланса сил (или выгоды) аналогичны понятию рыночного равновесия на свободном конкурентном рынке. Основное допущение неолиберального институционализма мало отличается от реализма. С институциональной точки зрения международное сообщество является анархическим, не имеющим центральной власти на национальном уровне, и эта анархия препятствует международному сотрудничеству. Кроме того, признание страны главным действующим лицом в международном сообществе может рассматриваться как принятие основного допущения реализма. Однако институционалистский подход, в отличие от реализма, признает способность отдельных стран, несмотря на анархический характер международной системы, осуществлять сотрудничество на основе международных институтов. Институционалистская теория видит фундаментальную причину отказа стран от сотрудничества не в самой международной анархии, а в условиях асимметрии информации и её высокой стоимости. В связи с этим даже при отсутствии центрального органа, ограничивающего действия каждой из сторон и обеспечивающего условия сотрудничества, вышеупомянутые информационные издержки и информационная асимметрия могут быть смягчены, если на международном уровне будет создана соответствующая система. Иными словами, в международном сообществе анархия не является основной причиной провала межправительственного

³ Кеннет Валц объясняет это как баланс сил, который является результатом распределения относительной власти, а Sweller – как баланс интересов, который определяется как отношение к существующему балансу сил.

сотрудничества, поэтому сотрудничество можно осуществлять через создание институтов независимо от того, была усилена анархия или нет. Задача состоит в том, чтобы создать систему, способную смягчить эту проблему информационной стоимости и информационной асимметрии.

С другой стороны, теория функционализма и конструктивистская теория сотрудничества предполагают, что основными субъектами сотрудничества являются неправительственные организации. Во-первых, функционализм утверждает, что поощрение межправительственного сотрудничества в неполитических сферах, таких как экономическая и социальная, может в итоге привести страны к политическому сотрудничеству и дальнейшей политической интеграции. Фундаментальное положение функционализма – вера в рациональность человека. Данный тип человека значительно отличается от рационального *homo-economicus*. Рациональность в экономике подразумевает максимизацию выгоды *homo-economicus* с полной информацией о предпочтениях и вариантах. Однако в теории кооперации в рамках функционализма люди рациональны и преследуют свои интересы через гармонию, а не через конфликт в социальных отношениях. Неофункционалист считает, что международная интеграция и миротворчество труднодостижимы лишь из-за неполитического характера общих интересов. Поскольку создание транснациональных институтов имеет большое значение, то неофункционалисты подчеркивают неизбежность политического подхода. Конструктивистская теория понимает международные отношения как социальный конструкт. В отличие от реализма и институционализма, она утверждает, что международное сообщество не является вечным, а представляет собой определенную структуру, которая обусловлена исторически, является интерсубъективной и будет перестроена в будущем. Таким образом, в качестве эндогенной переменной международная структура понимается как социальный контекст, а не материальный. Сила формирования международной системы в конструктивистской теории – это легитимность, основанная на общих нормах и идеологиях, а также авторитет для определения общих смыслов [49]. Это отличает её от той непреодолимой силы, которую подчеркивает неореализм, и от тех интересов, которые рассматривают неолиберальные институты. Характер международного сообщества является анархичным, но он может быть изменен взаимными действиями стран. Страны

являются субъектами сотрудничества, и особенности их взаимодействия могут быть обусловлены характером международных отношений, который зависит от интересов отдельных стран, специфики их национальных идей и идентичности. Это духовный и культурный аспект сотрудничества, согласно которому поведение стран в международных отношениях строится не на власти или выгоде, а на восприятии и представлении этих материальных условий.

Резюмируем всё вышесказанное. Прежде всего стоит отметить, что кроме функционалистского подхода общей чертой рассмотренных теорий является признание отдельных стран в качестве субъектов международного сотрудничества. Всё это делает целесообразным рассмотрение именно отдельной страны в качестве основного субъекта международного сотрудничества. Каждая теория отличается восприятием поведения страны в рамках международных отношений. Теория реализма предполагает, что страна стремится максимизировать свою власть на международной арене, и потому возможности сотрудничества между странами невелики. Институционалистская теория предполагает, что международные отношения находятся в анархическом состоянии, но это может быть улучшено, поскольку это всего лишь результат информационной асимметрии. В данном случае отдельные страны не рассматривают власть как средство выживания, но реализуют национальные интересы в широком смысле. Здесь национальные интересы включают в себя не только обеспечение национальной безопасности, но и экономические выгоды. Таким образом, отдельные страны конкурируют за максимизацию своих выгод, поэтому сотрудничество существует за счет снижения информационных издержек через систему.

Мы придерживаемся институционалистской точки зрения в определении понятия «энергетическое сотрудничество». Это объясняется тем, что, во-первых, для простоты анализа наше исследование в основном рассматривает страны в качестве акторов или базовых единиц энергетического сотрудничества. В этом смысле трудно применить теорию функционализма, которая помимо страны рассматривает и множество других акторов. Во-вторых, в нашем исследовании стоит задача определения энергетического сотрудничества, пригодного для эмпирического анализа, а это исключает теорию конструктивизма, в которой нематериальные элементы, такие как идеи и идентичности, играют важную роль в ее логической структуре. В-третьих,

допущение анархических международных отношений и установление рационально-эгоистического актора, как в теории реализма, несомненно, имеют точки опоры в попытке определения энергетического сотрудничества. Однако то, что реализм в основном определяет другие страны как врага, не соответствует направлению нашего исследования.

Таким образом, основываясь на институционалистской точке зрения, мы можем спроектировать приблизительное определение энергетического сотрудничества.

1) Предположение:

– субъектами энергетического сотрудничества являются рационально-эгоистические акторы, а именно отдельные страны, которые преследуют интерес по максимизации своей выгоды;

– сотрудничество может возникать тогда, когда выгоды стран в энергетическом секторе имеют взаимозависимость (+ или –);

– при наличии взаимозависимости страны могут конкурировать или сотрудничать на определенных условиях.

2) Определение:

Энергетическое сотрудничество является одним из последствий эгоистичных действий отдельных стран по максимизации своей собственной выгоды в энергетическом секторе. Сотрудничество стран может (или не может) реализоваться в зависимости от межгосударственных взаимодействий и их выгоды.

Вопрос в том, как происходит это сотрудничество. Институционалистская теория международного сотрудничества в рамках мировой политики считает, что эгоистичные и рациональные индивиды могут создавать сотрудничество в анархических международных отношениях при условии решения проблем высоких информационных издержек и асимметрии информации. С экономической точки зрения можно понять, что если переговорные издержки по распределению ресурсов между экономическими агентами сводятся к нулю, то неэффективность, вызванная внешним эффектом, может быть решена самим экономическим субъектом. Исходя из этого мы в общих чертах определим энергетическое сотрудничество между странами как «одно из последствий эгоистичного поведения отдельных стран, направленного на максимизацию их собственных интересов в энергетическом секторе».

Энергетическое сотрудничество является одним из балансовых пунктов, который может возникать в процессе повторяющихся взаимодействий между странами, имеющими общие выгоды и взаимосвязанность выгоды в энергетическом секторе, общее действие, на которое влияет степень взаимосвязанности выгоды, уровень взаимопонимания о структуре выгоды и стратегии.

В этом определении субъектами энергетического сотрудничества являются страны (правительства), которые определяются как рациональный homo-economicus, эгоистично действующий с целью максимизации своих выгодой в энергетическом секторе. В нашем исследовании предполагается, что страны, являющиеся субъектами кооперации, обладают следующими характеристиками как рациональный homo-economicus [89]:

1) четкое знание проблемы выбора: бизнесмены осознают проблему выбора, с которой они сталкиваются;

2) явное предпочтение системы: рациональные бизнесмены среди альтернативных вариантов отдают полное предпочтение системе;

3) бесконечные способности для выполнения оптимизации: каким бы сложным ни был процесс оптимизации и расчета наиболее желательной альтернативы из всех имеющихся, рациональный деловой человек делает это отлично;

4) недопущение дискриминации в логически эквивалентные варианты: подмена альтернативы другой логически эквивалентной альтернативой не влияет на рациональный экономический выбор.

Далее предположим, что нет центральной силы, формирующей сотрудничество между четырьмя странами: РК, Россией, Китаем и Японией – и будем считать, что известны определения и функции выгоды в энергетическом секторе каждой страны.

1.3 Методология экономической модели сотрудничества

В исследованиях, посвященных энергетическому сотрудничеству и связанным с ним вопросам, используются различные количественные и математические методы анализа. В данном исследовании коинтеграционный анализ данных временных рядов используется в качестве метода количественного анализа для оценки коэффициентов

субкомпонентов, составляющих индекс энергетической устойчивости. Методология линейного метода наименьших квадратов, VAR, VECM с использованием панельных данных в основном используется для анализа и оценки детерминант энергетического сотрудничества и связанных с ним параметров, таких как потребление энергии, оценка выбросов CO₂ и энергоэффективность. Но здесь мы должны учесть различия между анализом по странам, использующим панельные данные, и анализом по отдельным странам, использующим данные временных рядов.

Преимущество панельного анализа данных заключается в повышении точности оценки за счет увеличения числа достоверных наблюдений. Однако панельный анализ в основном касается общих экономических явлений, поэтому даже если страна включена в панельный анализ, то это не означает, что результат анализа может быть применен к стране как таковой. Другими словами, анализ с использованием панельных данных уместен для оценки общих детерминант и коэффициентов объективной переменной, но он показывает только обобщенную связь между независимой и зависимой переменными. Ввиду этого в нашем исследовании мы используем DOLS (динамический метод наименьших квадратов, или Dynamic OLS) – широко используемый метод оценки временных рядов, где в качестве основного инструмента для вычисления коэффициентов используется коинтеграция.

Анализ, основанный на эмпирической модели, представляет собой процесс построения модели в соответствии с теоретическим фоном, оценки параметра с использованием фактических данных и расчета прогнозируемого значения будущего на основе этого параметра. Следовательно, прежде чем строить соответствующую модель, необходимо проанализировать характер данных.

Анализ экономических временных рядов был основан на предположении, что данные временных рядов в модели являются стационарными. Однако в последнее время принято считать, что многие экономические переменные лучше моделируются с помощью нестационарных данных временных рядов, имеющих единичный корень, чем с помощью стационарных данных временных рядов.

Прежде всего, чтобы понять концепцию единичного корня, построим модель AR (1), которая представляет собой простую форму авторегрессионной модели, где единый временной ряд $\{y_t\}$ сформировался следующим образом:

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-1}]$$

Здесь $\{\varepsilon_t\}$, используемый в качестве ошибки, считается белым шумом, который не имеет автокорреляции и имеет среднее значение 0 и дисперсию, равную σ^2 независимо от времени. Модель, представленная приведенной выше формулой, может быть выражена следующим образом с помощью оператора лага (Lag Operator) 'L'.

$$1 - (\alpha L)y_t = \varepsilon_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-2}]$$

Следующую формулу, заданную множественными уравнениями оператора лага, часто называют характеристическим уравнением.

$$1 - \alpha z = 0 \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-3}]$$

В частности, при $\alpha = 1$ корень характеристического уравнения имеет единичное значение $z = 1$. По этой причине про случай $\alpha = 1$ в модели AR (1) в [форм. 1-2-1] говорится: «временной ряд $\{y_t\}$ имеет единичный корень». Как уже хорошо известно, временной ряд $\{y_t\}$ становится обратимым, если $|\alpha| < 1$ в модели AR (1), заданной [форм. 1-2-1], а текущие и прошлые значения ошибки $\{\varepsilon_t\}$ можно выразить следующим образом: MA (∞).

$$y_t = \varepsilon_t + \alpha \varepsilon_{t-1} + \alpha^2 \varepsilon_{t-2} + \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-4}]$$

Таким образом, автоковариантная функция становится следующей, и временной ряд $\{y_t\}$ оказывается стационарным временным рядом:

$$\gamma(k) = E y_t y_{t-k} = \frac{\alpha^{|k|}}{1-\alpha^2} \sigma^2 \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-5}]$$

Результаты для моделей AR (1), перечисленных в [форм. 1-2-4] и [форм. 1-2-5], справедливы только при условии $|\alpha| < 1$, как описано выше. Если $\alpha = 1$ и существует единичный корень, то бесконечная сумма, заданная [форм. 1-2-4], не определяется содержательно и не удовлетворяется в [форм. 1-2-5]. Существование единичного корня в отдельном временном ряду очень важно как экономически, так и статистически. Во-первых, путь стационарного временного ряда показывает, что он движется вокруг среднего значения, не сильно отклоняясь от средней линии. Это означает, что стационарный временной ряд имеет среднюю тенденцию к реверсии, чтобы оставаться в среднем значении. С другой стороны, путь временного ряда с единичными корнями обычно отклоняется от среднего и движется нерегулярно, так что среднее значение ни в

каком смысле не представляет нормального уровня. По этой причине он также известен как единичный временной ряд, «временной ряд выполняет случайное блуждание».

Второй вывод заключается в том, что существует, по-видимому, некоторый тренд, который мягко движется во временном пути единичного корневого временного ряда. При анализе временных рядов обычно это относится к детерминированному тренду, такому как линейный временной тренд. В данном случае тренд обычно относится к компонентам временного ряда, имеющим мягкое и плавное движение в течение длительного периода времени. Конечно, тренд единичного корневого временного ряда непредсказуем, поэтому он носит стохастический характер. По этой причине, когда речь идет о единичном корневом временном ряду, часто говорят: «временной ряд имеет стохастический тренд». Кроме того, временные ряды с единичными корнями имеют принципиально иные характеристики в ответ на шок по сравнению со стационарными временными рядами. Например, если единичный шок задан при $t = 0$ в $\{\varepsilon_t\}$ в случае $\{y_t\}$ временного ряда AR (1), то последующая реакция z_t будет задана как $1, \alpha, \alpha^2, \dots$ за время $t = 0, 1, 2, \dots$. Здесь, когда $|\alpha| < 1$, $\{y_t\}$ становится стационарным временным рядом, реакции становятся геометрически малыми и в конечном итоге исчезают. В отличие от этого, в случае $\alpha = 1$, у временных рядов с единичными корнями, эффект шока сохраняется постоянно. Другими словами, в модели со стационарным временным рядом эффект внешнего шока всегда носит временный характер, тогда как в модели временных рядов с единичными корнями он постоянен. Конечно, эффект шока является временным и со временем исчезает, это означает, что временной ряд возвращается к среднему значению. Однако реакция на шок постоянна, а это значит, что движение временного ряда может оставаться навсегда.

По отношению к выражению временных рядов с единичными корнями оно выражается $\{y_t\}-I(k)$, когда временной ряд $\{y_t\}$ должен быть интегрирован k раз, чтобы быть стационарным временным рядом, и обычно называется «временной ряд $\{y_t\}$ интегрирован порядка k », поэтому стационарный временной ряд $\{y_t\}$ записывается как $\{y_t\}-I(k)$.

Считается, что экономический временной ряд, который мы широко используем в эмпирическом анализе, включает в себя не только стохастические тенденции, но и определенные тенденции, которые увеличиваются или уменьшаются. Например,

поскольку такие временные ряды, как номинальный ВВП, почти наверняка будут увеличиваться вместе с инфляцией и ростом населения, можно заметить, что в этом макровременном ряду существует тенденция к увеличению времени, и смоделировать ее. Давайте определим $|y_t|$ как наблюдаемый временной ряд, включающий и стохастические, и детерминированные тенденции, такие как номинальный ВВП, рассмотренный выше. Затем этот временной ряд генерируется как сумма определенного тренда $|y_t|$ и стохастического тренда y_t^0 следующим образом:

$$y_t = \pi' \tau_t + y_t^0 \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-6}]$$

В частности, в случае определенного тренда y_t , задаваемого как линейный временной тренд, [форм. 1-2-6] может быть преобразована следующим образом: $u_t = \Delta y_t + u_t^0$.

$$y_t = \pi + y_{t-1} + u_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-7}]$$

В этом случае единичный корень включается в постоянный член. Сгенерированный $|y_t|$, как указано выше, иногда называют «единичным корнем с дрейфом, включающим свободный член». Эти типы временных рядов с единичным корнем имеют тенденцию неуклонно увеличиваться (или уменьшаться) по линейному временному тренду, а также двигаться очень нерегулярно. При регрессионном анализе с использованием данных временных рядов оценка и верификация на основе существующей теории регрессионного анализа могут иметь ошибку в том случае, когда данные временных рядов нестационарны. Несмотря на то, что корреляция между переменными отсутствует, регрессионный анализ нестационарных переменных приводит к ложному регрессионному явлению, в котором значение р-статистики или t-статистики является высоким. В связи с этим тест на нестационарность данных временных рядов должен предшествовать регрессионному анализу с использованием данных временных рядов. Как правило, автокорреляционная функция данных временных рядов с единичными корнями медленно уменьшается, и для того чтобы проверить, существует ли стохастический тренд данного временного ряда, т. е. существует ли единичный корень, необходимо правильно установить детерминированный тренд.

Однако проверить существование детерминированного тренда непросто, поскольку для этого необходимо знать существование единичного корня

стохастической составляющей. Для примера мы рассмотрим простую форму модели, которая не включает детерминированные тенденции, а затем исследуем стохастические тенденции, которые включают детерминированные тенденции. На вопрос о том, является ли временной ряд $\{y_t\}$ без детерминированных тенденций интегрированным временным рядом первого порядка или нет, можно ответить следующей формулой регрессии:

$$y_t = \alpha y_{t-1} + u_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-8}]$$

В этом случае u_t – это стационарный временной ряд. При нулевой гипотезе, что временной ряд $\{y_t\}$ является $I(1)$, получается $\alpha = 1$, т. е. характеристическое уравнение $AR(1)$ имеет корень с единичным значением. Тест единичного корня используется для проверки того, какой временной ряд был впервые интегрирован.

Тест ADF (Augmented Dickey-Fuller) используется в нашем исследовании в качестве специфической методологии для тестирования единичных корней. Тест единичного корня ADF – это метод проверки существования единичного корня в присутствии автокорреляции в терминах ошибок. Другими словами, метод теста ADF использует запаздывающие разности, а именно $\{\Delta y_{t-1}, \Delta y_{t-2}, \dots, \Delta y_{t-p}\}$ включены в объясняющую переменную для удаления корреляции рядов члена ошибки. Тест ADF заключается в проверке $\alpha = 0$ для данного временного ряда $\{y_t\}$ с использованием следующего уравнения регрессии:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + \gamma_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \gamma_p \Delta y_p + \varepsilon_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-9}]$$

Оценка отдельных моделей методом наименьших квадратов для временных рядов с единичными корнями имеет некоторое препятствие. Распределение оцененных коэффициентов регрессии является нестандартным. Нестандартное распределение означает, что даже если размер выборки увеличивается, он не приближается к нормальному распределению, а это значит, что T-распределение, F-распределение и X^2 -распределение, полученное из нормального распределения, не могут быть использованы. Кроме того, оцененные коэффициенты регрессии не обладают характеристиками непредвзятой оценки, и смещение является более сильным в небольшой выборке. Из этого следует, что очень важно проверить нестационарность данных в регрессионном анализе с использованием данных временных рядов. Регрессионный анализ, игнорирующий их, вызывает различные серьезные проблемы,

упомянутые выше. Корейские, китайские, японские и российские данные, используемые в настоящем исследовании, в основном имеют нестационарный временной ряд. Список конкретных переменных и результаты теста ADF приведены в Главе 3. Для того чтобы провести регрессионный анализ с использованием нестационарных временных рядов, необходимо логарифмировать переменные или изменить нестационарный временной ряд на стационарный через разность временных рядов. Однако проблема заключается в том, что при задании логарифма нестационарная задача во многих случаях не решается. В случае оценивающего уравнения регрессии, основанного на разнице, долгосрочная информация переменной теряется.

Модель коинтеграции позволяет решить задачу, которая может быть поставлена при оценке уравнения регрессии с использованием данных нестационарных временных рядов. Преимущества модели коинтеграции, изучение которой начали Энгл и Грейнджер [55], Йохансен и Юзелиус [81], заключаются в том, что она непосредственно охватывает проблему ложной регрессии, возникающую, когда данные временных рядов нестационарны. Преимущество состоит в том, что преодолевается потеря долгосрочной информации в оценке, основанной на существующем дифференциальном уравнении. В общем случае линейная комбинация единичных корневых временных рядов также является единичным корневым временным рядом, но бывает, что определенная линейная комбинация временных рядов в частном случае становится стационарным временным рядом, например $\{y_t\}$ в следующей формуле:

$$y_t - x_t = u_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-10}]$$

В этом случае каждый из $\{y_t\}$ и $\{x_t\}$ является единичным временным рядом, и его временные пути имеют стохастический тренд, но вероятностные тренды двух временных рядов становятся одинаковыми, потому что разница между двумя временными рядами оказывается стационарным временным рядом. Другими словами, два единичных корневых временных ряда $\{y_t\}$ и $\{x_t\}$ имеют общий стохастический тренд. В этом случае « $\{y_t\}$ и $\{x_t\}$ коинтегрированы друг с другом». Если $\{y_t\}$ и $\{x_t\}$ коинтегрированы друг с другом, как в приведенном выше уравнении, их разность $\{u_t\}$ становится стационарным временным рядом, а их среднее значение стремится к нулю. Средний регрессионный признак остаточного члена $\{u_t\}$ сохраняет $\{y_t\}$ и $\{x_t\}$

равными друг другу и связывает их так, что они не могут быть отделены друг от друга. С точки зрения экономики это коинтеграционное отношение между $\{y_t\}$ и $\{x_t\}$ понимается как долгосрочное равновесное отношение между ними, и существует равновесная сила внутри экономической системы, которая поддерживает их в равновесии.

Оценщик OLS для модели коинтеграционной регрессии сходится к предельному распределению быстрее, чем оценщик OLS в уравнении регрессии со стабильным временным рядом. То есть в обычном уравнении регрессии оценщик наименьших квадратов сходится к истинному значению коэффициента со скоростью \sqrt{n} , тогда как скорость сходимости задается как n в уравнении коинтеграционной регрессии. Такая особенность этой оценки наименьших квадратов называется суперсогласованностью⁴. Модели, которые рассматривали эту проблему коинтеграционного анализа, были разработаны несколькими исследователями. В настоящее время используются различные модели, такие как авторегрессионная распределенная лаговая модель (ADL), Engle-Granger OLS, Johansen-Juselius (полное информационное максимальное правдоподобие), DOLS (динамическая OLS), CCR (каноническая коинтеграционная регрессия) и FM-OLS. В этом исследовании используется Stock-Watson динамический OLS – наиболее распространенный метод оценки коинтеграции. Даже при условии, что имеется отношение коинтеграции, существует корреляция между объясняющей переменной и термином ошибки, может возникнуть эндогенная проблема. Оценка OLS, как известно, имеет согласованность, даже если существует корреляция между объясняющими переменными и термином ошибки в модели коинтеграционной регрессии. Однако эндогенная проблема вызывает смещение, и когда член ошибки имеет корреляцию временного ряда, он не следует условному нормальному распределению [149]. В качестве альтернативы, включив лаги и прямые дифференциальные переменные в долгосрочное равновесное отношение, DOLS смягчает проблему эндогенности между объясняющими переменными и членами ошибки и проблему корреляции временных рядов членов ошибки. Кроме того, DOLS имеет преимущество в том, что он может искать долгосрочное равновесие даже тогда,

⁴ Подробнее см.: Hendry David . *Econometric Modelling with Cointegrated Variables: An Overview* // Engle R. F. and Granger C. W. J. (eds.). *Long-Run Economic Relationships: Readings in Cointegration*, New York: Oxford Press, 1991. P. 267-276. [67]

когда это не однородная разностная функция. Он также имеет преимущество в решении проблемы одновременности и смещения из-за малой выборки через прошлые и будущие значения дифференцированных переменных. Кроме того, DOLS дает более практичный анализ с использованием метода наименьших квадратов. Более того, он имеет практические преимущества в простоте и удобстве использования. Например, уравнение регрессии DOLS, используемое для оценки энергопотребления Кореи, Китая, Японии и России, выглядит следующим образом.

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 P_t + \sum_{j=-k}^k \Theta_{1,j} \Delta X_{t-j} + \sum_{j=-k}^k \Theta_{2,j} \Delta P_{t-j} + e_t \dots\dots\dots [\text{форм. 1-2-11}],$$

где Q_t – (log) потребление энергии на душу населения, X_t – (log) ВВП на душу населения, P_t – (log) международная цена на нефть, Δ – разностный оператор, ΔX_{t-j} и ΔP_{t-j} – лаги и предшествующие разностные переменные объясняющих переменных.

В нашем исследовании $k = -2, -1, 0, 1, 2$, или $k = -1, 0, 1$ используются в качестве критерия SIC.

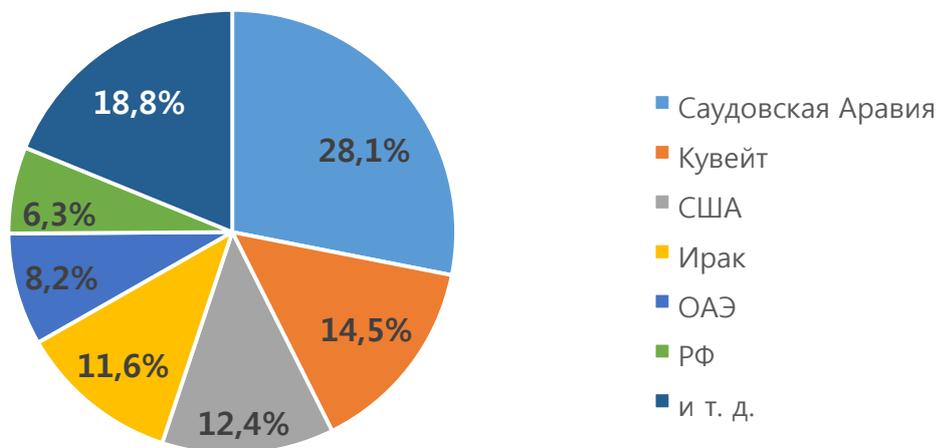
Лаги и предшествующая дифференциальная переменная включены для смягчения проблемы эндогенной и последовательной корреляции термина ошибки, а оцененный коэффициент не имеет особого значения, поэтому целью анализа является β_1 (доходная эластичность энергопотребления), β_2 (ценовая эластичность энергопотребления). В данном исследовании оценка DOLS используется в качестве основного метода оценки. Конкретные аналитические процедуры и результаты, а также оценки по DOLS описаны в Главе 3.

Глава 2. Анализ энергетического сектора Республики Корея, Японии, Китая и России, их стратегий и мотиваций в энергетическом сотрудничестве

При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором лично, в которых согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: 1) Ён Юнг Мин, «Оценка стабильности энергоснабжения Республики Корея»// Региональная Экономика: Теория и Практика. 2019. № 17(12), с. 2387–2398 (Импакт-фактор 0,859; общий объем 0,75 п.д., в т. ч. с авторским вкладом 0,75 п.л.); 2) Yoon, Youngmin, «ENERGY IMPORT DIVERSITY OF ENERGY IMPORTING COUNTRIES: FOCUS ON KOREA AND JAPAN»// Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 8, с. 33–43 (Импакт-фактор 0,342; общий объем 0,7 п.л., в т.ч. с авторским вкладом 0,7 п.л.). Общий объем 1,45 п.л., в т.ч. с авторским вкладом – 1,45 п.л.

2.1 Анализ энергетического сектора Кореи, Японии, Китая и России

[Рисунок 2-1-1] Импорт сырой нефти Кореи по происхождению, 2019, %

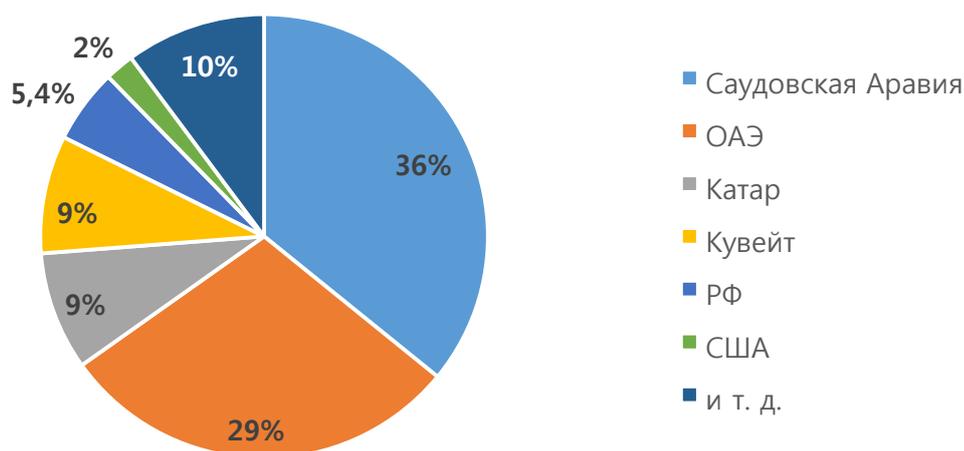


Источник: UN Comtrade

Сырая нефть, являясь не только наиболее широко используемым источником энергии, но и основным ресурсом различных отраслей промышленности, имеет огромное значение в национальной экономике. Без использования нефти и нефтепродуктов не может обойтись ни одна современная страна в мире. Как уже упоминалось, все страны СВА являются чистыми импортерами нефти, в то время как

Россия является экспортером данного ресурса. Учитывая положение стран в области поставок нефти, в случае с Кореей, Китаем и Японией мы анализируем импорт и потребление.

[Рисунок 2-1-2] Импорт сырой нефти Японии по происхождению, 2019, %

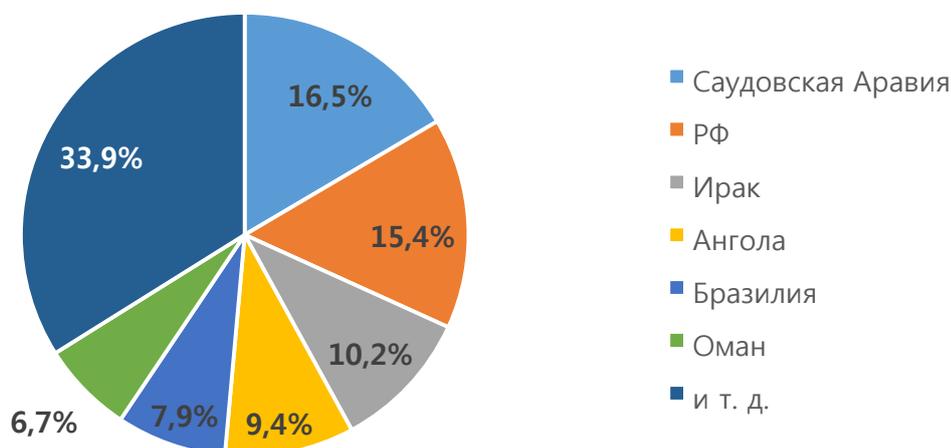


Источник: UN Comtrade

Поставки нефти в экономику Кореи полностью зависят от импорта. По данным UN Comtrade, в 2019 году Корея импортировала 143 млн тонн сырой нефти из 48 стран мира. Крупнейшим экспортером для Кореи выступает Саудовская Аравия, которая экспортирует 40,2 млн тонн нефти, что составляет 28,1% от общей доли экспорта. Топ-5 экспортеров нефти для Кореи – Саудовская Аравия, Кувейт, США, Ирак и ОАЭ, которые поставляют 74,9% от общего объема импорта нефти в Корею. Что касается России, то она занимает 6-е место, поставляя 6,3%. Как видно из списка экспортеров топ-5, Корея в импорте нефти очень сильно зависит от стран Ближнего Востока. В 2019 году доля стран Ближнего Востока в общем объеме импорта нефти составляла 70,7%, и с 2000 года она никогда не была ниже показателя в 70%. Эта высокая зависимость от ближневосточной сырой нефти и от некоторых конкретных стран рассматривалась как потенциальная угроза энергетической безопасности Кореи, и корейское правительство стремилось диверсифицировать маршруты поставок сырой нефти после двукратного нефтяного шока. Эти усилия по диверсификации были эффективными до 1999 года, однако с 2000 года, при высокой цене сырой нефти на

мировом рынке, зависимость от этих стран снова начала расти и достигла пика в 2011 году (87,1%). Это видно выше [Рисунок 2-1-1]. Данная тенденция обусловлена рядом причин: снижением экспортного потенциала стран Юго-Восточной Азии в связи с их растущими внутренними потребностями; высокой стоимостью транспортировки американской сырой нефти; увеличением доли ближневосточной сырой нефти на мировом рынке; номинальной политикой корейского правительства по диверсификации маршрутов импорта нефти [46]. В Главе 3 мы оценим степень диверсификации стран СВА по импорту нефти (для России – по экспорту) с помощью индекса диверсификации.

[Рисунок 2-1-3] Импорт сырой нефти Китая по происхождению, 2019, %



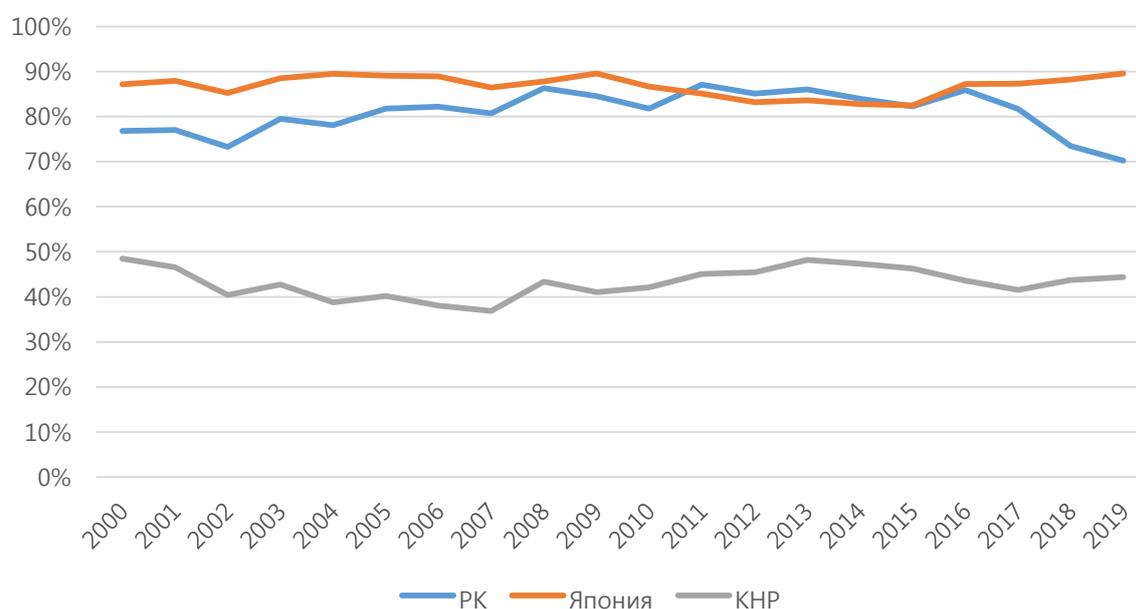
Источник: UN Comtrade

Япония в импорте нефти имеет схожую с Кореей ситуацию. Она также не располагает запасами нефти на своей территории, и большая часть ее внутренних потребностей в нефти компенсируется импортными поставками. Годовой объем импортируемой сырой нефти в Японии больше, чем в Корее. В 2019 году Япония импортировала около 146,5 млн тонн сырой нефти из 24 стран мира. Топ-5 экспортеров нефти для Японии: Саудовская Аравия, ОАЭ, Катар, Кувейт и РФ – их поставки составляют 87,7% от общего объема импорта нефти в Японию. Саудовская Аравия занимает первую позицию среди стран-экспортеров нефти в Японию: она экспортировала 52,6 млн тонн нефти в 2019 году, что составило 36% от общего объема

импорта нефти в Японию. Доля Саудовской Аравии в японском импорте нефти выросла с 23% в 2000 году до 36% в 2019 году. Россия в Японии на 5-м месте с долей 5,4%. Как показывает [Рисунок 2-1-2], Япония также имеет высокую зависимость от Ближнего Востока в импорте нефти, и эта зависимость не опускалась ниже 80% с 2000 года⁵. Доля России выросла с 0% в 2000 году до 5,4% (7,8 млн тонн) в 2019 году.

Хотя, в отличие от Кореи и Японии, Китай имеет свои собственные запасы нефти, однако доля импортной нефти выросла из-за быстро растущего спроса на внутреннем рынке. Зависимость Китая от импорта сырой нефти в долгосрочной перспективе будет определяться ростом внутренней добычи нефти; темпами роста потребления нефти, поскольку правительство стремится создать более устойчивый экономический рост; скоростью заполнения стратегических и коммерческих запасов; повышением топливной эффективности при транспортировке и любой замене такого вида топлива, как природный газ, на нефть [52].

[Рисунок 2-1-4] Зависимость Кореи, Японии и Китая от Ближнего Востока в импорте сырой нефти, %

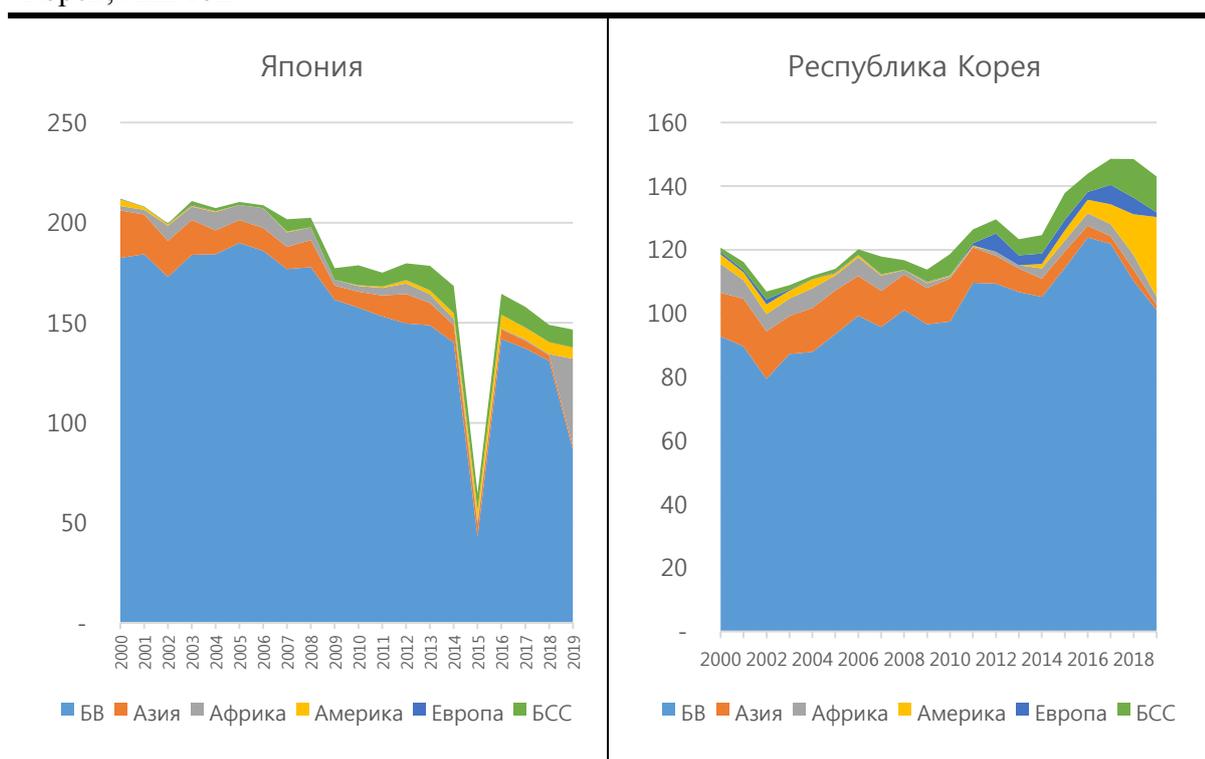


Источник: Статистическое бюро Кореи, Статистическое бюро Японии, МЭА

⁵ Данные за 2015 год вызывают недоумение. Учитывая последовательную временную тенденцию, это выглядит как статистическая ошибка.

Китай является чистым импортером нефти с 1993 года из-за его быстрой индустриализации. Одновременно с этим и добыча сырой нефти в Китае постепенно увеличивалась с 1985 года. В 2019 году Китай импортировал 505 млн тонн из 45 стран мира. Топ-5 экспортеров нефти для Китая: Саудовская Аравия (16,5%), Россия (15,4%), Ирак (10,2%), Ангола (9,4%), и Бразилия (7,9%). Как видно из топ-5 и доли входящих в него стран, Китай имеет более диверсифицированную структуру импорта нефти. Наиболее заметной особенностью Китая, по сравнению с Кореей и Японией, является доля России, которая занимает 2-е место с 15,4% в китайском импорте нефти. Объем российского экспорта в Китай увеличился с 1,4 млн тонн в 2000 году до 77,6 млн тонн в 2019 году. Более детальный анализ разнообразия стран СВА по импорту нефти представлен в Главе 3.

[Рисунок 2-1-5] Изменение объема и доли регионов в импорте сырой нефти Японии и Кореи, мин тон



Источник: ANRE, KNOC

Как мы видим, в импорте сырой нефти Кореи и Японии есть общие черты. Во-первых, обе страны полностью зависят от импорта сырой нефти; во-вторых, при импорте сырой нефти они имеют очень высокую зависимость от Ближнего Востока, и

это связано с географическим фактором, растущим спросом в азиатских развивающихся странах и доминирующей долей ближневосточной сырой нефти на мировом рынке. В то же время отмечаются различия в тенденциях импорта нефти с Ближнего Востока. Зависимость Кореи постепенно растет, а зависимость Японии находится на кривом снижении. Объяснение этих различий заключается, на наш взгляд, в тенденции роста абсолютного объема импорта сырой нефти странами и изменении доли регионов-компонентов.

Как показывает [Рисунок 2-1-5], абсолютный объем импорта нефти в Японию сокращается, при этом доля стран бывшего Советского Союза в импорте нефти в Японию с 2008 года возросла. С другой стороны, абсолютный объем импорта сырой нефти Кореи вырос по сравнению с 2000 годом, при этом Ближний Восток сохраняет свою долю в импорте. Несмотря на то, что доля стран бывшего Советского Союза также возросла в импорте нефти в Корею, этого недостаточно, чтобы компенсировать возросший объем поставок из стран Ближнего Востока.

Страны СВА демонстрируют иную тенденцию в потреблении нефти. Потребление нефти Россией и Кореей медленно растет с 2000 года, японское потребление сокращается с середины 1990-х годов. Между тем китайское потребление нефти растет с 1960-х годов, и скорость роста увеличивается по мере быстрого экономического развития страны. Китай занимает 2-е место в мире по потреблению нефти, Япония и Россия следуют за ним и занимают 3-е и 5-е места соответственно. Корея занимает 9-е место. В Корее и Японии большая часть объема импортируемой сырой нефти превращается в нефтепродукты, затем они потребляются внутренним рынком и экспортируются. Долгосрочный прогноз потребления нефти этими двумя странами отражает текущую тенденцию. Корейское потребление, как ожидается, составит в среднем -0,11% годового темпа роста к 2035 году в конечном потреблении энергии [112]. Корейское правительство выяснило, что снижение темпов роста потребления нефти в основном обусловлено ожидаемым замедлением экономического роста и роста населения.

Ожидается также, что к 2040 году потребление нефти Японией составит в среднем -0,6% годового прироста конечного энергопотребления [51] по тем же

причинам, что и в Корее, а также благодаря развитию технологий энергосбережения [23].

Китайское потребление, по оценкам, будет расти на 2,6% ежегодно до 2040 года, что более чем в 2 раза выше среднемирового уровня. За исключением использования в первичном секторе, главным образом для переходного периода, в конечном потреблении энергии Корея, Япония и Китай демонстрируют совершенно иную картину. В случае с Кореей химический/нефтехимический сектор лидирует по потреблению нефти. Его доля в общем объеме конечного потребления выросла за последние 30 лет. В 1990 году доля химического/нефтехимического сектора составляла всего 14%, а транспортный сектор имел самую большую долю – 33%. После этого следовал промышленный сектор с долей в 25%. Доля химического/нефтехимического сектора увеличилась к середине 2006 года на 30% и в 2016 году достигла 50%. Этот рост связан с ростом нефтехимической промышленности. В период с 1990 по 2016 год объем производства нефтехимической промышленности вырос с 3 966 тыс. тонн до 21 978 тыс. тонн. Внутренний спрос на нефтехимическую продукцию и экспорт за тот же период вырос с 4 475 тыс. тонн до 11 629 тыс. тонн и с 540 тыс. тонн до 11 391 тыс. тонны⁶ соответственно. Транспортный сектор в течение десятилетия сохранял свою долю на уровне 35%, в то время как промышленное использование и использование коммерческих/государственных услуг демонстрировали постепенную тенденцию к снижению.

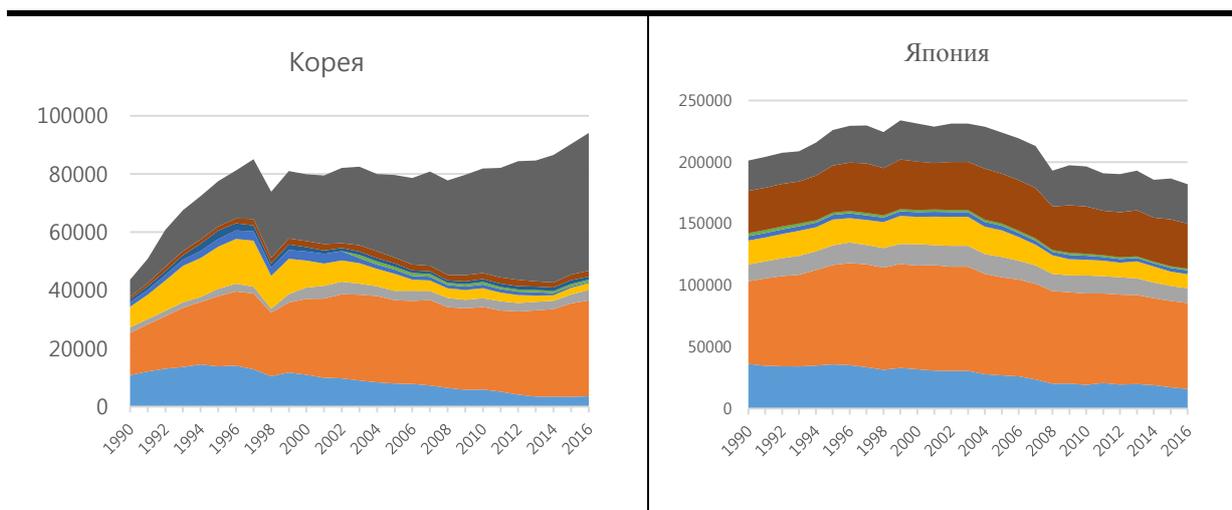
В отличие от Южной Кореи, самым крупным сектором потребления нефти в Японии является транспорт. На его долю приходилось 38% от общего конечного потребления нефти в 2016 году, и эта доля в 2 раза больше химического/нефтехимического сектора, второго по величине, составляющего около 18%. Однако абсолютный объем потребления нефти снизился за десятилетие. Различия между двумя странами в конечном потреблении нефти проистекают из их промышленной структуры. Как уже упоминалось, нефтехимическая промышленность быстро росла в течение последних 30 лет в Корее, и это одна из основных промышленных отраслей страны. Количество автомобилей в стране напрямую влияет

⁶ Источник: www.index.go.kr

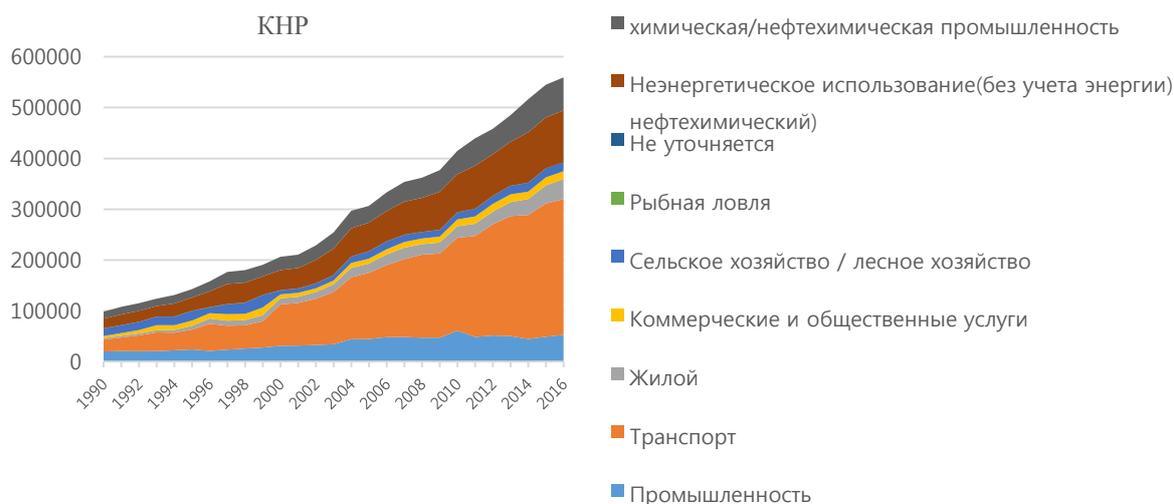
на особенности потребления нефтепродуктов. Зарегистрированных автомобилей в Японии в 2013 году было 60 035 тыс., а в Корее – 15 078 тыс.

В китайском потреблении нефти самым крупным является транспортный сектор. С 1990 года он лидирует по скорости росту потребления нефти в Китае. В 1990 году потребление нефти для транспортных перевозок составляло 23095 тыс. тонн, а в 2016 году оно выросло на 267087 тыс. тонн, что почти на 300% превышает темпы роста общего конечного потребления за тот же период. Это связано с быстрой автомобилизацией и урбанизацией в Китае. Так, городское население страны составляло 36,2% от общего числа жителей в 2000 году, а в 2012⁷ году оно выросло до 52,57% от общего числа жителей. Увеличивается и количество транспортных средств: если в 2003 году на 1000 человек их количество составляло 18,7, то в 2013 году – 88,6 [141].

[Рисунок 2-1-6] Изменение конечного потребления нефти по секторам S. Korea, Japan и China, к.тон.



⁷ Статистическое бюро Китая: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/nds/2014/zk/html/Z0206C.htm>

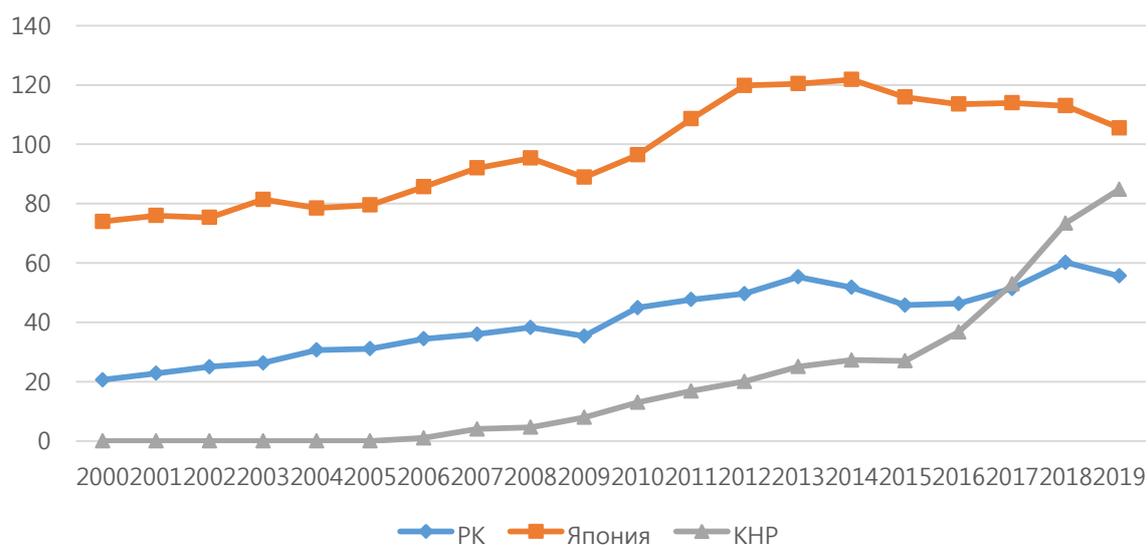


Источник: МЭА

Природный газ является одним из основных энергетических ресурсов в мире, в том числе и в США. Это второй по величине первичный источник энергии России, Кореи и Японии в ОППЭ, а Китай стремится увеличить потребление природного газа для решения социально-экологических проблем, включая проблемы выбросов CO₂.

Корея, Япония и Китай являются тремя основными импортерами природного газа на мировом рынке. По данным UN Comtrade, в 2015 году Япония импортировала 93,4 млн тонн природного газа, Китай – 93,4 млн тонн, а Корея – 39 млн тонн. Сравнивая размеры экономик и общее потребление энергии, мы можем сделать вывод, что Китай импортирует меньше природного газа, чем Корея и Япония. Это связано с низким уровнем газификации Китая. В общем объеме потребления первичной энергии в Китае природный газ занимает 5,3%, в то время как в Корее и Японии его доля достигает 15,1% и 22,2% соответственно. Однако с 2009 года Китай демонстрирует значительно более высокие темпы роста импорта газа, чем Корея и Япония, как это показано на [Рисунке 2-1-7].

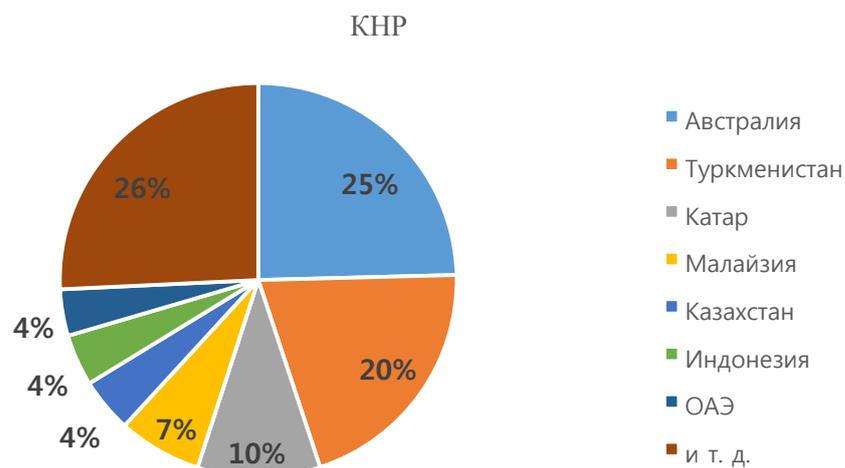
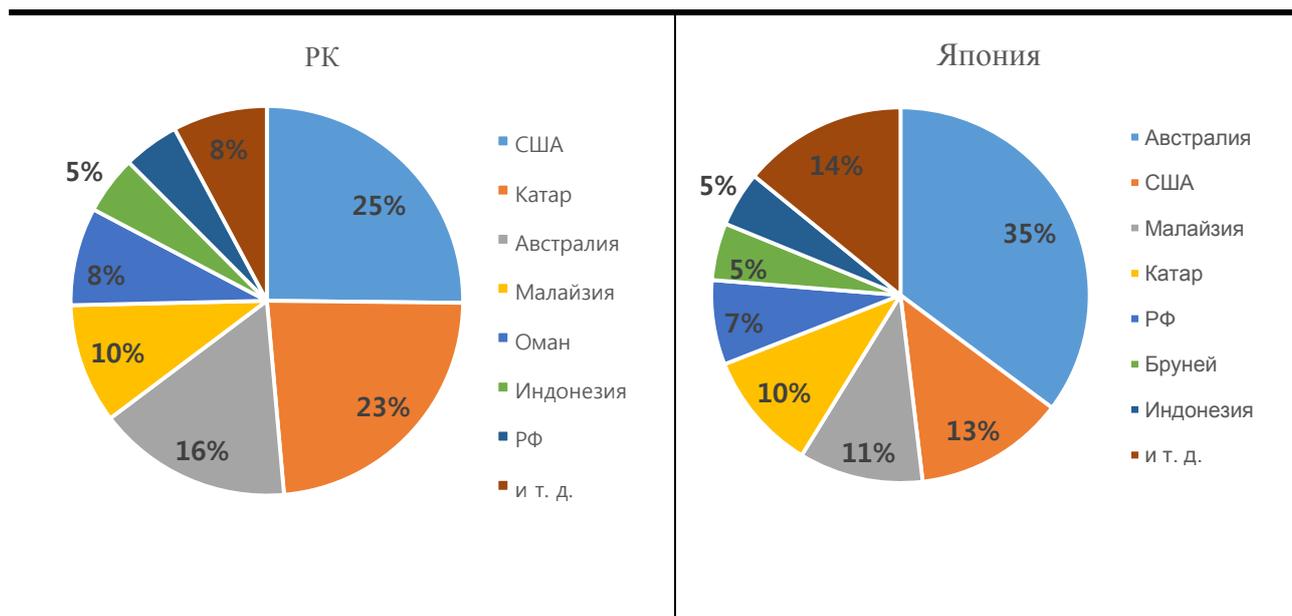
[Рисунок 2-1-7] Импорт природного газа из Южной Кореи, Японии и Китая с 2000 года, млн тонн



Источник: ВР[35]

С точки зрения импорта природного газа Корея, Япония и Китай имеют более диверсифицированные маршруты, нежели при импорте сырой нефти. В 2019 году Корея импортировала около 16 млн тонн сжиженного природного газа (СПГ) с Ближнего Востока, что составляет 32% от общего объема импорта газа. Основными источниками импорта газа для этой страны являются США, Катар, Австралия, Малайзия и Оман. Южная Корея закупила 12,2 млн тонн у США, 11,3 млн тонн у Катара, 7,8 млн тонн у Австралии, 4,8 млн тонн у Малайзии и 3,9 млн тонн у Омана. Корея начала импортировать российский газ с 2009 года в размере 1,01 млн тонн, что составляет 3% от общего объема, и до сих пор этот объем не превышает 5-7%.

[Рисунок 2-1-8] Импорт природного газа из Кореи, Японии и Китая, по странам, 2019, %



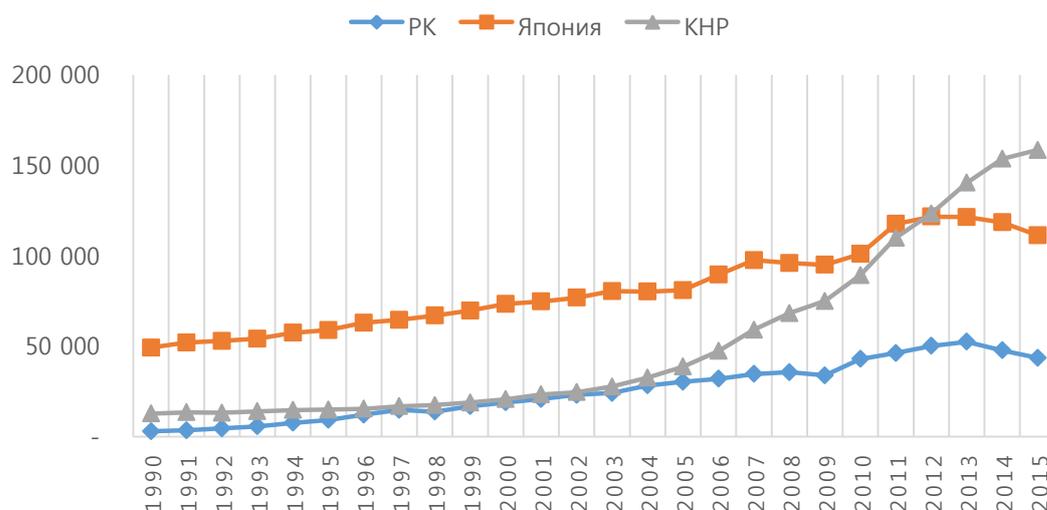
Источник: UN Comtrade

Страны Азиатско-Тихоокеанского региона являются главными импортерами природного газа в Японию, что разительно отличает ее от Кореи. Австралия экспортировала 30 млн тонн (35% от общего объема) СПГ в Японию в 2019 году и до сих пор является ее крупнейшим поставщиком. На втором месте США с экспортом 11,3 млн тонн (13%) и Малайзия – 9,3 млн тонн (11%). Далее следуют Катар, поставившие 9 млн тонн (10%) и Россия с 6,3 млн тонн (7,0%). Япония также начала импортировать российский СПГ с 2009 года в общем объеме 2,7 млн тонн, а в настоящее время импортирует около 6-8 млн тонн.

С 2019 года Австралия является крупнейшим поставщиком природного газа в Китай. Он импортирует 29 млн тонн (25% от общего объема) СПГ из Австралии. Далее идут Туркменистан (24 млн тонн, 20%), Катар (11 млн тонн, 10%), Малайзия (8 млн тонн, 7%) и Казахстан (5,2 млн тонн, 4%). На региональном уровне все вышеупомянутые страны СВА имеют одинаковую степень зависимости от импорта газа, однако значительно отличаются по составу стран-импортеров. Корея зависит от Ближнего Востока (32,5%) и Азиатско-Тихоокеанского региона (33,3%), Япония импортирует преимущественно из Азиатско-Тихоокеанского региона (59%), а Китай получает 30% всего импортируемого газа из стран бывшего Советского Союза. Детальный анализ уровня диверсификации стран по импорту природного газа с индексом диверсификации будет проведен в Главе 3.

В области потребления природного газа страны СВА имеют совершенно иную ситуацию. Корея и Япония зафиксировали очень похожую, постепенно растущую кривую потребления газа. В 2015 году Япония потребила 111350 тыс. тнэ природного газа для первичного использования, а Корея – 443613 тыс. тнэ природного газа. Потребление японского газа в 1990 году составляло 49274 тыс. тнэ, а в 2015 году выросло до 111350 тыс. тнэ, что составило 3% от среднегодового темпа роста. В 1990 году Корея потребила 3023 тыс. тнэ газа и затем увеличила объем до 43613 тыс. тнэ, что составляет 12% от среднегодового темпа роста. Несмотря на стабильный рост Кореи и Японии в потреблении газа, прогноз по их будущему потреблению пессимистичен. Потребление газа в Японии, как ожидается, будет постепенно снижаться по тем же причинам, что и падение потребления нефти, а также из-за плана японского правительства по возобновлению работы своих атомных электростанций, которые были полностью деактивированы после кризиса на Фукусиме в 2011 году. Согласно «11-му долгосрочному плану поставок природного газа (2013–2027 гг.)» [111], потребление газа Кореей должно снизиться в среднем на 0,1% к 2027 году по сравнению с 2012 годом.

[Рисунок 2-1-9] потребление первичного газа странами СВА с 1990 г., тыс. тнэ



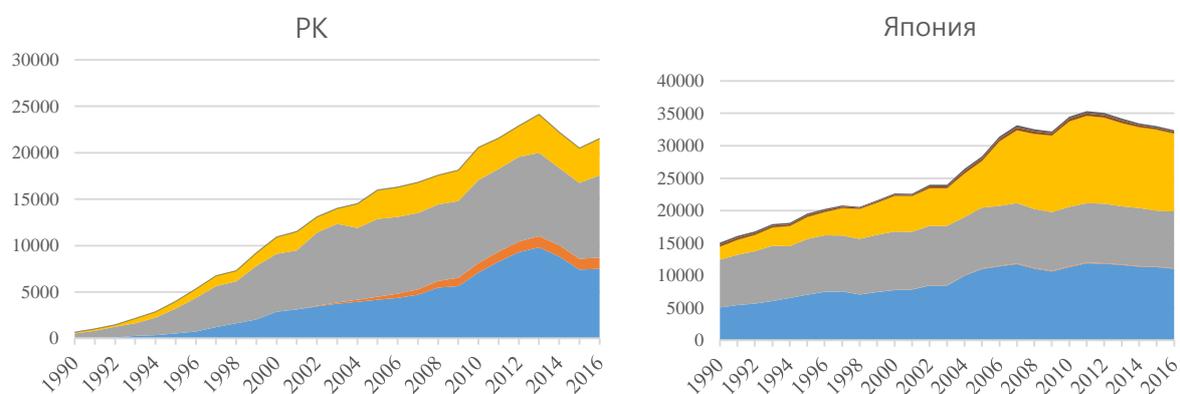
Источник: Статистическое бюро Кореи, Статистическое бюро Японии, МЭА

Китайское потребление газа стремительно растет с 2000 года, когда темпы роста составили 14%. В 2015 году Китай потребил газа в 10 раз больше относительно уровня 1995 года, и его объем потребления газа сравнялся с уровнем Японии в 2012 году. Общий объем потребления газа в Китае будет расти в долгосрочной перспективе в связи с тем, что китайское правительство ожидает увеличения доли природного газа в общем потреблении энергии как минимум до 10% к 2020 году, чтобы смягчить высокий уровень загрязнения, вызванный интенсивным использованием угля в стране [53]. Китайская национальная нефтяная корпорация опубликовала более пессимистичные данные, которые прогнозируют 300 млрд куб. м (27 3717 тыс. тнэ) в 2020 году [71]. Это связано с замедлением экономического роста, относительно более высокой ценой на газ и растущим спросом на неисчерпаемые энергоресурсы на китайском рынке.

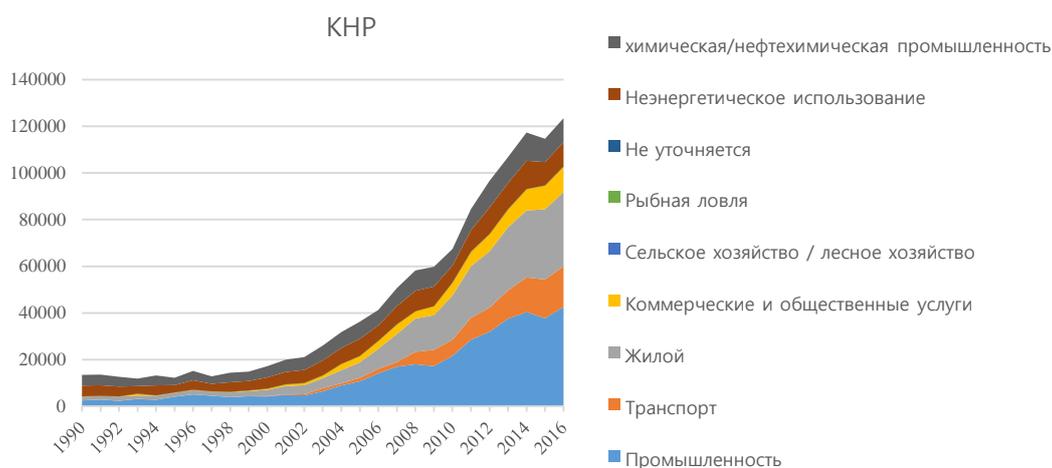
Корея, Япония и Китай демонстрируют совершенно иную картину конечного потребления газа по отраслям, отличную от потребления нефти. В Корее основное потребление газа приходится на жилой сектор, который составляет 41% от общего объема. Жилищное потребление является самым большим за все время, даже несмотря на то, что его доля сократилась. Это связано с тем, что Корея имеет довольно высокий уровень газификации: в 2019 году он составил 85,1%. Второй по величине сектор – это промышленность, на долю которой пришлось 35% от общего объема потребления в 2016 году (доля увеличилась с 11% в 1990 году до 35% в 2016 году). Более того, с 2012

по 2014 год потребление в промышленности было выше, чем в жилищном секторе. В основном это связано с высокими ценами на нефть и нефтепродукты в этот период. Высокие цены на нефть позволяют газу и электроэнергии иметь относительную ценовую конкурентоспособность по отношению к нефти и нефтепродуктам⁸. В промышленном секторе большая часть газа потребляется обрабатывающим подсектором. В Японии самым крупным потребителем газа является сектор коммерческих/государственных услуг. В отличие от Кореи, потребление в этом секторе превосходит потребление в жилищном и промышленном секторах. Разрыв между коммерческим/государственным сектором и жилым сектором был невелик до 2005 года, но в то время как темпы роста жилищного использования были стагнирующими и оставались на уровне 9000 тыс. тнэ, коммерческое/общественное использование постепенно выросло с 2034 тыс. тнэ в 1990 году до 12030 тыс. тнэ в 2016 году. Причину столь быстрого роста сектора можно объяснить более высокими ценами на сырую нефть на мировом рынке и фукусимским кризисом.

[Рисунок 2-1-10] Изменение конечного потребления газа по секторам Кореи, Японии и Китая, тыс. тнэ



⁸ Корейский институт экономики энергетики, исследование энергопотребления 2014 года.



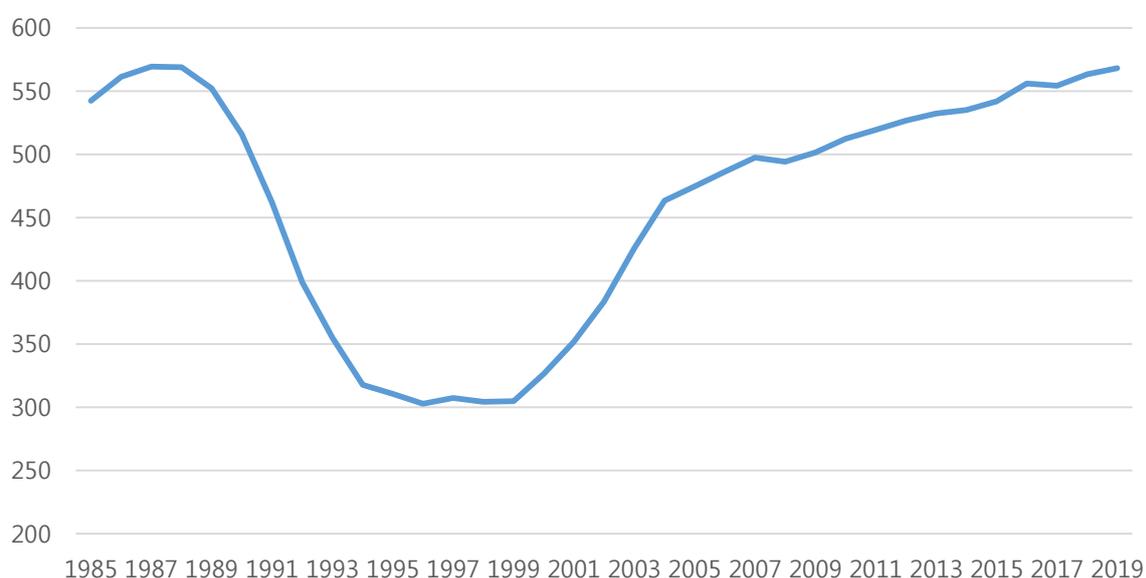
Источник: МЭА

Отличительной чертой китайского конечного потребления газа является относительно высокая доля транспортного сектора. В Корее и Японии доля транспорта в конечном потреблении газа никогда не составляла более 6% (в Японии – 0%). В Китае эта доля начала увеличиваться с 2000 года и за 16 лет выросла с 1% до 14%. Доля жилого сектора также выросла с 12% в 1990 году до 26% в 2016 году. Это означает, что за указанный период была создана инфраструктура для использования современных видов энергосервиса. Доля жилого сектора, по-видимому, продолжит расти за счет поддержки постоянной приоритетной политики диверсификации энергетики и увеличения государственных инвестиций в соответствующую инфраструктуру, в то время как промышленное использование природного газа будет сокращаться [68].

Добыча сырой нефти в России достигла пика в 1987 году и резко возросла с конца 1990-х годов. С 2000 года добыча нефти в России начинает восстанавливаться и в 2014 году составляет 534,1 млн тонн, однако все еще не достигает пика 1987 года. Перспективы российской нефтедобычи неясны. Существуют оптимистичные и пессимистичные прогнозы. Оптимистичный прогноз рассматривается в российских официальных документах, таких как «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» и «Стратегия развития геологической отрасли до 2020 года». Согласно этим документам, к 2030 году объем добычи российской нефти достигнет годового уровня в 530-534 млн тонн. Конечно, как мы видим на [рисунке 2-1-11], российская нефтедобыча быстро догоняет уровень добычи СССР последнего десятилетия, но,

согласно пессимистичным прогнозам, быстрое восстановление нефтедобычи в 2000-е годы может стать причиной будущего снижения. Суть пессимистичного прогноза можно резюмировать так: быстрое восстановление добычи российского нефтяного сектора в 2000-е годы обусловлено чрезмерной эксплуатацией экономически эффективных нефтяных месторождений в частном секторе, что привело к их быстрому истощению⁹. Кроме того, пессимистическая перспектива рассматривается в том числе и в документе российского правительства «Генеральная схема развития нефтяной отрасли до 2020 года», который предусматривает снижение добычи нефти в будущем.

[Рисунок 2-1-11] Добыча нефти в России с 1985 года, млн тонн



Источник: ВР[35]

Как видно из [Таблицы 2-1-1], в отличие от «Энергетической стратегии до 2030 года» и «Стратегии развития геологического сектора до 2020 года», «Генеральная схема» показывает снижение прогноза добычи нефти. В сценарии «Плановый», при котором нефтедобывающие компании сохраняют текущий уровень добычи, общая добыча нефти резко упадет. В сценарии «Разработан», который предполагает, что правительство проводит правильную политику и инвестиции в сектор значительно вырастут, объем производства увеличится к 2017 году и медленно сократится к 2030

⁹ Подробнее о российской нефтедобыче см.: Kononczuk Wojciech. Russia's Best Ally: The situation of the Russian oil sector and forecast its future // OSW Studies. 2012. N 39.

году. Хотя рекорд добычи после 2009 года, по-видимому, и поддерживает очень оптимистичный прогноз в «Энергетической стратегии», однако, учитывая возраст нынешних крупных нефтедобывающих месторождений в России и его снижение R/P, быстрое падение российской нефтедобычи также возможно.

[Таблица 2-1-1] Прогноз добычи российской нефти из различных источников, млн тонн

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025	2030
Факт	511	518	526	531	534	542	568*	-	-
Энергетическая стратегия 2030	-	-	-	-	-	515	527	533.5	534
Стратегия развития геологического сектора	-	-	-	-	-	490	500	-	530
Общая схема развития нефтяной промышленности (разработана)	496	505	513	522	513	553	547	450	346
Общая схема развития нефтяной промышленности (плановая)	496	484	473	462	454	445	388	301	228

Источник: Wojciech[90] / ВР[35]

* данные в 2019 году

На данный момент для плодотворного энергетического сотрудничества с США необходимо, чтобы в российской нефтедобыче не было никаких неожиданностей. Однако не стоит упускать из виду того факта, что она все же может снизиться.

[Таблица 2-1-2] Добыча нефти в России по регионам

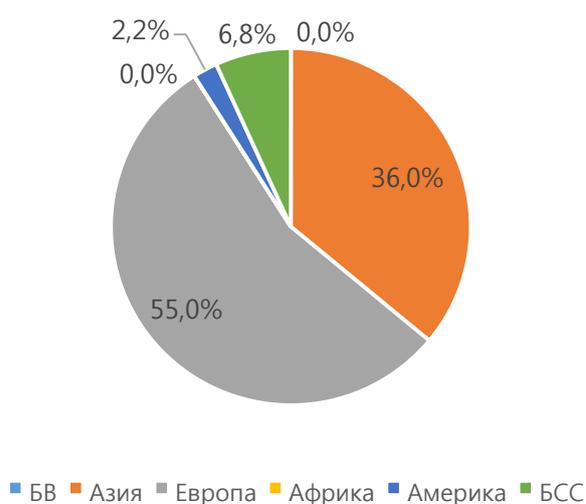
регион	2009		2010		2011		2012	
	м.тон	%	м.тон	%	м.тон	%	м.тон	%
Европейская	149.2	30.2	152.3	30.2	152.7	29.9	151.6	29.3
Урал	45.3	9.2	47.5	9.4	46.5	9.1	47.3	9.1
Волга	61.8	12.5	64.1	12.7	69.1	13.5	70.4	13.6
северный Кавказ	9.9	2	9.3	1.8	8.6	1.7	6.7	1.3
Тимано-Печорский	32.2	6.5	31.5	6.2	28.5	5.6	27.2	5.3
Западная Сибирь	322.1	65.2	318.3	63	316.3	61.8	317.2	61.2
Ханты-Мансийск	270.4	54.7	265.9	52.6	262.5	51.3	259.9	50.2
Ямало-Ненецкий	35.3	7.1	34.5	6.8	34.5	6.7	36.4	7
Томский	10.6	2.1	10.6	2.1	11.6	2.3	11.9	2.3

Новосибирск	2.1	0.4	1.3	0.3	0.85	0.2	0.6	0.1
Омск	0.8	0.2	0.8	0.2	0.4	0.1	0.4	0.1
Юг Тюменской	2.9	0.6	5.2	1	6.5	1.3	8	1.5
Восточная Сибирь	7.5	1.5	19.7	3.9	27.2	5.3	35.1	6.8
Красноярский	3.4	0.7	12.9	2.5	15.1	3	18.5	3.6
Иркутск	1.6	0.3	3.3	0.7	6.5	1.3	9.9	1.9
Саха	2.5	0.5	3.5	0.7	5.6	1.1	6.7	1.3
Дальний Восток	15.4	3.1	14.8	2.9	15.2	3	14.2	2.7
Сахалин	15.4	3.1	14.8	2.9	15.2	3	14.2	2.7
Россия, Всего	494.2	100	505.1	100	511	100	518	100

Источник: Филимонова И. В. и др[18]

С точки зрения географии большая часть российской нефтедобычи приходится на западную часть страны, включающую регионы европейской части и Западной Сибири. Европейская часть, на территории которой расположены Урало-Поволжье, Северный Кавказ и Тимано-Печорский регион, обеспечивает около 30% общей добычи. При этом ее доля в общем объеме добычи медленно, но непрерывно снижается из-за сокращения добычи на Южно-Хыльчунском нефтяном месторождении в Тимано-Печоре [18]. Добыча в Северо-Кавказском регионе также сокращается. Однако потери в этих регионах европейской части компенсируются ростом производства в Урало-Поволжье.

[Рисунок 2-1-12] Российский экспорт сырой нефти по регионам, 2019



Источник: UN Comtrade

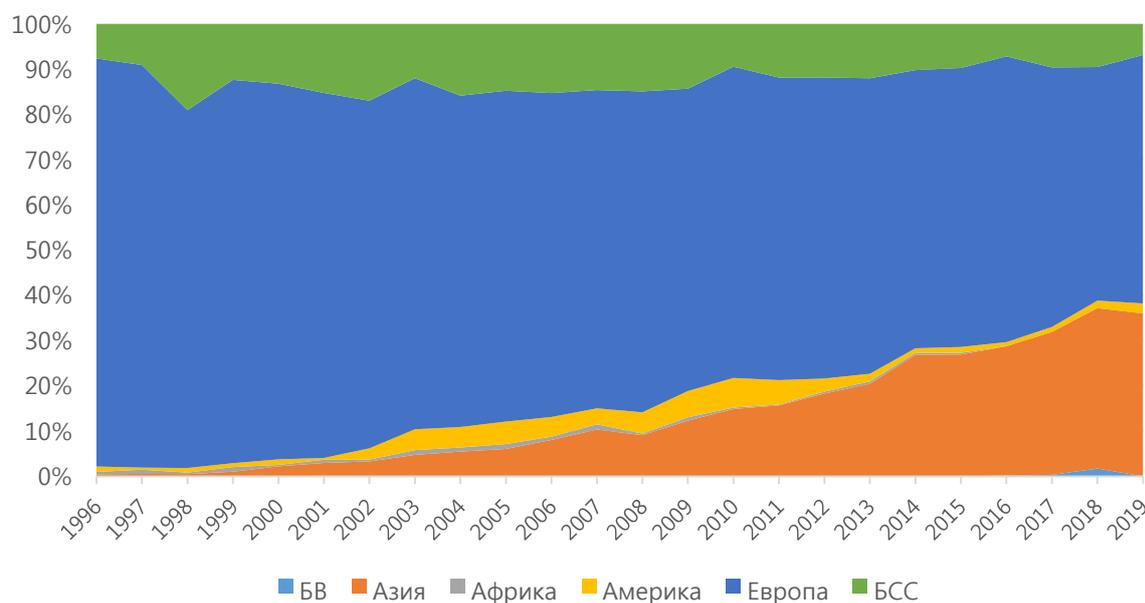
[Таблица 2-1-3] Экспорт нефти России по странам, 2019

Страна	млн тонн	%
КНР	70,6	26,2
Нидерланды	46,1	17,2
Германия	18,9	7,0
Беларусь	18,0	6,7
РК	15,3	5,7
Италия	14,6	5,4
Польша	14,0	5,2
Финляндия	9,8	3,7
Турция	8,1	3,0
Япония	6,4	2,4
и т.д.	47,0	17,5

Источник: UN Comtrade

Западная Сибирь является главной опорой российской нефтяной промышленности, поскольку с советских времен она обеспечивает более 60% добычи нефти в стране. Несмотря на непрерывную добычу с 1964 года, в этом регионе до сих пор находится около половины российских нефтяных месторождений, в том числе восемь из десяти крупнейших нефтяных месторождений России [90]. Однако доля этого региона в общем объеме добычи неуклонно снижается с 71% в 2004 году до 61,2% в 2012 году. Как видно из [Таблицы 2-1-2], регионы, расположенные в западной части страны, производят более 90% всей продукции. Восточная Сибирь и Дальний Восток все еще имеют небольшую долю в производстве, хотя объем производства в Восточной Сибири быстро растет с 2009 года. В 2010 году произвели более чем двукратный объем от добычи предыдущего года. В 2012 году добыто 35,1 млн тонн, что в 4,68 раза превышает объем добычи 2009 года и составляет 6,1% от общего объема добычи в 2012 году.

[Рисунок 2-1-13] Динамика экспорта российской нефти по направлениям, %, к 2019 году



Источник: UN Comtrade

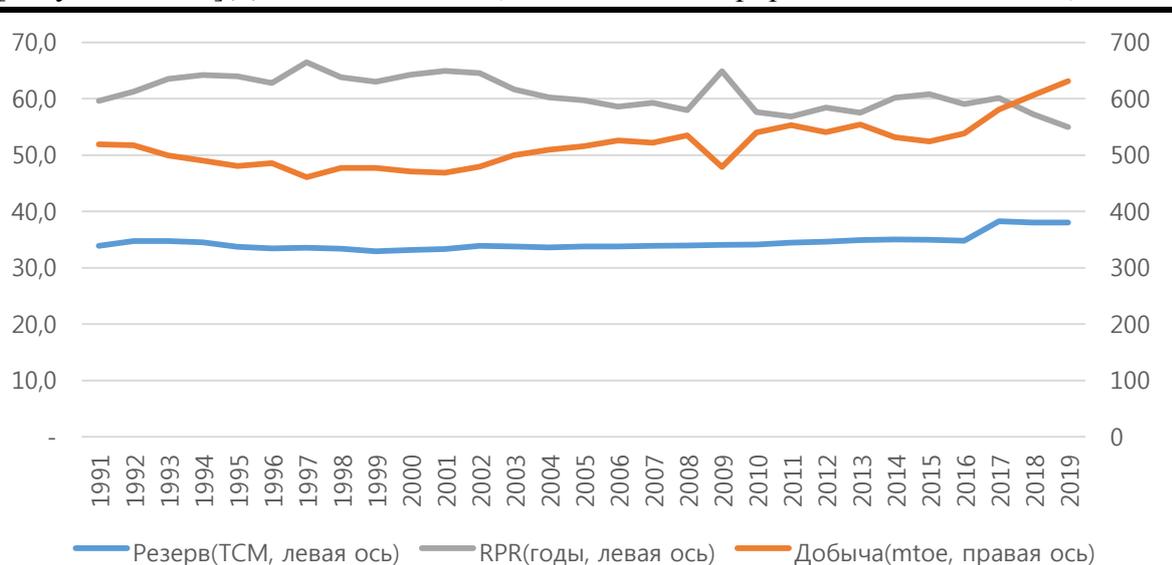
Яркой особенностью российского нефтяного экспорта является его зависимость от европейского рынка. Как видно из [Рисунка 2-1-12], Россия экспортирует в Европу более 50% своей нефтяной продукции. Основными потребителями российских нефтепродуктов на европейском рынке являются Нидерланды и Германия. В 2019 году

Россия поставила 17,2% от общего объема экспортируемой сырой нефти в Нидерланды и около 7% – в Германию. Далее следуют Беларусь, Польша, Финляндия и Турция с долей от 6% до 2% в российском экспорте нефти.

Азиатский рынок уже сейчас важен для российского экспорта нефти. Он занимает 36% всего российского экспорта нефти по направлениям, и ее доля в общем объеме неуклонно растет. Китай является крупнейшим потребителем российской нефти в Азии и в мире. В 2019 году Россия импортировала в Китай 26,2% от общего объема российского экспорта нефти. Далее следовали Корея и Япония с долей 5,7% и 2,4% соответственно.

На графике временных рядов [Рисунок 2-1-13] мы видим рост доли азиатского рынка в экспорте российской нефти по направлениям. С 2000 года доля европейского рынка постепенно снижается. С другой стороны, доля азиатского рынка в российском экспорте нефти выросла с 1,3% в 2000 году до 36% в 2019 году. Несомненно, Китай является главным потребителем в Азии. Его доля в общем объеме российского экспорта нефти составляла всего 0,95% в 2000 году, но в 2019 году эта цифра достигла 26,2% от общего объема. Доля Японии и Кореи также выросла с 0% и 0,20% в 2000 году до 2,4% и 5,7% в 2015 году.

[Рисунок 2-1-14] Доказанные запасы, добыча и RPR природного газа в России, тсм



Источник: ВР[35]

Россия является вторым производителем и крупнейшим экспортером природного газа в мире. Ее доказанные запасы оцениваются в 32,6 трлн куб. м, что является вторым в мире объемом после Ирана и составляет 17,4% от общемирового объема¹⁰. Доказанные запасы природного газа в России с 1991 года составляют около 30 трлн куб. м. По сравнению с другими крупными производителями отношение российских запасов к добыче (R/P ratio) в секторе природного газа демонстрирует довольно устойчивую тенденцию с 1991 года. За тот же период соотношение R/P США выросло с 9,5 до 13,4, соотношение R/P Ирана и Катара снизилось с 640 до 197 и с 842 до 138 соответственно. В 2019 году Россия добыла 679 млрд куб. м природного газа, что составляет 17% от общемирового объема.

[Таблица 2-1-4] Прогноз добычи природного газа в России по регионам, bcm

		2005	2008	2013-2015	2020-2022	2030
Тюмень		585	600	580-592	584-586	608-637
	Надым-Пур Газовский	582	592	531-559	462-468	317-323
	Обско- тазовская губа	-	-	0-7	20-21	67-68
	Большехетская	3	8	9-10	24-25	30-32
	Ямал	-	-	12-44	72-76	185-220
Томск		3	4	6-7	5-6	4-5
Европейский		46	46	54-91	116-119	131-137
Каспийское море		-	-	8-20	20-22	21-22
Штокман		-	-	0-23	50-51	69-71
Восточная Сибирь		4	4	9-13	26-55	45-65
Дальний Восток		3	9	34-40	65-67	85-87
Сахалин		2	7	31-36	36-37	50-51
Итого		641	664	685-745	803-837	885-940

Источник: Энергетическая стратегия России на период до 2030 года[12]

Согласно официальному российскому прогнозу добычи природного газа, общий объем добычи к 2030 году увеличится. В период с 2013 по 2015 год итоговый

¹⁰ По данным BP statistical review of world energy 2015. EIA подсчитали, что российские запасы больше, чем у Ирана.

показатель составлял от 695 до 745 млрд куб. м, а к 2030 году он достигнет максимума в 940 млрд куб. м. Этот прогноз сделан в 2008 году и кажется слишком оптимистичным, учитывая реальные рекорды с 2008 по 2014 год. В 2008 году добыча российского газа составила 607,1 млрд куб. м, что на 57 млрд куб. м меньше прогноза российского правительства. В 2013–2014 годах этот разрыв стал еще больше. С 2008 по 2012 год добыча российского газа выросла на 3 млрд куб. м, а в 2014 году добыча оказалась значительно меньше, чем в предыдущем году. Это связано со снижением внутреннего и внешнего спроса, которое усугублялось медленным восстановлением цен на внешних рынках и торможением роста внутренних цен на газ [138]. По данным Института энергетических исследований Российской академии наук, объем запасов российского газа и его структура благоприятны для увеличения будущей добычи, а также прогнозируется рост добычи максимум до 970 млрд куб. м к 2040 году. Однако это возможно только в том случае, если выход на новые горные месторождения, расположенные в регионах с суровыми условиями, компенсирует падение добычи на действующих в настоящее время месторождениях. Кроме того, последние мировые экономические условия, такие как низкие цены на энергоносители на мировом энергетическом рынке, рецессия на развивающихся рынках и влияние сланцевого газа на мировой энергетический рынок, делают пессимистичный прогноз по добыче российского газа более реальным.

С точки зрения географии наибольший объем добычи российского газа приходится на западную часть страны, как и добыча нефти. Тюменская область, в том числе Надым-Пур-Тазовский регион в ЯНАО, который является крупнейшим газодобывающим месторождением, добывает почти 90% всего объема газа в России. Согласно «Энергетической стратегии России до 2030 года», доля Тюменской области в общем объеме снизится в период с 2013 по 2015 год, и эта тенденция ускорится к 2030 году, когда этот регион будет давать всего около 35% добычи газа. Однако это снижение объемов частично будет компенсировано ростом добычи на других месторождениях региона, особенно на Ямале и в Обско-Тазовском заливе [Таблица 2-1-4]. Несмотря на увеличение добычи на месторождениях Ямала и Обско-Тазовского залива, в 2030 году доля Тюменской области в общем объеме добычи упадет примерно на 68%. Европейские регионы страны, включая Каспийское море, Штокман и Восточную

Сибирь, по оценкам, увеличат свою долю в общей сложности с 7% в 2005 году до примерно 15% в 2030 году. Иными словами, в 2030 году 83% всей добычи природного газа будет приходиться на восточную часть страны, хотя доля Дальнего Востока в общем объеме добычи вырастет с 0,64% в 2005 году до 9,6% в 2030 году.

В 2019 году Россия экспортировала 256,6 млрд куб. м природного газа (217,1 млрд куб. м – трубопроводный и 39,3 – СПГ). Трубопроводный газ идет в страны Европы и бывшего Советского Союза. Основными потребителями на европейском рынке являются Германия, Италия и Турция, на долю которых приходится почти 50% от общего объема региона. СПГ (сжиженный природный газ) идет на азиатский рынок, особенно в Японию и Республику Корея, которые импортируют, соответственно, 8,7 млрд куб. м и 3,1 млрд куб. м российского СПГ.

По сравнению с 2014 годом экспорт российского природного газа в 2019 году вырос на 27%. Экспорт СПГ увеличился с 14,5 млрд куб. м в 2014 году до 39,4 млрд куб. м в 2019 году, а трубопроводный экспорт мало увеличился – с 187 млрд куб. м до 217 млрд куб. м за тот же период. Такое изменение обусловлено снижением потребления в Европе и Украине. После двукратного газового кризиса между Россией и Украиной в Европе возникла необходимость снижения газовой зависимости от России. В последнее время Украина и Европа стремятся ослабить зависимость от России. Этому способствовало и ухудшение отношений между Россией и Украиной и Россией и Европой из-за российского присоединения Крыма и конфликта на востоке Украины [109]. В дополнение к этому европейская экологическая политика в отношении выбросов CO₂ может оказать негативное воздействие на экспорт российского газа на европейский рынок. Если ЕС будет проводить жесткую углеродную политику, то к 2050 году потребление природного газа в Европе может сократиться на треть от текущего уровня, а российский экспорт в Европу – вдвое [120]. Конечно, это долгосрочные перспективы, и существуют различные факторы, влияющие на точность прогнозов. Кроме того, практические планы ЕС по снижению зависимости от российского газа, такие как развитие цепочек поставок газа в регионе, разработка месторождений добычи сланцевого газа, строительство замещающих газопроводов из Ближнего Востока, Центральной Азии и Африки, а также импорт американского сланцевого газа, требуют времени для принятия мер, и эффективность этих планов все еще остается

неясной [95]. Однако очевидно одно: России пора развивать другие рынки, которые компенсируют потери на европейском экспортном направлении.

Россия планирует построить систему производства и транспортировки СПГ, а также подключить их к единой системе газоснабжения (ЕСГ). Сейчас в России имеется единственный действующий экспортный объект СПГ – «Сахалин СПГ», который работает с 2009 года с первоначальным проектным объемом производства 9,6 млн тонн СПГ в год [54]. Кроме того, многие проекты по производству СПГ были запущены с изменением закона об экспорте газа, нарушающим монополию «Газпрома». Основной целью этих объектов станет укрепление позиций России на внешнем рынке [138].

[Таблица 2-1-5] Российские СПГ-объекты в различных статусах

Сооружение	Регион	Статус	Мощность (mtons /year)	год
Проекты по сжижению газа				
Сахалинский СПГ	Тихоокеанское	действующий	9.6	2009
Ямал СПГ	Арктическое	строительство	16.5	2017
Балтийский СПГ	Балтийское	планирование	10	2018
Владивосток СПГ	Тихоокеанское	планирование	15	2018
Сахалинский СПГ(расширение)	Тихоокеанское	планирование	5	post 2018
Дальневосточный СПГ	Тихоокеанское	планирование	5	2018-2019
Гыданского СПГ	Арктическое	планирование	16	2018-22
Печора СПГ	Арктическое	отложенный	10	NA
Штокман СПГ	Арктическое	отложенный	30	NA
Проекты регазификации				
Калининградский СПГ	Балтийское	планирование	2.4	2017

Источник: Управление энергетической информации США [54]

О намерении России расширить экспорт газа на азиатский рынок можно судить по представленным данным [Таблица 2-1-5]. Из восьми СПГ-объектов четыре расположены на тихоокеанском побережье, включая Сахалинский СПГ, который работает с 2009 года. В западных районах России планируется строительство только одного объекта – Балтийского СПГ. Российское энергетическое ведомство прогнозирует,

что в 2030 году добыча газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке вырастет на 15% от общего объема, а экспорт в Азиатско-Тихоокеанский регион – на 19-20% [126].

Возобновляемые источники энергии

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) определяются как источники энергии, постоянно пополняемые природой и получаемые непосредственно от солнца, косвенно от солнца или от других естественных движений и механизмов окружающей среды. К числу ВИЭ не относятся энергетические ресурсы, полученные из ископаемых видов топлива, отходы из ископаемых источников или отходы из неорганических источников [13]. Однако приведенное определение ВИЭ нельзя назвать исчерпывающим. Многие страны и связанные с ними международные организации включают повторное использование муниципальных и промышленных отходов в свою официальную статистику по ВИЭ¹¹. В связи с этим в соответствующих официальных и исследовательских документах используются различные терминологические обозначения, такие как «возобновляемые источники энергии» или «новые и возобновляемые источники энергии». В связи с этим в данном разделе мы используем самую широкую концепцию, включающую в себя основные возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, энергия ветра, биотопливо, геотермальные и океанические источники, а также отходы городов и промышленности. В основном мы следуем в своей работе классификации МЭА.

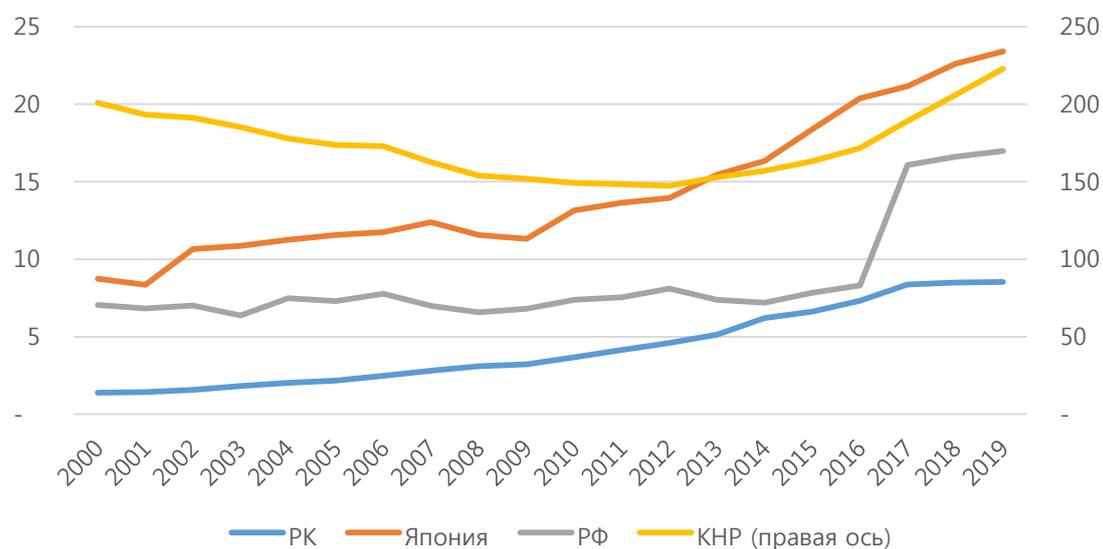
ВИЭ являются растущим ресурсом в секторе энергоснабжения стран СВА, и эти страны применяют различные стратегии для развития этих источников. Как мы видим на [Рисунке 2-1-15], общий объем производства ВИЭ в рассматриваемых странах имеет тенденцию к росту. Абсолютный объем китайского производства (223 млн тнэ в 2019 году) превосходит другие страны, однако его доля в ОППЭ снижается с 2000 года, когда он занял лишь 17% в ОППЭ. В 2019 году эта доля была сокращена вдвое – до 6,5% от ОППЭ по сравнению с 2000 годом.

Корея, несмотря на то, что она все еще имеет небольшой объем производства и незначительную долю в ТПЭ, показывает впечатляющие темпы роста в области ВИЭ, которые составили 10,3% в среднем за последнее десятилетие. В то время как объём

¹¹ Они называются «возобновляемые источники энергии» или «возобновляемые источники энергии и отходы».

ОППЭ возросло на 15%, производство ВИЭ выросло за этот период на 165%. Несмотря на этот выдающийся рост производства, ВИЭ занимают менее 8,5% от общего объема ОППЭ в Корее.

[Рис. 2-1-15] Изменения в производстве ВИЭ, млн тнэ



Источник: МЭА

* Преобразовано в млн тнэ из ТГ

Что касается России, то она демонстрирует колебания производства в диапазоне около 8 млн тнэ до 2017 года, а большой рост как 17 млн тнэ в 2019 году. С 2000 года у России среднегодовой темп роста около 9,6%, а производство ВИЭ составляет 1,2% от общего объема ОППЭ, что является самым низким уровнем среди стран СВА. Доля ВИЭ в ОППЭ составляла 1,14% в 2000 году, но в 2019 году она повышалась до 2,2%. Это связано с темпами роста ВИЭ в России. В то время как российский ОППЭ вырос на 19% за последние 10 лет, производство ВИЭ увеличилось лишь на 149%, что является вторым высокими показателем среди четырех стран. С 2007 года в России сложилась комплексная политическая и нормативная база для использования ВИЭ на оптовом и розничном рынках. Однако фактическое развертывание было очень медленным по нескольким причинам: 1) большая доступность и высокая доля ископаемого топлива, используемого для производства тепла и электроэнергии, 2) желание избежать повышения цен на электроэнергию для конечных потребителей, 3) проблемы, связанные с вопросом интеграции ВИЭ в электрическую систему [73].

За последние 10 лет Япония достигла примерно 7,5% среднегодового темпа роста производства ВИЭ. Ее производство ВИЭ увеличилось к 2007 году и показало отрицательный рост в 2008 и 2009 годах. С 2010 по 2019 год Япония продемонстрировала рост на 7,5%. Японское соотношение ВИЭ и ОППЭ в 2000 году составляло 1,7%, а в 2019 году оно выросло на 5,6%. Этот темп роста производства ВИЭ частично обусловлен снижением ОППЭ в Японии. С 2004 года объем японских ОППЭ из года в год сокращается. В 2002 году он составлял 510,6 млн тнэ а к 2019 году в результате флуктуаций был зафиксирован показатель 415,2 млн тнэ. Как уже говорилось, это связано с депрессивным социально-экономическим состоянием Японии. Япония является единственной страной, демонстрирующей снижение ОППЭ среди стран СВА, и ожидается, что это снижение продолжится и в будущем [23].

Таким образом, мы можем сделать следующие выводы. Корея имеет хорошо сбалансированную структуру производства по источникам, а также по генерации. Как мы видим в [Таблице 2-1-6], Корея использует разные виды ВИЭ для производства энергии. Самый большой из них – это промышленные отходы, занимающие 52,8% от общего объема производства ВИЭ. Далее следуют коммунальные отходы и твердое биотопливо, которые составляют 31,5% и 12,6% от общего объема соответственно. В производстве электроэнергии Корея имеет самый диверсифицированный портфель среди стран, самую низкую зависимость от гидроэнергетики (19,7%) и использует наиболее разнообразные источники (8 типов).

Япония также демонстрирует достаточно диверсифицированную структуру только в области производства электроэнергии. Что касается производства электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии, то Япония демонстрирует сравнительно низкий уровень зависимости от гидроэнергетики – 41,2% от общего объема. Солнечные фотоэлектрические батареи занимает второе место (32,6% от общего объема), за ним следуют твердое биотопливо, промышленные отходы, ветер, коммунальные отходы и геотермальные.

В России в производстве ВИЭ используются только два источника: промышленные отходы и твердое биотопливо, которые составляют более 86,7% и 13,2% от общего объема. В производстве электроэнергии мы видим огромную зависимость от гидроэнергетики, занимающей более 98% от общего объема производства ВИЭ. Иными

словами, Россия зависит от традиционных и низкотехнологичных ВИЭ. Гидроэлектростанции давно эксплуатируются в качестве ВИЭ. Они считаются менее экологичным источником из-за своего негативного воздействия на экосистему, хотя сами и не выделяют парниковые газы в процессе эксплуатации. Согласно классификации МЭА, к твердому биотопливу относятся дрова, древесная щепа, кора, опилки, материалы животного происхождения, отходы жизнедеятельности и др. Конечно, эти первичные и традиционные ВИЭ играют очень важную роль в развитии сектора возобновляемой энергетики, но трудно сказать, что именно они в будущем будут возглавлять этот сектор.

[Таблица 2-1-6] Производство ВИЭ и производство электроэнергии из ВИЭ по источникам, 2019 г., % от общего объема

Страна	Россия		Корея		Китай		Япония	
	произ.	ген.	произ.	ген.	произ.	ген.	произ.	ген.
Коммунальные отходы	-	-	31.56	1.28	-	0.00	-	1.80
Промышленные отходы	86.71	-	52.85	1.92	73.56	0.49	-	7.33
Первичное твердое биотопливо	13.29	-	12.68	17.07	26.44	5.40	-	11.84
Биогазы	-	-	2.91	1.86	0.00	0.00	-	0.14
Жидкое биотопливо	-	-	-	7.24	-	-	-	-
Геотермальный	-	0.22	-	-	-	0.01	-	1.34
Солнечное тепловое излучение	-	-	-	-	-	0.05	-	-
Гидро	-	98.97	-	19.70	-	63.42	-	41.29
Солнечная PV	-	0.6	-	40.97	-	10.89	-	32.63
Прилив, волна, океан	-	-	-	1.49	-	0.001	-	-
Ветер	-	0.2	-	8.45	-	19.74	-	3.63

Источник: МЭА

Китай имеет лучшую структуру производства и генерации ВИЭ, чем Россия. В 2019 году 73,5% китайского производства ВИЭ приходилось на промышленные отходы, а 63,4% всей выработки электроэнергии производилась гидроэнергией. Следуют ветер (19,74), Солнечные фотоэлектрические батареи (10,8%) и твёрдое биотопливо (5,4%) в генерации электроэнергии. Другие возобновляемые источники составляют менее 5% от общей доли. Отличительной чертой России является то, что с точки зрения

разнообразия источников китайская структура производства и генерации ВИЭ развивается с каждым годом. В производстве электроэнергии геотермальная и океаническая энергия начали использоваться в 2005 году, затем в 2010 и 2011 годах началось производство электроэнергии с использованием промышленных отходов и солнечной тепловой энергии. Кроме того, в 2006 и 2010 годах Китай включил жидкое биотопливо и промышленные отходы в свой портфель ВИЭ. Эти дополнительные возобновляемые источники постоянно увеличивают свой абсолютный объем и свою долю в общем объеме производства. Очевидно, что Китай имеет схожие с Россией проблемы в области ВИЭ, в частности в вопросе зависимости от некоторых конкретных источников, но при этом он неуклонно совершенствует свои структуры.

Корея стремится к 2035 году получить 11% видов и 13,4% от общего объема производства электроэнергии из ВИЭ [113]. В период с 2014 по 2035 год ожидается, что среднегодовой темп роста составит 6,2%, в то время как за тот же период он вырастет на 0,7%. С этой целью корейское правительство намерено сократить долю отходов в производстве ВИЭ и увеличить долю солнечных фотоэлектрических установок и ветра с 2,2% и 2,7% в 2014 году до 18,2% и 14,1% к 2035 году. Если эти правительственные планы будут реализованы, то солнечная фотоэлектрическая энергия, солнечная тепловая энергия, энергия ветра и геотермальная энергия займут значительную долю в производстве возобновляемой энергии в Корее.

Япония ставила цель к 2030 году увеличить долю ВИЭ на 10% по видам и на 24% в общем объеме производства электроэнергии. По данным Министерства окружающей среды Японии, к 2030 году доля ВИЭ может быть увеличена до 33% от общей генерации, если общая генерация останется на том же уровне, что и в 2013 году [108]. Для достижения этой цели японское правительство в 2012 году внедрило систему льготных тарифов и намерено поддерживать ветроэнергетику и геотермальную энергетику¹². В этом прогнозе солнечная энергия займет самую большую долю в общем объеме производства ВИЭ – от минимума 2493 кВт/ч до максимума 3045 кВт/ч. Далее идет ветроэнергетика, максимальная мощность которой составляет 1533 кВт/ч, а за ней следует малая и средняя гидроэнергетика. Другими словами, японская структура

¹² Для получения более подробной информации см.: Strategic Energy Plan of Japan, 2014.

ВИЭ будет преобразована из гидроэнергетической структуры генерации, как мы видели выше, в солнечную и ветроцентрическую структуру.

Китайская целевая доля ожидается вырастить до 16% к 2030 году в соответствии с текущей политикой и инвестиционными моделями [75]. В этих условиях к 2030 году гидроэнергетика останется в качестве подавляющего доминирующего источника. Его производительность увеличится на 1600 ТВт/ч, в то время как солнечная фотоэлектрическая энергия, твердая биомасса и газ вырастут на 650 ТВт/ч и 200 ТВт/ч к 2030 году [75].

Согласно «Энергетической стратегии-2035», к 2020 году российский целевой показатель по ВИЭ составит 4,5% от общего объема производства электроэнергии, за исключением объема производства гидроэнергии. Как мы уже отмечали, гидроэнергетика обеспечивает более 98% российской выработки электроэнергии из ВИЭ. Другие ВИЭ компенсируют лишь 0,32% от общего объема поставок электроэнергии. Ввиду этого так трудно выполнить обозначенную задачу без огромного объема инвестиций и политических усилий.

В то время как Япония и Корея начали свой первый проект и политику ВИЭ в начале 1980-х годов, а Китай выпустил множество стратегий и проектов по ВИЭ, Россия только недавно ввела единую национальную структуру ВИЭ. Российская политика в области ВИЭ впервые была рассмотрена в 2003 году в «Энергетической стратегии-2020», а правовая база была создана лишь в 2013 году.

До сих пор мы рассматривали текущую ситуацию в энергетическом секторе в странах СВА: Корею, Японию, Китае, – а также в России. Теперь, исходя из этого, рассмотрим проблемы и задачи развития энергетического сектора указанных стран.

Самая главная и самая старая проблема в корейском энергетическом секторе – это зависимость от импорта энергоносителей. Как мы уже видели, Корея зависит от импорта почти всех источников энергии. Даже если ядерная энергия рассматривается как внутренняя энергия, импорт энергоносителей составляет более 80%. Эта высокая зависимость от импорта энергоносителей в сочетании с промышленной структурой, тенденциями потребления энергии и географическим положением стала очень серьезной потенциальной угрозой для социально-экономического развития Кореи.

Хотя официально это не раскрывается, известно, что Корея и Япония покупают сырую нефть из ближневосточных стран от \$ 1 до \$ 2 за баррель, и известно, что то же самое неофициально происходит на международном рынке СПГ. Высокая зависимость от импорта энергоносителей делает внутренние цены и сырьевые рынки чувствительными к международным ценам на энергоносители, что усиливает социально-экономическую нестабильность в связи с изменениями на международном энергетическом рынке. Такая высокая зависимость от импорта энергоносителей в основном вызвана тем, что Корея не имеет на своей территории никаких доступных запасов энергоресурсов. Однако это не та проблема, которую Корея способна решить, потому что это заданное естественное состояние. Проблема заключается в энергетическом балансе и спросе на энергию, сосредоточенном на ископаемых видах топлива и зависимом от импорта. Как мы уже видели, Корея на 83% использует ископаемые источники энергии, такие как уголь, нефть и газ.

Все три страны – Корея, Япония и Китай – имеют зависимую от импорта структуру поставок, за исключением очень небольшой части угля. В частности, нефть, которая занимает самую большую долю (около 38%) и имеет большое промышленное значение, сильно зависит от поставок с Ближнего Востока, что является достаточно серьезной проблемой с точки зрения энергетической безопасности. Кроме того, следует также отметить нестабильность маршрута энергоснабжения из-за географического положения Кореи. Корея почти полностью полагается на морской транспорт для импорта основных ископаемых источников энергии. В частности, значительное количество сырой нефти импортируется через узкий пролив. Эти проблемы, связанные с высокой зависимостью от импорта энергоносителей, низким разнообразием маршрутов и высокой зависимостью от импорта нефти с Ближнего Востока, обуславливают низкую стабильность корейского энергетического сектора. Аспекты потребления коррелируют с относительно низкой энергоэффективностью.

Как уже упоминалось ранее, энергоемкость Кореи не так высока по сравнению с другими странами. Однако она нуждается в дальнейшем совершенствовании с учетом условий в энергетическом секторе Кореи: отсутствием обеспеченных энергетических ресурсов, высокой долей энергоемких отраслей промышленности и нестабильности структуры в области энергоснабжения. Энергоэффективность, или энергоемкость,

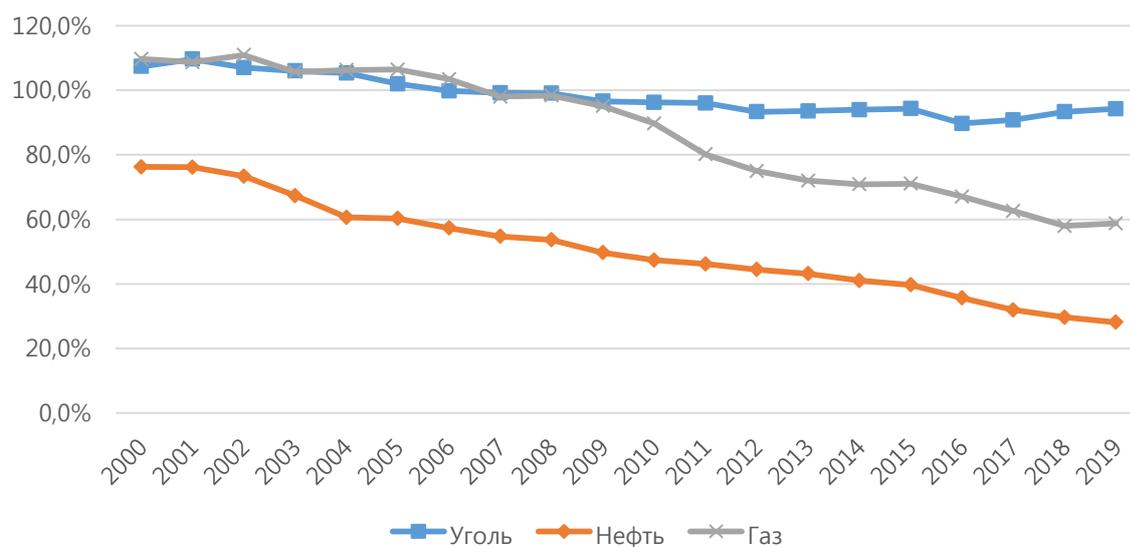
может быть легко улучшена за счет сокращения потребления энергии и увеличения ВВП. Эта проблема не является простой в том смысле, что потребление энергии значительно зависит от ВВП. Речь идет о задаче снижения энергозатрат общества в целом путем реорганизации промышленной структуры в отрасли с высокой добавленной стоимостью. Если промышленная политика берет на себя ответственность за изменение структуры ВВП, то задачей энергетической политики является управление спросом. Задача укрепления стабильности поставок очевидна, но ее трудно решить. Для повышения стабильности поставок крайне важно снизить зависимость от поставок энергоносителей извне и диверсифицировать маршруты импорта. Наиболее фундаментальной альтернативой для снижения зависимости от импорта является увеличение внутреннего производства энергии, и единственный способ сделать это – увеличить производство возобновляемых источников энергии в Корее. Ядерная энергия де-факто является импортируемой энергией, и проблемы ее безопасности затрудняют решение проблемы стабильности поставок. Освоение внутренних ископаемых энергетических ресурсов не только нецелесообразно, но и неэффективно. При импорте ископаемых источников энергии необходимо снизить зависимость от Ближнего Востока и диверсифицировать маршруты импорта энергоносителей. В частности, необходимо увеличить число стран-поставщиков, расположенных в географической близости от Кореи.

Проблемы Японии в энергетическом секторе аналогичны проблемам Кореи, а следовательно, схожи и задачи. Отметив сходство между двумя странами, сосредоточим основное внимание на различиях между ними. Самой большой проблемой Японии в энергетическом секторе также является ее высокая зависимость от импорта. В частности, зависимость Японии от импорта энергоносителей приближается к 90% с момента закрытия атомной электростанции в Фукусиме в 2011 году. Проблема заключается в том, что закрытие атомных электростанций трудно решить. В природной среде Японии, где много вулканов и регулярно происходят землетрясения, очень трудно с точки зрения безопасности и социальной приемлемости возобновить работу атомных электростанций после того, как уже произошла критическая авария. Другими словами, если не будут быстро разработаны приемлемые альтернативы, такие как развитие внутренней ископаемой энергетики или расширение использования возобновляемых

источников энергии, то проблему высокой зависимости от импорта будет трудно решить. В Японии доля ископаемых источников энергии в энергобалансе выше, чем в Корее (около 88%). Проблема заключается в том, что зависимость Японии от импорта сырой нефти с Ближнего Востока выше, чем у Кореи, и в 2019 году она составила 89,5%. Другими словами, Япония в большей степени, нежели Корея, зависит от импорта нефти с Ближнего Востока. Япония имеет те же проблемы, что и Корея, с точки зрения стабильности маршрута импорта энергоресурсов. Анализ и обсуждение стабильности импортного маршрута будут представлены в Главе 3. Именно в секторе энергоэффективности Япония находится в лучшем положении, чем Корея. Как уже было рассмотрено выше, в Японии очень низкая энергоемкость. Кроме того, постепенно снижается и сам спрос на энергию. Ввиду этого задача японского энергетического сектора сводится к укреплению стабильности поставок.

Как мы уже видели, Китай имеет совершенно иную энергетическую структуру, отличную от Кореи и Японии. Учитывая разницу в уровне экономического развития со странами ОЭСР, такими как Корея и Япония, а также различия в природных и социальных условиях, таких как размер территории и численность населения, вполне естественно, что Китай имеет отличную от других стран структуру энергоснабжения и энергопотребления. Самая большая проблема Китая в энергетическом секторе – это его высокая зависимость от угля.

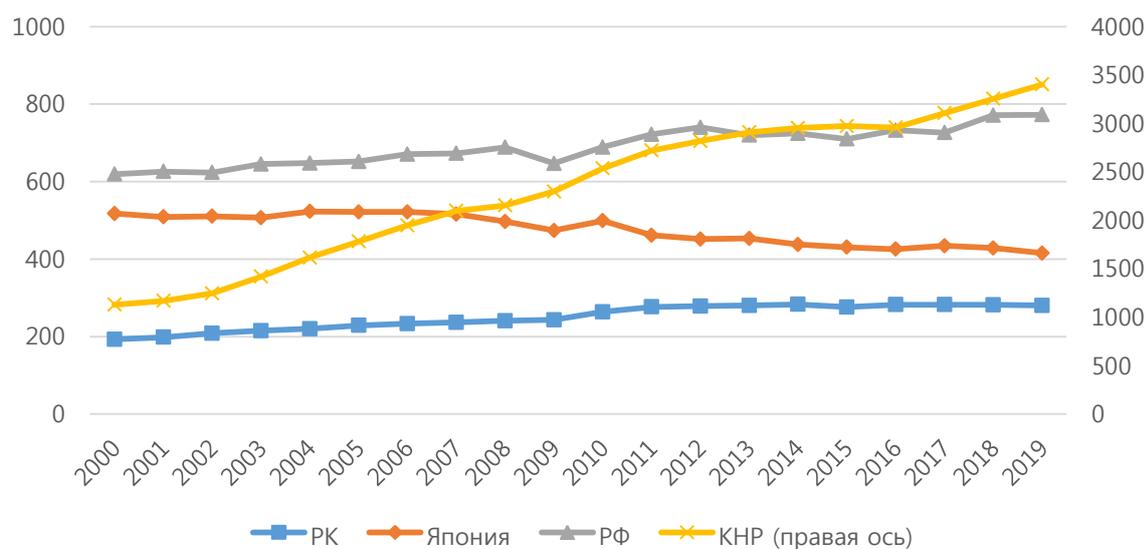
[Рис. 2-1-16] Соотношение производства и импорта угля, нефти и природного газа в Китае, %



Источник: МЭА

Как уже отмечалось выше, уголь составляет почти 70% всех ОППЭ Китая, и, несмотря на усилия китайского правительства, степень зависимости вряд ли будет уменьшена. Высокая зависимость от угля не является проблемой в самом энергетическом секторе, как, например, стабильность энергобаланса и эффективность использования энергии. Очень неэкологичный характер производства угля и крупномасштабный характер его потребления провоцируют экологические и социальные проблемы, такие как загрязнение воздуха и проблемы со здоровьем населения.

[Рис. 2-1-17] Абсолютный объем ОППЭ стран СВА, млн. тнэ



Источник: МЭА

Высокое потребление энергии в Китае затрудняет решение проблемы угольной зависимости. Стимул полагаться на уголь, который имеет относительно низкий коэффициент импорта, продолжает оставаться очень сильным на фоне быстро растущего потребления энергии. Как показано на [Рисунке 2-1-16], к 2006 году добыча угля удовлетворяла 100% китайских ОППЭ, а в последнее время она уменьшилась до 95%. Иными словами, уголь в Китае является наиболее стабильным источником ископаемого топлива, наименее подверженным изменениям на международном энергетическом рынке. Проблема заключается в общем потреблении энергии, которое растет очень быстро. Как показано на [Рисунке 2-1-17], темпы роста ОППЭ в Китае превосходят остальные три страны. Это объясняется низким уровнем потребления энергии на душу населения. Потребление энергии на душу населения в Китае составляет половину от корейского, т. е. потенциал Китая по увеличению потребления энергии на душу населения все еще достаточен за счет экономического роста. Увеличение потребления энергии на душу населения может привести к взрывному росту общего потребления энергии.

Еще одной проблемой с точки зрения потребления является низкая энергоэффективность. За последние несколько десятилетий этот показатель в Китае резко возрос, однако страна по-прежнему показывает энергоемкость примерно в 5 раз выше, чем в Японии. Наконец, проблема заключается в относительно слаборазвитой и

локально несбалансированной энергетической инфраструктуре. Энергетическая инфраструктура Китая неуклонно растет быстрыми темпами на протяжении десятилетий. В результате доступ к современным источникам энергии, таким как бензин, газ и электричество, очевидно, значительно улучшился. Однако развитие энергетической инфраструктуры в городских и сельских районах по-прежнему существенно различается. Кроме того, большая часть ископаемого топлива и инфраструктуры, генерирующей и распределяющей энергию, сосредоточена в восточных регионах. Разрыв в степени развития инфраструктуры производства и потребления может привести к возникновению социальных проблем.

Задачи развития энергетического сектора Китая ясны. Для преодоления высокой зависимости от угля необходима диверсификация энергобаланса. Реальной альтернативой является увеличение доли природного газа и атомной энергетики в ОППЭ и одновременно расширение поставок возобновляемой энергии. Однако природный газ, по сравнению с углем, является очень дорогим и нуждается в значительных инфраструктурных инвестициях, поскольку он требует гораздо более современных инженерных сооружений для импорта, хранения, распределения и потребления, чем уголь. Ядерная энергетика и ВИЭ также требуют больших инвестиций как в инфраструктуру энергоснабжения, так и в сами электростанции.

Проблемы российского энергетического сектора – это прежде всего региональный дисбаланс в добыче и экспорте нефти и природного газа. Как мы уже видели, Россия сильно зависит от западной части страны в плане добычи нефти и природного газа. Около 90% нефти и природного газа добывается в западных регионах. Это в основном связано со структурой экспорта. Как уже было отмечено, около 60% российской сырой нефти и природного газа экспортируется на европейские рынки. Иными словами, нынешняя структура добычи и транспортировки нефти и природного газа в России является результатом оптимизации для крупнейшего экспортного рынка. Проблема существует в двух аспектах. Во-первых, наблюдается снижение спроса в Европе, т. е. на крупнейшем экспортном рынке. Европейские страны намерены максимально сократить использование ископаемых топливных ресурсов. Кроме того, европейские страны сокращают свою зависимость от российских энергоресурсов после двукратного украинского газового кризиса. Это значит, что европейские страны имеют

снижающийся спрос на саму нефть и газ и твердо намерены сократить российские поставки. Спрос крупнейшего рынка на российскую нефть и газ снижается. Это может быть проблемой не только для российского энергетического сектора, но и для всей российской экономики, учитывая абсолютную роль добычи и экспорта нефти и природного газа в российской экономике.

Во-вторых, проблема со стороны энергопотребления заключается в очень низкой энергоэффективности. Энергоемкость России в 2 раза выше, чем у Кореи, и в 6 раз выше, чем у Японии, т. е. Россия потребляет энергию в 6 раз неэффективнее, чем Япония. Может быть, неэффективное потребление ископаемых ресурсов не самая большая проблема для России, одного из крупнейших мировых производителей ископаемой энергии. Однако неэффективное потребление энергоресурсов означает, что энергоресурсов было израсходовано гораздо больше тех объемов, которых требует экономическое развитие. Это означает, что дополнительные загрязнители воздуха будут выбрасываться в результате ненужного потребления и производства энергетических ресурсов. Учитывая, что одной из важнейших концепций устойчивого развития является баланс между поколениями, т. е. развитие в пределах диапазона, не наносящего ущерба возможностям будущих поколений, неэффективность энергопотребления в России нуждается в корректировке независимо от того, насколько велик объем обеспеченности страны энергоресурсами. Для того чтобы решить проблему региональных диспропорций в производстве энергоресурсов, необходимо прежде всего устранить дисбаланс в структуре экспорта. Очевидным направлением, которое может привести к изменениям в структуре экспорта, является расширение экспорта в Азиатско-Тихоокеанский регион, в том числе в Северо-Восточную Азию. Как мы уже отмечали, это очень естественная, понятная и почти единственная альтернатива, о которой говорится в стратегии развития российского энергетического сектора, созданной правительством. И данный план развития работает до сих пор. Как мы уже видели, российский экспорт сырой нефти и природного газа в Азию, включая Корею, Китай и Японию, увеличивается. Однако в восточных районах страны количество объектов по добыче нефти и природного газа пока несопоставимо с западным регионом. Кроме того, трубопроводная сеть для транспортировки добытой нефти и природного газа в восточных регионах менее развита по сравнению с

западными районами страны. Ввиду этого увеличению экспорта на азиатский энергетический рынок, безусловно, должны предшествовать инвестиции в производство энергоресурсов и транспортную инфраструктуру на востоке России.

2.2 Энергетические стратегии Республики Корея, Японии, Китая и России

В начале 2014 года корейское правительство объявило свой генеральный план по развитию энергетики [112] обновленной версией «1-го генерального плана», опубликованного в 2008 году. Это самый главный политический документ в энергетическом секторе, который имеет множество планов действий, таких как «План поставок природного газа», «Стратегический план запасов нефти», «Генеральный план развития иностранных энергетических ресурсов».

В генеральном плане в качестве главных приоритетов энергетической политики Республики Корея до 2035 года выделяются шесть основных стратегических целей. Среди них цель «энергетическая политика, ориентированная на контроль потребления» является самым важным изменением в истории корейской энергетической политики. На протяжении достаточно длительного времени корейское правительство поддерживало «политику обеспечения поставок» для своего экономического роста. Однако с принятием «1-го генерального плана» направление политики изменилось в сторону контроля потребления, а 2-й план поставил контроль потребления на первое место в энергетической политике страны. Согласно 2-му плану, к 2035 году корейское правительство намерено сократить общее потребление энергии на 13% и потребление электроэнергии на 15%¹³. Для достижения этой цели планируется провести реформы в сфере ценообразования и налогов. Ожидается, что цена на электроэнергию вырастет, а налоговая ставка на СПГ, альтернативу электроэнергии, будет снижена, чтобы контролировать растущее потребление электроэнергии. Кроме того, создание системы контроля над потреблением энергии на основе ICT будет поддерживаться различными политическими мерами. Развитие распределенных электростанций направлено на повышение энергоэффективности и достижение стабильности системы выработки

¹³ Business as Usual. Согласно сценарию BAU, в 2035 году общее конечное потребление энергии в Республике Корея составит 254,1 млн тонн с 0,88% от среднегодового темпа роста, а потребление электроэнергии – 70,2 млн тонн с 2,46% от среднегодового темпа роста.

электроэнергии. Согласно стратегии, в 2035 году выработка электроэнергии распределенными электростанциями составит 15% от общего объема, что в 3 раза больше, чем в 2014 году. Применение независимых электростанций, развитие групповой энергетики и распространение малых распределенных энергетических объектов на основе ВИЭ будет поддерживаться правительством. Кроме того, устойчивость энергетического сектора поддерживается в рамках борьбы с глобальным потеплением, а также для повышения конкурентоспособности энергетической отрасли на международном энергетическом рынке и обеспечения безопасности атомных электростанций. Схема контроля выбросов была введена в действие в начале 2015 года, и на последней COP 21 правительство объявило, что их страны сократят выбросы парниковых газов на 35% к 2035 году. В дополнение к этому будут поощряться различные политические меры и инвестиции, такие как инвестиции в область безопасности в секторе ядерных НИОКР, развитие APR (Advanced Power Reactor) следующего поколения, стимулирование экспорта атомных электростанций, рост инвестиций в НИОКР в области передовых энергетических технологий. Для укрепления энергетической безопасности необходимо сделать упор прежде всего на развитие инвестиций в иностранные энергетические проекты и сотрудничество с национальными и частными энергетическими компаниями. Кроме того, распространение ВИЭ будет стимулироваться с точки зрения укрепления энергетической безопасности. Правительство намерено увеличить долю ВИЭ в ОППЭ на 11% к 2035 году. Для этой цели применяются как регулятивные меры, такие как применение RHO (Renewable Heat Obligation) и RFS (Renewable Fuel Standard), а также расширение RPS (Renewable Portfolio Standard), так и финансовые решения, например низкопроцентный кредит для связанных частных компаний. Международное энергетическое сотрудничество на многостороннем и двустороннем уровнях также рассматривается как важный элемент энергетической безопасности. В рамках этого плана правительство Республики Корея намерено осуществлять совместные проекты с североамериканскими странами, азиатскими странами, Россией, европейскими и африканскими странами на различных уровнях. Наконец, в плане упоминается о необходимости создания системы управления энергетическим сотрудничеством в США на основе существующего «межправительственного механизма энергетического

сотрудничества в Северо-Восточной Азии (ECNEA)» или нового канала. В последние две стратегические цели включены развитие стабильной структуры поставок, стабильное снабжение за счет диверсификации маршрутов поставок, проведение энергетической политики как социального обеспечения, а также тесное сотрудничество с муниципальными органами власти.

В результате реализации этого плана корейское правительство стремится к конечному потреблению энергии по источникам, как это показано в [Приложении Б.4]. Значительный объем сокращения конечного потребления будет проведен в промышленном и транспортном секторах. Промышленный сектор займет 47% от общего объема сокращений, а транспорт – 36%.

«Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2035 года» («ЭС-2035») – это обновленная версия предыдущей стратегии «ЭС-2030», учитывающая последние кардинальные изменения на мировом энергетическом рынке и политическую напряженность с Западом. В «ЭС-2035» пересматриваются прогнозы экономического роста, цен на нефть на мировом рынке и валютный курс. Для прогноза и реализации поставленных задач применяются два основных сценария – консервативный и целевой. Оба сценария предполагают, что цены на нефть восстановятся на уровне 80 долларов за баррель через 5 лет и вырастут до 95-105 долларов за баррель к 2035 году.

В «ЭС-2035» подчеркивается необходимость изменений энергетического сектора, которые заключаются в развитии самой отрасли (модернизация основных фондов в энергетике, увеличение доли высокопроизводительных работ в энергетике, увеличение доли высококачественных нефтепродуктов в производстве, внутреннем потреблении и экспорте, изменение инновационной деятельности в энергетике в сторону увеличения НИОКР и повышения качества человеческих ресурсов), институциональных изменениях в отрасли (увеличение числа компаний, обладающих конкурентоспособностью), а также в развитии государственной политики или проектов (увеличение доли распределенных электростанций в общем объеме производства электроэнергии, реализация импортозамещения во всем энергетическом секторе, увеличение качественного и экологически чистого потребления в энергетическом секторе).

Для этого перехода «ЭС-2035» ставит перед собой следующие стратегические цели развития энергетического сектора: 1) снижение энергоемкости; 2) повышение доступности энергоресурсов; 3) снижение энергопотребления в энергетической отрасли; 4) снижение загрязняющих веществ энергетических компаний; 5) увеличение доли нетрадиционных углеводородных источников; 6) улучшение географической структуры экспорта; 7) увеличение инвестиций в ВИЭ.

В процессе реализации поставленных целей российское правительство устанавливает в документе три задачи высшего уровня.

Первая задача – это обеспечение энергетической безопасности как внутри страны, так и за рубежом. В этой задаче под термином «энергетическая безопасность» понимается не только стабильное снабжение энергоресурсами с точки зрения экономики, но и эффективное и экологичное потребление энергоресурсов во всех сферах социально-экономической деятельности. Для достижения данной цели российское правительство подчеркивает необходимость электрификации страны на совершенно новом уровне, совершенствования структуры интеллектуального энергоснабжения/энергопотребления страны, распространения энергосберегающих технологий и повышения энергоэффективности, снижения экологической нагрузки.

Вторая задача – это переход к географической структуре энергетического сектора. Это свидетельствует не только о сбалансированном развитии отечественных регионов в энергетическом плане, но и об улучшении структуры российского экспорта энергоресурсов за счет поворота на Азиатско-Тихоокеанский рынок. Согласно документу, практическими подзадачами для этого должны стать развитие инфраструктуры, связанной с энергетической отраслью Восточной Сибири и Дальнего Востока; выход на Азиатско-Тихоокеанский энергетический рынок; подготовка масштабных проектов освоения арктического шельфа; развитие распределенных электростанций и возобновляемых источников энергии.

Третья задача высшего уровня – обеспечение технологической независимости энергетического сектора страны. Для выполнения этой задачи российское правительство намерено стимулировать импортозамещение высокотехнологичной продукции в энергетике. В то же время в качестве национальной повестки дня будет осуществляться международное сотрудничество по развитию смежных технологий как

в научной, так и в инженерной сферах. Также обсуждается создание инвестиционного фонда. В дополнение к этому «ЭС-2035» предлагает разработать передовую национальную информационную систему для энергетической отрасли, которая будет играть основную роль в предоставлении статистической информации, формировании аналитических отчетов и улучшении долгосрочных прогнозов по энергетической отрасли.

Для поддержки этих целей и задач энергетического сектора страны российское правительство определяет свои приоритеты в национальной энергетической политике. Эти приоритеты можно разделить на три категории. Первая категория – это энергетическая безопасность в широком понимании. В эту категорию входят стабильное энергоснабжение всех внутренних регионов, создание объектов для обеспечения соответствующего объема стратегических запасов нефти, географическая диверсификация экспорта энергоносителей и развитие инфраструктуры в восточных регионах. Вторая категория – это энерго-экологический менеджмент. Здесь учитывается повышение энергоэффективности страны и связанных с ней технологий, борьба с экологическими негативными последствиями развития энергетической отрасли. Третья категория – это рыночная среда, предполагающая существование хорошо продуманного конкурентного и справедливого энергетического рынка и эффективность работы государственных компаний. Согласно «ЭС-2035», ряд показателей как в потреблении энергии, так и в ее производстве, будет достигнут к 2035 году. Данные показатели представлены в [Приложении Б.5].

Япония разработала свой «5-й стратегический энергетический план» в 2018 году [153]. В нем отражены последствия аварии на АЭС в Фукусиме и недавние радикальные изменения в глобальной энергетической среде. Как и его предыдущая версия, «4-й план», 5-й стратегический план установил концепцию «3E-S» (энергетическая безопасность, экономическая эффективность, окружающая среда и безопасность) в качестве фундаментальной основы национальной энергетической политики.

Исходя из этой концепции японское правительство определило несколько стратегических целей.

Первая цель – укрепление стабильной структуры снабжения ископаемых энергоресурсов. Это отражает высокую зависимость Японии от импортных ископаемых энергоресурсов и растущую неопределенность на мировых энергетических рынках. Для реализации этой цели японское правительство намерено выполнить следующие задачи: 1) укрепление сотрудничества с богатыми энергоресурсами странами Северной Америки, Африки и Евразии; 2) участие добывающего сектора в зарубежных энергетических проектах; 3) улучшение условия закупки энергоресурсов по сотрудничеству с прибрежными странами вокруг Японии; 4) стимулирование развития отечественных энергетических ресурсов (метан-гидрат); 5) содействие накоплению запасов редких металлов.

Вторая цель – реализация энергосберегающего общества. Для достижения этой цели будут выполнены следующие задачи: 1) применение более совершенного регулирования энергосбережения в секторе домашних хозяйств с использованием искусственного интеллекта, интернета вещей и больших данных; 2) распространение высокоэффективных техник, таких как высокоэффективный кондиционер, LED и OLED-лампы; 3) реализация ZEB (Zero Energy Building) для вновь построенных общественных и коммерческих зданий к 2030 году и для жилых домов к 2030 году; 4) продвижение различных стратегий энергосбережения в транспортном секторе с целью повышения доли продаж автомобилей следующего поколения до 50~70%; 5) повышение эффективности предложения за счет использования принципа «спрос-реакция»

Третья цель – подготовка к превращению возобновляемых источников энергии в основные источники электроснабжения. Для достижения этой цели будут осуществлены: 1) нормативная поддержка и развитие технологии для повышения эффективности производства солнечной и ветровой энергии; 2) улучшение инвестиционных условий для развития геотермальной и гидроэнергетической энергии; 3) превращение Фукусимы в центр возобновляемой энергетики.

Четвертая цель – это реформа ядерной энергетической политики путем обеспечения безопасности атомных электростанций и восстановления доверия гражданского общества. Для достижения этой цели будут выполнены следующие задачи: 1) подготовка плана восстановления и возрождения Фукусимы; 2) повышение

безопасности производства атомной энергии и создание стабильной бизнес-среды для производства атомной энергии; 3) подготовка комплексных мер по решению проблемы очистки топлива после использования; 4) укрепление доверия с народом и международным сообществом.

Пятая цель – совершенствование институциональной базы для эффективного и стабильного использования источников ископаемого топлива. Для достижения этой цели будут выполнены следующие задачи: 1) стимулирование использования высокоэффективных угольных и СПГ-электростанций с последующим применением технологии IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) и разработкой технологии CCS (Carbon Capture & Storage); 2) структура реформирования нефтяной и газовой промышленности. Для реализации данной политики будут приняты меры, стимулирующие масштабирование отрасли путем перехода энергетических компаний к энергетическому конгломерату.

Шестая цель – подготовка реализации водородного общества. Для достижения этой цели будут осуществлены: 1) поддержка распространения топливных элементов. Японское правительство планирует повышение номера используемых топливных элементов в домашних хозяйствах до 530 тысяч в 2030 году; 2) повышение использования водородного в секторе транспорта с целью номера автомобилей на топливных элементах до 80 тысяч в 2030 году; 3) укрепление международного сотрудничества для реализации использования водорода на мировом уровне.

Седьмая цель – реформа энергетического рынка и структуры поставок путем разрушения вертикально интегрированной отраслевой структуры и барьеров между сегментами рынка. Для этого необходимо выполнение следующих задач: 1) демонтаж монополии на рынке электроэнергии и либерализация рынка электроэнергии; 2) либерализация розничного рынка газа и диверсификация форм потребления газа; 3) реформирование рынка тепловой энергии в сторону повышения эффективности.

Восьмая цель – укрепление внутренней цепочки энергоснабжения. Для достижения этой цели будет применяться развитие потенциала стратегического запаса нефти, повышение способности реагирования на внутренний кризис (катастрофу).

Девятая цель – разработка вторичных источников энергии для развития аккумуляторной технологии и технологии утилизации водорода. Для достижения этой

цели необходимо решить следующие задачи: 1) разработка СНР (Combined Heat & Power Plant) и использование электроаккумуляторов для эффективного использования электроэнергии; 2) использование хранилищ энергии, которые способствуют расширению использования возобновляемых источников энергии и декарбонизации; 3) диверсификация источников энергии для автотранспортных средств.

Десятая и одиннадцатая цели – создание энергетических конгломератов путем реформирования энергетического рынка и расширения международного энергетического сотрудничества на различных уровнях.

В 2021 году китайское правительство объявило «14-ый пятилетний план национального экономического и социального развития КНР и план долгосрочных целей на 2035 год» [154]. Этот долгосрочный план экономического развития определяет долгосрочные цели и планы развития энергетического сектора. В целом, направление «14-го пятилетнего плана» не сильно отличается от «план действий в рамках стратегии энергетического развития (2014–2020 годы)», который является планом выполнения «13-го пятилетнего плана». В документе сформулированы 3 цели развития отрасли. Первая цель этого плана – энергосбережение. Снижение объемов потребления энергии за счет повышения эффективности является главным приоритетом китайского энергетического плана со времен «13-го пятилетнего плана». В данном аспекте особо подчеркивается сбережение в каждом процессе социально-экономического и энергетического развития, также упоминается коллективное и эффективное освоение энергоресурсов и их рациональное использование. В частности, направлено сокращение энергоёмкости на 13,5% и единицы выбросов CO₂ на 18% к 2025 году. Вторая цель заключается в создании низкоуглеродной энергетической структуры в энергетическом секторе. Увеличение доли неископаемых источников энергии; использование ископаемых источников энергии в качестве экологически чистых; сокращение потребления угля и рост потребления природного газа – это основной путь достижения поставленной цели. В результате, к 2025 году направлено увеличиться количество дней «хорошей качества воздуха» в городах до 87,5%. Третья стратегическая цель – это повышение способности к энергоснабжению, что означает обеспечение энергетической безопасности со стороны поставок. Ключевым направлением достижения этой цели считается усиление темпов разведки и освоения

внутренних энергетических ресурсов, стимулирование альтернативных источников энергии и создание системы реагирования на чрезвычайные ситуации.

В документе определены задачи, предусматривающих основные меры для реализации поставленных целей.

Первая задача – это увеличить долю ископаемой энергии от общего потребления энергии примерно до 20 %. Для выполнения поставленной задачи китайское правительство планирует провести следующие мероприятия: 1) строительство баз экологически чистой энергии в верховьях и низовьях реки Цзиньшаджян, а расширение строительства распределенной энергетики в восточном и центральном регионах и гидроэлектростанций в юго-западном регионе; 2) увеличение масштаб ветроэнергетических и солнечных электростанций, использование геотермальной энергии, и также расширение строительства насосных электростанций и новых хранилищ энергии; 3) расширение строительства атомных электростанций в прибрежных районах. В это мероприятие включены расширение мощностей действующих АЭС до 70 ГВт., содействие пилотным проектам, связанным с усовершенствованными реакторами, такими как небольшой модульный реактор, реактор охлаждения высокотемпературного газа и плавучая морская ядерная платформа; 4) укрепление технических исследований, связанных с будущими ведущими отраслями промышленности, такими как водород; 5) разработка новой технологии автомобилей с новыми энергетиками, такими как разработка аккумулятор с высокой стабильностью и эффективностью и разработка плана строительства и развертывания зарядных устройств для аккумуляторных батарей электромобилей.

Вторая задача – регулирование потребления ископаемой энергии и развитие внутреннего нефтегазового рынка. В качестве практических мер определены следующие мероприятия: 1) концентрация добычи угля в богатых углем регионах и строительство межрегиональных дорог для транспортировки угля. С этим мероприятием китайское правительство планирует регулирование масштабы угольной электростанции на разумном уровне и строительство стратегической базы для угольного газа и угольного сжиженного топлива; 2) развитие нефтегазовой отраслей. Для этого планируются открытие рынков разведки и разработки нефти и газа,

повышение объёма добычи и резерва нефти и газа, и так расширение использования нетрадиционных ресурсов в глубоком море.

Третья задача – разработка смарт-инфраструктуры электросетей. Планируются расширение строительства микро-электросетей для того, чтобы укреплять связь среди электросетей и развивать способность к контролю электросетей. Кроме того, улучшая коэффициент использования передача сверхвысокого напряжения, китайское правительство направляет повышение потребления чистых энергетик и укреплять способность к электро-резерву и электропередаче на большие расстояния.

Четвёртая задача – сильная углеродно-нейтральная политика в энергетическом секторе. В плане китайское правительство поставило цель снизить емкость выбросов парниковых газов на 65 % по сравнению с 2005 годом к 2030 году, повышать долю неископаемых источников энергии в ОППЭ до 25% и расширять накопленную мощность объекта для ветровой и солнечной энергетики до 1200 ГВт. На данном контексте будет имплементировано совершенствование системы сокращения общего энергопотребления и ужесточение регулирования потреблением ископаемой энергии.

Посредством реализации этих целей и задач планируется достижение ряда важнейших показателей в энергетической сфере.

Глава 3. Экономическая модель эффективности энергетического сотрудничества на основе энергетической устойчивости

При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором лично, в которых согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: 1) Yoon, Youngmin, «Assessing Energy Security of Korea and Japan»// Инновации и Инвестиции. 2020. № 3, с. 68-73 (Импакт-фактор 0,155; общий объем 0,35 п.л., в т.ч. с авторским вкладом 0,35 п.л.); 2) Yoon, Youngmin, «Assessing International Competitiveness Of Renewable Energy Industry In Korea And Analyzing Its Determinants»// Интеллект, Инновации, Инвестиции. 2020. №3, с. 42-52 (Импакт-фактор 0,342; общий объем 0,7 п.л., в т.ч. с авторским вкладом 0,7 п.л.). Общий объем 1,05 п.л., в т.ч. с авторским вкладом – 1,05 п.л.

3.1 Переменные и структура экономической модели эффективности энергетического сотрудничества

Далее необходимо рассмотреть переменные и структуры, которые составляют модель. В нашем исследовании использовались данные из энергетического, экономического, социального и экологического секторов, подготовленные Национальным статистическим бюро и соответствующими правительственными организациями, международными организациями и научно-исследовательскими институтами.

Как следует из определения, приведенного выше в Главе 1, измерение энергетической устойчивости должно учитывать экономические, экологические и социальные аспекты энергетических систем. В связи с этим для анализа используются не только данные, полученные в энергетическом секторе Кореи, Китая, Японии и России, но и статистические данные, полученные в социально-экологической сфере.

Во-первых, нужно помнить, что мы имеем дело с данными из разных секторов (экономика, социальная сфера и экологический сегмент) для стран с разными социально-экономическими особенностями. Эти данные могут быть записаны на общей основе для разных стран или измерены по разным критериям и с применением разных единиц измерения. Чтобы свести к минимуму проблемы, связанные с различиями в стандартах и единицах измерения, мы предпочитаем использовать данные, собранные международными организациями, такими как Всемирный банк, UN

Comtrade, МЭА и ОЭСР. В случае отсутствия таких данных будет использоваться официальная статистика каждого правительства, которая калибруется по стандартам и единицам измерения международных организаций. Разница между этими стандартами и единицами измерения в основном обнаруживается в статистике, связанной с энергетикой.

Проблема, которую следует рассматривать вместе с проблемой выбора единиц измерения, связана с определением измерительного стандарта. В этом состоит частичное различие между статистикой Национальных статистических бюро и правительств. Например, в Корее и Японии официальная статистика по энергетике отделяет ВИЭ от других источников энергии и отражает их в энергетическом балансе. С другой стороны, в Китае таблица энергетического баланса в рамках официальной статистики не отличает сектор ВИЭ от других. Вследствие этого мы используем таблицу энергетического баланса МЭА, а не национальную статистику по Китаю и России. В Корее и Японии классификационный стандарт совпадает с международным стандартом. Аналогичным образом можно охарактеризовать и ситуацию с показателем социального распределения.

Другой вопрос, который следует учитывать, – это длина данных. Как уже упоминалось в Главе 1, мы прибегаем к коинтеграционному анализу с использованием данных временных рядов в качестве основного эмпирического метода оценки, поэтому важна достаточная длина рассматриваемых временных рядов. Как показано в [Таблице 3-1-1], данные временных рядов имеют различную длину для каждой переменной. В целом Корея и Япония демонстрируют стабильную длину. Статистические данные этих двух стран собираются в соответствии со стандартами международного сообщества, и они стабильно сохраняют свою ценность в течение длительного периода времени.

С другой стороны, в Китае есть случай пропуска значения в данных временных рядов или изменения метода агрегирования. Российские данные имеют другую проблему. В отличие от Китая, статистическое бюро России предоставляет непрерывные и стабильные данные. Проблема, однако, заключается в том, что существует исторический разрыв в данных временных рядов для России. Другими словами, можно ли рассматривать значение данных временного ряда «А» до распада Советского Союза в 1991 году и последующие значения как идентичные данные?

Советский Союз и Россия – это физически разные страны. Произошло изменение численности населения, а также изменилась площадь территории страны. Конечно, есть некоторые статистические данные, которые не затрагиваются этими изменениями, однако мы видим, что начиная с 1991 года в данных временных рядов наблюдался разрыв. Кроме того, трудно найти данные о России до 1990-х годов в международной статистике, такой как Всемирный банк, МВФ, МЭА, из-за отрыва СССР от западного мира. В случае с Китаем проблема будет решена за счет максимально возможного использования данных международных организаций. Если данные международных организаций отсутствуют, то мы будем применять оценку недостающего значения. Например, розничные цены на бензин рассчитываются с использованием темпов роста цен, предоставленных китайским статистическим бюро на основе существующих данных за 2004–2007 годы. В случае России эта проблема решается путем использования данных 1992 года в оценке временных рядов.

Крупнейшими источниками данных, использованных в нашем исследовании, являются Всемирный банк и Национальные статистические бюро Кореи, Японии, Китая и России. Из общего числа – 26 переменных – Всемирным банком отобраны 7 переменных, а 10 переменных отобраны Национальными статистическими бюро данных стран. Переменные, полученные от Всемирного банка, являются в основном экономическими переменными. К экономическим переменным Всемирного банка относятся: ВВП на душу населения, отношение торговли к ВВП, среднегодовой обменный курс, доля высокотехнологичного экспорта. Кроме того, такие экологические переменные, как потребление энергии на душу населения, потребление электроэнергии на душу населения и выбросы CO₂ на душу населения, также были получены из статистических данных Всемирного банка.

Исходя из официальной статистики Национальных статистических бюро мы приняли 10 типов переменных. Как уже упоминалось ранее, чтобы свести к минимуму ошибки, которые могут возникнуть из-за различий в стандартах и единицах сбора статистических данных, мы предпочитаем использовать статистику международных организаций, таких как Всемирный банк, ОЭСР и другие. Тем не менее такие данные, как социальные показатели отдельных стран или внутренние розничные цены на топливо, имеются только в Национальных статистических бюро. Социальные

показатели включают данные, связанные с доходами, такие как коэффициент Джини, определяющий уровень неравенства в обществе; доход по квинтильной группе, указывающий абсолютную величину дохода по классам доходов; общая оценочная численность населения. Также из Национальных статистических бюро стран берутся данные о конкретных структурах потребления домашних хозяйств, таких как общие расходы на потребление домашних хозяйств и расходы на потребление энергии.

Кроме того, из информации Национальных статистических бюро используются переменные, связанные с энергетическим сектором: производство энергии на душу населения и доля в составе ОППЭ. В случае Кореи и Японии используются данные временных рядов в соответствии с международными стандартами. Для Китая и России используются данные, взятые из таблицы энергетического баланса МЭА. Среди этих данных важное место в нашем исследовании занимает доля ОППЭ по источникам. Доля ОППЭ по источникам влияет на различные подотрасли энергетической устойчивости, такие как разнообразие энергобаланса, потребление ископаемого топлива, выбросы CO₂ и импорт ресурсов ископаемого топлива.

Третьим по значимости источником данных является UN Comtrade. Разнообразие импорта и экспорта ископаемых видов энергии в Корею, Китае, Японии и России анализируется с использованием детальной статистики импорта и экспорта сырой нефти, природного газа и угля. Кроме того, на основе детальных данных об экспорте и импорте продукции, связанной с ВИЭ четырех стран, изучается международная конкурентоспособность этих стран в секторе ВИЭ. Статистические данные, показывающие торговлю партнера, можно было бы получить из таможенных данных каждой страны. Однако здесь мы используем информацию Comtrade для обеспечения взаимной согласованности данных между странами. Данные о торговле ископаемыми источниками топлива были найдены для сырой нефти (HS code 2709), природного газа (HS code 2711) и угля (HS code 2701). Единица измерения была установлена в килограммах (кг).

Самая главная переменная, помимо ВВП на душу населения, – это международные цены на нефть. Международные цены на нефть влияют на различные субкомпоненты энергетической устойчивости, такие как потребление энергии на душу населения, энергетический баланс, выбросы CO₂, доступность энергии и

энергоэффективность. Здесь мы используем международную среднегодовую цену на сырую нефть из статистического обзора «BP World Energy 2016». Источник и длина временных рядов переменных приведены в [Таблице 3-1-1].

[Таблица 3-1-1] Список переменных с их источниками и функциями

№.	Код	Описание	Единица	Длина	Источник
1	gdp_pc	ВВП на душу населения	Constant 2010 USD	60 - 16 ^a	WB
2	oprice	цена сырой нефти	USD, 2015	60 - 16	BP
3	euse_pc	Потребление энергии на душу населения	кг	71 - 15 ^b	WB
4	tpes_s	Состав ОППЭ по источникам	%	68 - 15 ^c	NSB, IEA
5	prod_pc	Производство первичных источников энергии на душу населения	кг	81 - 15	NSB ^c
6	o_imp ^k	Объем импорта нефти по странам	кг / USD	00 - 16	comtrade
7	g_imp ^k	Объем импорта природного газа по странам	кг / USD	00 - 16	comtrade
8	c_imp ^k	Объем импорта угля по странам	кг / USD	00 - 16	comtrade
9	pop	Население	человек	60 - 15	NSB
10	trade_s	доля торговли в ВВП	% к ВВП	60 - 15 ^a	WB
11	excr	Официальный валютный курс	LCU к USD	60 - 16	WB
12	htex	Экспорт высоких технологий	% экспорта произведенной продукции	88 - 15 ^d	WB
13	tfp	совокупная факторная производительность	2011=1	60 - 14 ^e	FRED
14	gini	коэффициент Джини	Индекс	90 - 16	NSB ^f
15	cpi	индекс потребительских цен	Индекс	75 - 16	NSB
16	fprice_dom	Внутренние цены на бензин ^j	LCU / Литр	87 - 16 ^g	NSB
17	expd_t	Общие потребительские расходы (в среднем за месяц)	LCU	90 - 15	NSB
18	expd_e	Общий расход энергии (в среднем за месяц)	LCU	90 - 15	NSB
19	income_1st	Доход по квинтильной группе (1-я группа) ⁱ	LCU	90 - 16	NSB
20	income_5th	Доход по квинтильной группе (5-я группа)	LCU	90 - 16	NSB
21	chkr	Классификация точек дросселя	Номинальный	2016	Автор
22	crisk	Риск страны	Номинальный	2016	ОЭСР
23	res_exp	Экспорт товаров связанных с ВИЭ по странам	USD	88 - 16	Comtrade
24	res_imp	Импорт товаров связанных с ВИЭ по странам	USD	88 - 16	Comtrade

25	co2_pc	Выбросы CO2 на душу населения	метрическая тонна	60 – 15 ^h	WB
26	e_consum_pc	Потребление электроэнергии на душу населения	кВтч	71 – 14 ^b	WB
27	prod_oil	Общий объем добычи нефти	млн тнэ	90-16	IEA
28	prod_gas	Общий объем добычи газа	млн тнэ	90-16	IEA
29	prod_coal	Общий объем добычи угля	млн тнэ	90-16	IEA
30	resv_oil	Доказанный запас нефти	млн тнэ	97-16	BP
31	resv_gas	Доказанных запасов газа	млн тнэ	97-16	BP
32	resv_coal	Доказанных запасов угля	млн тнэ	97-16	EIA
33	invst_fossil	Капитальные вложения в ископаемую энергетику	Триллион рублей	95-16	NSB
34	Comm_exp	Общий объем экспорта сырьевых товаров	Миллиард долларов	96-17	Comtrade

a: 1989-2016 для России

b: 1990-2016 для России

c: 1990-2016 для России и Китая

d: 1992-2015 для Китая, 1996-2015 для России

e: 1990-2016 для России

f: Коэффициент Джини в Китае взят из “Ravallion, M. and Chen, S. (2007) for the years 1981-1996” и данные Национального статистического управления за 1997-2015 годы. В случае Японии не существует доступного коэффициента Джини для временных рядов, поэтому он заменен на множитель квинтильного дохода. g: 1990-2016 for Japan, 1995-2015 для Китая, 1992-2016 для России

h: 1992-2014 для России

i: в случае с Китаем децильный доход преобразуется в квинтильный доход

j: На основании 2004-2007 гг. Китайской энергетической книги версии 9, Китай рассчитывается с использованием индекса цен на топливо в статистическом ежегоднике Китая по категориям товаров по регионам.

k: Объем экспорта по странам в случае России

В [Таблице 3-1-1] определен максимальный период переменных, которые мы будем использовать. Переменные имеют продолжительность от 23 лет (1992–2015) до 55 лет (1960–2016) для разных стран. В данном исследовании мы не можем использовать все максимальные длины этих переменных. Это связано с тем, что длина переменных, используемых в качестве независимых переменных, будет ограничена в зависимости от длины анализируемой зависимой переменной и характеристик отдельных переменных временных рядов. Мы допускаем критику размера выборки данных. Однако, согласно результатам Лахири и Маминги [92], Отеро и Смит [118], Чемберс [39], интервал временных рядов является более важным, чем частота временных рядов в эмпирическом анализе с использованием $I(1)$ стохастических

переменных, таких как тест единичного корня и модель регрессии коинтеграции. С учетом того, что существуют исследования, в которых проводился эмпирический анализ, такой как тест единичного корня, тесты коинтеграции и оценка регрессионных моделей коинтеграции с использованием данных за период около 20 лет, минимальная длина переменных, использованных в нашем исследовании, достаточна для получения значимой оценки результата. Длина конкретной модели оценки обсуждается далее, в разделе 3.2.

Цель разработки модели исследования состоит в том, чтобы измерить, как выгоды от сотрудничества между четырьмя странами СВА будут распределяться по возможным сценариям. Для этого мы начнем с определения характеристической функции, которая представляет собой систему индексов энергетической устойчивости каждой страны, и оценим коэффициенты ее подкомпонентов.

В настоящем исследовании предполагается, что страна является главным действующим лицом, субъектом сотрудничества. Страна – это огромная система, которая включает в себя различные социально-экономические структуры, различные виды экономической деятельности и структуры интересов. В силу такой многомерности практически невозможно смоделировать единицу, отражающую подструктуры страны. Кроме того, предложение и потребление энергии взаимосвязаны между отраслями и их влияние также имеет место во всех секторах. Следовательно, необходимо установить шкалу анализа на соответствующую единицу или уровень в соответствии с целью анализа. Таким образом, страна – абстрактное единство – устанавливается в качестве объекта выбора и уровня измерения выгод от сотрудничества. По этой причине мы предполагаем, что отдельные страны, которые выступают субъектами сотрудничества, являются рациональными экономическими (гомоекономическими) субъектами, как определено в Главе 1.

В нашем исследовании преимущества энергетического сектора стран СВА рассматриваются в двух аспектах. Во-первых, мы определяем энергетическую безопасность стран СВА как благо в энергетическом секторе. Другими словами, мы определяем кооперативную выгоду в энергетическом секторе страны i как $v(i)$. Операционными переменными являются объем российского экспорта сырой нефти

(Q_{oil}) и экспортная цена (P_{oil}), а также объем российского экспорта природного газа (Q_{gas}) и экспортная цена (P_{gas}).

Энергетическую безопасность стран-импортеров энергоносителей (Республика Корея, Япония, Китай) определяем следующим образом:

$$v(i) = ESC_{import,i} = \frac{(SD' + SS' + EF')}{3} \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-1-1]}$$

Выгода от сотрудничества $v(i)$ страны i определяется как энергетическая безопасность, состоящая из системного разнообразия, системной стабильности и экономической эффективности национальной энергетической системы.

Системное разнообразие определяется следующим образом:

$$SD (\text{System Diversity}) = \frac{(D_{import} + D_{supply})}{2} \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-1-1-1]}$$

Разнообразие энергетической системы показывает, сколько различных источников энергии поступает через разнообразные маршруты поставок в общий объем энергоснабжения отдельных стран. Таким образом, разнообразие энергетической системы в основном состоит из разнообразия импорта энергии и энергетического баланса. Мы будем использовать индекс разнообразия Shannon – Wiener для измерения разнообразия импорта энергии и энергетического баланса.

Индекс разнообразия Shannon – Wiener, используемый для измерения видового разнообразия в экосистеме, принимает во внимание как долю видов, так и их относительные пропорции. Здесь мы можем измерить разнообразие импорта энергии и разнообразие энергетического баланса, заменив экосистему структурой импорта энергии и ОППЭ (т. е. энергетическим балансом) страны i , а также заменив отдельные виды на страны-экспортеры энергии и отдельные первичные источники энергии. Чтобы показать разнообразие импорта энергии D_{trade} и разнообразие энергетического баланса D_{supply} , индекс разнообразия Shannon – Wiener модифицируется следующим образом:

$$D_{import} = \omega_{oil} \cdot D_{oil} + \omega_{gas} \cdot D_{gas} + \omega_{coal} \cdot D_{coal} \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-1-1-1-1]},$$

где

$$D_j \quad - \quad \text{разнообразие импорта энергетического ресурса } j = (-\sum_i^N s_i \ln s_i) \cdot (-\sum_k^N r_k \ln r_k);$$

$-\sum_i^N s_i \ln s_i$ – разнообразие импорта энергетического ресурса j на уровне страны;

s_i – доля экспортирующей страны i в общем объеме импорта энерг. ресурса j ;

$-\sum_k^N r_k \ln r_k$ – разнообразие импорта энергетического ресурса j на уровне региона;

r_i – доля экспортирующего региона i в общем объеме импорта энерг. ресурса j ;

ω_i – доля энергетического ресурса i в ОППЭ.

$$D_{Supply} = -\sum_i^N k_i \ln k_i \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-1-2}],$$

где k_i – доля энергетических ресурса i в ОППЭ.

Далее, стабильность энергетической системы показывает, насколько стабильна структура поставок энергосистемы отдельной страны. Поставки энергоносителей в национальную экономику можно условно разделить на внутреннее производство и импорт. Наше исследование предполагает, что стабильность поставок энергии отечественного производства является полной. Стабильность импорта энергоносителей оценивает стабильность маршрутов импорта сырой нефти и природного газа и выражается следующим образом:

$$SS (\text{System Stability}) = (\omega_{oil} STR_{oil} + \omega_{gas} STR_{gas}) \cdot (1 - ID_{import}) \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-2}]$$

$$STR_{oil} = \sum_{i=1}^N (CHPK_{i,oil} \cdot CRISK_{i,oil} \cdot SHARE_{i,oil}) \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-2-1}],$$

где

$CHPK_{i,oil}$ – балл-узких мест нефть-экспортирующей страны i ;

$CRISK_{i,oil}$ – риск-стран нефть-экспортирующей страны i ;

$SHARE_{i,oil}$ – доля нефть-экспортирующей страны i в общем объеме импорта нефти;

ω_{oil} – относительная доля нефти в ОППЭ.

$$STR_{gas} = \sum_{i=1}^N (CHPK_{i,gas} \cdot CRISK_{i,gas} \cdot SHARE_{i,gas}) \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-2-2}],$$

где

$CHPK_{i,gas}$ – балл-узких мест газ-экспортирующей страны i ;

$CRISK_{i,gas}$ – риск-стран газ-экспортирующей страны i ;

$SHARE_{i,gas}$ – доля нефть-экспортирующей страны i в общем объеме импорта газа;

ω_{gas} – относительная доля газа в ОППЭ.

Стабильность маршрутов импорта сырой нефти и газа представлена взвешенной суммой странового риска и «удушающего» балла каждой страны-экспортера, взвешенной по параметру энергетической независимости. Детальный метод расчета описан в разделе 3.2 вместе с фактическими данными.

Экономическая эффективность энергоснабжения упрощается за счет общей стоимости импорта энергии в ВВП. В этом смысле, учитывая цель нашего исследования, в котором анализируется влияние экзогенных изменений, вызванных энергетическим сотрудничеством, на энергетическую устойчивость отдельных стран, стоимость поставок отечественной энергии рассматривается как фиксированная переменная и в качестве переменной используется только стоимость импорта энергии.

$$EF (Economic Feasibility) = 1 - \left(\frac{C_{imp}}{gdp} \cdot ID_{import} \right) \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-3}],$$

где C_{imp} – общий расход на импорт энергоресурсов.

$$ID_{import} = \frac{eimpt_pc}{euse_pc} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-3-1}],$$

где

$eimpt_pc$ – общий объем импорта энергоресурсов на душу населения;

$euse_pc$ – потребление энергии на душу населения.

В соответствии с определением, приведенным в Главе 1, энергетическая безопасность России определяется следующим образом:

$$v(i) = ESC_{export,i} = \frac{(SD' + SS' + EF')}{3} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-2}]$$

Выгода от сотрудничества $v(i)$ страны-экспортера i , которая определена как энергетическая безопасность, зависит от стабильности производства и экспорта энергоресурсов (SS_i), экономической эффективности производства и экспорта энергоресурсов (EF_i), и также разнообразия экспорта и энергобаланса (SD_i). Для простоты анализа здесь мы будем иметь дело только с ископаемыми топливными ресурсами России: сырой нефтью, природным газом и углем.

Стабильность производства и экспорта энергоресурсов определяется следующим образом:

$$SS(System Stability) = \frac{(prod'_{fossil} + rpratio'_{fossil} + exvol'_{fossil})}{3} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-2-1}],$$

где $prod_{fossil}$ – общий объем производства ископаемых энергетических ресурсов,

$$rp_{ratio_{fossil}} = \left(\frac{prod_{oil}}{reserve_{oil}} \right) \cdot \left(\frac{prod_{oil}}{prod_{fossil}} \right) + \left(\frac{prod_{gas}}{reserve_{gas}} \right) \cdot \left(\frac{prod_{gas}}{prod_{fossil}} \right) + \left(\frac{prod_{coal}}{reserve_{coal}} \right) \cdot \left(\frac{prod_{coal}}{prod_{fossil}} \right) \dots \dots \dots [форм. 3-1-2-1-1],$$

где

$prod_{oil}$ – общая добыча нефти;

$prod_{gas}$ – общая добыча газа;

$prod_{coal}$ – общая добыча угля;

$reserve_{oil}$ – доказанный запас нефти;

$reserve_{gas}$ – доказанный запас газа;

$reserve_{coal}$ – доказанный запас угля;

ex_{vol}_{fossil} – общий объем экспорта ископаемых энергетических ресурсов.

Стабильность производства энергии состоит из общей добычи ископаемых энергетических ресурсов ($prod_{fossil}$), резерва на производственные отношения ($rp_{ratio_{fossil}}$) и общего объема экспорта ископаемых энергетических ресурсов (ex_{vol}_{fossil}).

Производство ископаемых энергетических ресурсов ($prod_{fossil}$) – это сумма добычи сырой нефти, природного газа и угля в пересчете на калории. Коэффициент RP ($rp_{ratio_{fossil}}$) – это отношение между доказанными запасами энергоресурсов и выработкой, представляющее собой запасы сырой нефти, газа и угля, выявленные в год t , деленные на выработку года t . Таким образом, коэффициент RP показывает, как долго производство энергии может продолжаться на уровне выбранного года. Общий экспорт ископаемых энергетических ресурсов (ex_{vol}_{fossil}) – это сумма экспорта сырой нефти, природного газа и угля на основе калорий.

Экономическая эффективность производства энергоресурсов определяется следующим образом:

$$EF_{prod} = \frac{(efficiency_{prod} + gdp_{energy_{exp}} + com_{energy_{exp}})}{3} \dots \dots \dots [форм. 3-1-2-2]$$

Экономическая эффективность производства и экспорта энергоресурсов складывается из эффективности производства энергоресурсов, доли экспорта

энергоресурсов к ВВП и доли энергоресурсов в общем объеме экспорта сырьевых товаров. Эффективность производства – это объем выпуска продукции относительно объема капитальных вложений в производство энергии. Добыча и переработка энергоресурсов – одна из самых капиталоемких отраслей промышленности. Таким образом, мы можем выразить эффективность производства как производство энергии по сравнению с капитальными вложениями в энергетический сектор следующим образом:

$$efficiency_{prod} = \frac{prod_{fossil}}{invst_{fossil}} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-2-2-1}],$$

где общий объем производства $prod_{fossil}$ – это общий объем производства ископаемых энергетических ресурсов на калорийной основе, а общий объем инвестиций в энергетику ($invst_{fossil}$) – это сумма капитальных вложений в отрасли нефти, природного газа и угля в миллиардах рублей.

Доля экспорта энергоресурсов в ВВП является косвенной переменной, отражающей важность экспорта энергоресурсов для российской экономики. Доля энергоресурсов в общем объеме экспорта отражает экономическую значимость энергетической отрасли во внешней торговле, которая выражается как отношение общего объема экспорта сырой нефти, природного газа и угля к общему объему экспорта сырьевых товаров.

Разнообразие экспорта энергоресурсов можно выразить следующим образом, используя предыдущий индекс разнообразия импорта:

$$SD(\text{System diversity}) = \frac{(D_{supply} + D_{export})}{2} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-2-3}],$$

$$D_{export} = \omega_{oil} \cdot D_{oil} + \omega_{gas} \cdot D_{gas} + \omega_{coal} \cdot D_{coal} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-2-3-1}],$$

где

D_j – разнообразие экспорта энергетического ресурса $j = (-\sum_i^N s_i \ln s_i) \cdot (-\sum_k^N r_k \ln r_k)$;

$-\sum_i^N s_i \ln s_i$ – разнообразие экспорта энергетического ресурса России на уровне страны;

s_i – доля импортирующей страны i в общем объеме экспорта энергетического ресурса j ;

$-\sum_k^N r_k \ln r_k$ – разнообразие экспорта энергоресурса России на уровне региона;

r_k – доля экспортирующего региона k в общем объеме импорта энергоресурса j ;

ω_i – доля энергетического ресурса i в общем объеме экспорта энергоресурсов.

Разнообразие энергетической системы России состоит из разнообразия энергоснабжения и экспорта энергоносителей. Иными словами, по мере увеличения разнообразия за счет экспорта в различные страны-потребители и увеличения разнообразия внутреннего энергобаланса повышается энергетическая безопасность России.

Теперь распространим критерии оценки выгод от сотрудничества на энергетическую устойчивость. Основными операционными переменными расширенной модели энергетического сотрудничества являются объем экспорта нефти (Q_{oil}), экспортная цена (P_{oil}), объем экспорта природного газа (Q_{gas}), экспортная цена (P_{gas}) и доля ОППЭ по источникам. Как показано в Главе 1, выгода в энергетическом секторе, определяемая как энергетическая устойчивость страны i , может быть выражена следующим образом:

$$v(i) = ESS = \omega_{eq}(ESC + EES + ESO) \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-3}]$$

$$\omega_{eq} = 1 - stdev(ESC, EES, ESO)$$

Энергетическая устойчивость складывается из энергетической безопасности, энерго-экологической устойчивости и энерго-социальной устойчивости энергетической системы. Важным моментом здесь является то, что баланс вышеперечисленных трех областей является наиболее важным условием энергетической устойчивости, о чем уже было сказано в Главе 1. Для того чтобы отразить концепцию баланса в энергетической устойчивости, необходимо использовать метод суммирования, рассматривающий баланс, а не простую сумму уравнений или среднее значение в процессе измерения. Для этого мы умножим сумму этих трех величин на стандартное отклонение значений энергетической безопасности, экологической устойчивости и социальной устойчивости как фактора баланса. Выражение энергетической безопасности остается прежним, а энерго-экологическая устойчивость выражается следующим образом:

$$EES = \frac{(L'_{RES} - IMCT'_{eco} - EFF'_e)}{3} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-3-1}]$$

Энерго-экологическая устойчивость национальной энергетической системы состоит из уровня развития ВИЭ, воздействия энергетической системы на окружающую среду и эффективности использования энергии.

Уровень развития ВИЭ выражается следующим образом:

$$L_{RES}(\text{уровень развития ВИЭ}) = \frac{(RES_{TPES} + RES_{RCA})}{2} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-3-1-1}],$$

где

RES_{TPES} – доля ВИЭ в ОППЭ;

RES_{RCA} – RCA index товаров, связанных с ВИЭ;

$IMCT_{eco}$ – выбросы CO₂ на душу населения;

EFF_e (Энергоёмкость) = $\frac{EUSE_{pc}}{GDP_{pc}}$;

$EUSE_{pc}$ – потребление энергии на душу населения;

GDP_{pc} – ВВП на душу населения.

Уровень развития ВИЭ складывается из доли ВИЭ в ОППЭ и международной конкурентоспособности продукции, связанной с ВИЭ. Доля ВИЭ в ОППЭ будет являться показателем, оценивающим степень развития ВИЭ с точки зрения производства энергии. Кроме того, возобновляемая энергетика – это область, в которой разрабатываются и применяются новые технологии, а соответствующее оборудование конкурирует как товар на мировом рынке. Таким образом, международная конкурентоспособность продукции, связанной с ВИЭ, может быть использована в качестве косвенного показателя для измерения уровня развития технологий и производственных мощностей ВИЭ в отдельных странах.

Экологическое воздействие энергетических систем относится к выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду в процессе использования энергии. Загрязнители окружающей среды, образующиеся в процессе использования энергии, включают углекислый газ, метан, оксиды азота, ТЧ (твердые частицы)-10 и ТЧ-2,5. Однако нецелесообразно включать все эти загрязнители в качестве переменных величин. Кроме того, существует реальная проблема, заключающаяся в том, что трудно получить данные, имеющие достаточную длину. В связи с этим мы используем выбросы углекислого газа, как наиболее репрезентативного парникового газа, в качестве косвенного показателя воздействия энергетических систем на окружающую среду. Также эффективность использования энергии измеряется в терминах потребления энергии. Энергоемкость является наиболее репрезентативным показателем эффективности национальной энергетической системы. Она будет оцениваться с использованием расчетного энергопотребления через коинтеграционный

анализ и темпы роста ВВП по энергетическим планам или долгосрочным перспективам экономического роста каждой страны.

Социальная устойчивость энергетической системы указывает на то, что энергетические услуги могут предоставляться одинаково всем членам общества. Таким образом, социальная устойчивость складывается из оценки абсолютного уровня, на котором члены общества могут использовать энергоуслуги, уровня цен на энергоуслуги и разницы в уровне использования энергоуслуг между людьми. Исходя из этой концепции социальная устойчивость энергетических услуг может быть описана следующей формулой:

$$ESO = \frac{(ACC' + AFF' - EGAP')}{3} \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-1-3-2]}$$

Доступность энергоуслуг (*ACC*) измеряется тем, насколько легко люди той или иной страны могут пользоваться энергетическими услугами. В целом для перекрестных исследований доступность к энергоуслуге оценивается по доле населения, использующего нетвердое топливо. Однако соотношение потребителей нетвердого топлива не является подходящим параметром для анализа энергетической доступности в таких странах, как Корея, Япония и Россия, поскольку доступность нетвердого топлива в Корее и Японии уже достигла 100% в 1990-е годы, а в России этот показатель составил 99,9%. При этом во многих районах мира отсутствуют надежные и безопасные поставки энергоносителей, около 2 млрд человек не имеют доступа к электричеству [8]. С учетом этого в нашем исследовании потребление электроэнергии на душу населения используется в качестве косвенной переменной для абсолютного доступа к энергии, а не для определения коэффициента потребления нетвердого топлива.

Адекватность в использовании энергетических услуг (*AFF*) означает среднюю экономическую нагрузку на людей при использовании энергетических услуг. Степень экономической нагрузки самой стоимости энергоуслуги может быть выражена как отношение дохода 1-й квинтильной группы к розничной цене бензина. Назовем это доход-адекватностью использования энергетических услуг. С другой стороны, взаимосвязь между темпами роста розничных цен на энергоносители и темпами роста цен на другие товары отражает относительную адекватность энергоуслуг.

$$AFF(\text{адекватность энергоуслуги}) = AFF_{income} * AFF_{cpi} \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-1-3-2-1],}$$

$$AFF_{income}(\text{доход} - \text{адекватность энергоуслуги}) = \left(\frac{income_{1st}}{fprice_{dom}} \right) / 100 \dots [\text{форм. 3-1-3-2-1-1}],$$

где

$Income_{1st}$ – среднемесячный доход 1-й квинтильной группы;

$fprice_{dom}$ – внутренние розничные цены на топливо.

$$AFF_{cpi}(\text{относительная адекватность}) = \left(1 + \frac{\Delta cpi_t}{1 + \Delta fprice_{dom}} \right) \dots [\text{форм. 3-1-}$$

3-2-1-2],

где cpi – индекс потребительских цен.

Последним элементом, составляющим социальную устойчивость энергетической системы, является энергетический разрыв. Разрыв в потреблении энергии по социальным классам – это своего рода социальное неравенство, выявленное в энергетическом секторе. В отличие от других потребительских товаров, энергетические услуги имеют характеристики товаров первой необходимости независимо от класса дохода. Как следствие, решение проблемы разрыва в потреблении энергии по доходному классу является важной задачей для достижения социальной устойчивости энергетической системы. Таким образом, мы определяем энергетический разрыв следующей формулой:

$$EGAP = QINC_P * QEXP_EXP \dots [\text{форм. 3-1-3-2-2}],$$

где $QINC_P$ – относительная цена топлива по квинтильной группе доходов:

$$QINC_P = \left(\left(\frac{fprice_{dom}}{income_{1st}} \right) - \left(\frac{fprice_{dom}}{income_{5th}} \right) \right) * 100 \dots [\text{форм. 3-1-3-2-2-1}]$$

$QEXP_EXP$ – разрыв нагрузки энергопотребления между доходными группами населения:

$$QEXP_EXP = \left(\frac{energy_{cexp_{1st}}}{gross_{cexp_{1st}}} \right) - \left(\frac{energy_{cexp_{5th}}}{gross_{cexp_{5th}}} \right) \dots [\text{форм. 3-1-3-2-2-2}],$$

где

$energy_{cexp_{1st}}$ – расходы на потребление энергии 1-й квинтильной группы доходов;

$gross_{cexp_{1st}}$ – валовые потребительские расходы 1-й квинтильной группы доходов;

$energy_cexp_{5th}$ – расходы на потребление энергии 5-й квинтильной группы доходов;

$gross_cexp_{5th}$ – валовые потребительские расходы 5-й квинтильной группы доходов.

Относительная цена энергоуслуг по квинтильной доходной группе представляет собой разницу расходов на энергоуслуги в зависимости от уровня дохода. С учетом того, что потребление энергоуслуг имеет своего рода понижающую жесткость, то чем больше разница в относительных ценах на энергоуслуги по доходным группам, тем больше энергетический разрыв по доходам. Мы будем использовать разницу между относительной ценой энергии домохозяйства с доходом 1-го квинтиля и относительной ценой энергии домохозяйства с доходом 5-го квинтиля.

Разрыв в нагрузке потребления энергии по квинтильным доходным группам измеряет разницу в доле расходов на потребление энергии в общем объеме расходов на потребление по квинтильным доходным группам. Разрыв между 1-й и 5-й квинтильными доходными группами в доле расходов на потребление энергии к общим расходам на потребление будет объяснять разницу в нагрузке на потребление топлива по доходам.

Мы охарактеризовали выгоду энергетического сектора, определяемую как энергетическая безопасность, и выгоду энергетического сектора, определяемого как энергетическая устойчивость стран СВА.

Валовая выгода, которая может быть получена за счет энергетического сотрудничества Кореи, Японией, Китаем, Россией, приведена как $v_{ESC}(S) = \sum_{i \in S-r} ESC_i + ESC_r$ или $v_{ESS}(S) = \sum_{i \in S-r} ESS_i + ESS_r$. Другими словами, это сумма выгоды Кореи, Китая и Японии и сумма выгоды России в энергетическом секторе на основе энергетической безопасности как один из видов общей валовой выгоды. Сумма выгоды Кореи, Китая и Японии и сумма выгоды России в энергетическом секторе, основанные на энергетической устойчивости, – это еще один вид валовой выгоды от энергетического сотрудничества. В разделе 3.2 мы спроецируем индексы этих двух видов выгоды, используя фактические данные, и составим их в предсказуемой форме по заданным сценариям с использованием эмпирического анализа.

В следующем разделе мы рассмотрим энергетическую устойчивость Кореи, Китая, Японии и России и оценим коэффициенты соответствующих субфакторов. Компоненты и параметры энергетической безопасности, энерго-экологической устойчивости и энерго-социальной устойчивости будут рассчитываться с использованием описанных выше данных, а некоторые переменные будут оцениваться статистически.

3.2 Оценка прогноза энергетической устойчивости Республики Корея, Японии, Китая и России

В этом разделе мы проведем оценку энергетической устойчивости Кореи, Китая, Японии и России с использованием статистических данных и модели энергетической устойчивости, представленных в разделе 3.1, а также проведем эмпирический анализ для последующего составления прогноза.

Прежде всего мы оцениваем энергетическую безопасность таких стран-импортеров энергоносителей, как Корея, Япония и Китай, а также энергетическую безопасность России. Как уже отмечалось в предыдущей главе, энергетическая безопасность в общепринятом смысле – это концепция, ориентированная на потребителя¹⁴, поэтому мы отдельно определили понятие энергетической безопасности России как страны-производителя и экспортера энергоресурсов.

3.2.1 Оценка энергетической безопасности стран-импортеров энергоносителей и расчет коэффициентов

3.2.1.1 Потребление энергии на душу населения

Мы оцениваем потребление энергии на душу населения, которое является наиболее важным, основополагающим в нашем исследовании. Как показано на [Рисунке 3-1-17], потребление энергии на душу населения является ключевой переменной, которая влияет на большинство субфакторов в нашей модели исследования. Здесь мы оцениваем потребление энергии на душу населения в Корею,

¹⁴ Международное энергетическое агентство (МЭА) определяет энергетическую безопасность как «непрерывную физическую доступность по доступной цене при уважении экологических проблем».

Китае и Японии с помощью простого коинтеграционного анализа. Общее описание модели коинтеграции приведено в Главе 1.

Рассмотрим основную долгосрочную функцию потребления энергии, которую можно выразить следующей формулой¹⁵:

$$leuse_pc_t = \beta_0 + \beta_1 lgdp_pc_t + \beta_2 lprice_t + \epsilon_t \dots\dots\dots \text{ [форм. 3-2-1]},$$

где $leuse_pc_t$ – потребление энергии на душу населения (лог),

$lgdp_pc_t$ – ВВП на душу населения (лог),

$lprice_t$ – относится к международным ценам на сырую нефть,

ϵ_t – включает все дополнительные факторы, которые влияют на потребление энергии.

Используются данные с 1981 по 2015 год для Кореи, данные с 1975 по 2015 год для Японии и данные с 1971 по 2014 год для Китая.

Как мы уже видели, коинтеграционное отношение может быть определено только между нестационарными I(1) стохастическими переменными с единичным корнем, поэтому единичный корень должен существовать в каждой переменной для выполнения коинтеграционного анализа. В случае теста единичного корня результат и пороговое значение теста отличаются в зависимости от того, включает ли уравнение линейной регрессии линейный тренд. Если линейный тренд не включен в тест единичного корня временного ряда, то возникают ошибки в настройке модели, а результат теста становится ненадежным. Ввиду этого очень важно учитывать линейные

¹⁵ В общем случае функция спроса в модели спроса и предложения является одним из уравнений, составляющих одновременную модель уравнений цены и количества, и не идентифицируется методом наименьших квадратов из-за эндогенности ценовых переменных. Следовательно, после подтверждения условия идентификации, если это условие выполняется, коэффициент оценивается с использованием инструментальных переменных. Однако в случае энергии функция спроса может быть определена методом наименьших квадратов, в отличие от общей модели спроса и предложения, обусловленной спецификой физических характеристик и метода ценообразования энергии. Энергия имеет такую физическую характеристику, что ее невозможно удержать на текущем уровне технологии, так что выход определяется не пересечением кривой спроса и кривой предложения, а спросом по заданной цене в пределах максимального объема производства (объема потребления). То есть все наблюдения о производстве и цене энергии находятся на кривом спросе. В целом цены на энергоносители не определяются эндогенно рынком, но правительство устанавливает политический уровень. Это означает, что цена энергии будет экзогенной по отношению к функции спроса на энергию, приведенной в [форм. 3-2-1]. Таким образом, функция спроса на энергию может быть идентифицирована с помощью регрессионной модели, такой как в [форм. 3-2-1], с использованием наблюдаемого выхода и цены, а ценовая переменная $lprice_t$ не является эндогенной переменной, поэтому не существует эндогенности с термином ошибки.

тренды. В данной работе все переменные имеют очевидные линейные тренды, поэтому они включены во все уравнения регрессии. В качестве основного метода проверки единичного корня применяется наиболее часто используемый тест ADF (Augmented Dickey-Fuller). Нулевая гипотеза теста ADF заключается в том, что «временной ряд имеет единичный корень», а запаздывание и опережение устанавливаются на 8 с помощью автоматического выбора на основе SIC (Schwarz Information Criterion). В результате теста ADF, как показано в [Таблице 3-2-1], нулевая гипотеза не отвергается, поскольку статистика ниже порогового значения при 5% значимости для переменного уровня, однако нулевая гипотеза отвергается для дифференцированной переменной. Таким образом, все временные ряды следуют процессам I (1).

[Таблица 3-2-1] Результат теста единичного корня ADF

Переменные	Ляг			Корея	Япония	Китай
	К	Л	С			
$leuse_{pc_t}$	0	0	1	-0.521199	-0.046771	-1.349965
$lgdp_{pc_t}$	0	0	1	-1.017771	-1.155495	-3.189166
$lprice_t$	0	0	0	-2.298864	-1.661495	-2.168943
$\Delta leuse_{pc_t}$	0	0	0	-4.883216***	-6.063578***	-3.565457***
$\Delta lgdp_{pc_t}$	0	0	1	-4.101895***	-3.979034***	-3.005688**
$\Delta lprice_t$	0	0	0	-5.230484***	-5.777415***	-6.428742***

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

В результате теста единичного корня подтверждается, что все переменные имеют единичный корень, поэтому можно провести следующий шаг – тест коинтеграции. В нашем исследовании тест коинтеграции Johansen с использованием статистики Trace and Maximum Eigenvalue используется для проверки наличия коинтеграционной зависимости между (log) потреблением энергии на душу населения, (log) ВВП на душу населения и (log) ценой энергии.

[Таблица 3-2-2] Тест коинтеграции Johansen для модели потребления энергии на душу населения

страна	Rank(k)	λ_{trace}	5% критическое значение	λ_{max}	5% критическое значение
	0	37.76564	29.79707	21.83487	21.13162
Корея	1	15.93077	15.49471	14.33564	14.26460
	2	1.595126	3.841466	1.595126	3.841466
Япония	0	53.23122	29.79707	33.74224	21.13162

	1	19.48898	15.49471	16.39925	14.26460
	2	3.089730	3.841466	3.089730	3.841466
	0	38.96434	35.01090	20.81068	24.25202
Китай	1	18.15366	18.39771	15.17787	17.14769
	2	2.975794	3.841466	2.975794	3.841466

Примечание: Лаг 2 на AIC

В [Таблице 3-2-2] показаны результаты теста Johansen в отношении коинтеграции Кореи, Японии и Китая для $leuse_{pc_t}$, $lgdp_{pc_t}$ и $lprice_t$. Обе страны – Корея и Япония – имеют два вектора коинтеграция на уровне значимости 5% в статистике Trace и Maximum Eigenvalue. В случае Китая только один вектор коинтеграции существует на уровне значимости 5% в статистике Trace. Другими словами, результаты статистики Trace и Maximum Eigenvalue не совпадают. Однако существует ряд исследований, которые проводят коинтеграционные тесты, основанные только на статистике Trace. Когда эти две статистики дают противоположные результаты, руководство пользователя Reviews 9.0, статистического пакета, используемого в нашем исследовании, рекомендует сбросить векторы коинтеграции или выбрать исследователей¹⁶. Итак, мы считаем, что один вектор коинтеграции существует на уровне значимости 5% в случае Китая.

Подтверждено, что три переменные данных стран имеют единичный корень и следуют процессу $I(1)$, а также существуют векторы коинтеграции между переменными, поэтому можно оценить долгосрочную функцию энергопотребления с помощью оценщиков DOLS. Расчетное уравнение регрессии для получения оценщиков DOLS выглядит следующим образом:

$$leuse_{pc_t} = \beta_0 + \beta_1 lgdp_{pc_t} + \beta_2 lprice_t + \sum_{j=-k}^k \theta_{1,j} \Delta lgdp_{pc_{t-j}} + \sum_{j=-k}^k \theta_{2,j} \Delta lprice_{t-j} + e_t \dots \dots \dots [\text{форм 3-2-1-1}]$$

Речь идет о коэффициентах β_1 и β_2 , которые представляют собой эластичность ВВП на душу населения и цены на энергоносители к потреблению первичной энергии

¹⁶ «Статистика трассировки и статистика максимального собственного значения могут давать противоречивые результаты. В таких случаях мы рекомендуем вам изучить предполагаемый вектор коинтеграции и основывать свой выбор на интерпретируемости отношений коинтеграции» (см. Йохансен, Юзелиус [81]).

на душу населения соответственно. Однако временной лаг и ведущая переменная дифференцированной объясняющей переменной 1-го порядка включены для решения проблемы корреляции рядов и эндогенности между объясняющей переменной и членом ошибки, поэтому коэффициент θ не интерпретируется в целом.

[Таблица 3-2-3] Результат коинтеграционной регрессионной модели потребления энергии на душу населения в Корее, Японии и Китае

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
Корея	$lgdp_{pc_t}$	0.944669 (0.025287)	0.0000	0.994023
	$lprice_t$	-0.099405 (0.017910)	0.0000	
Япония	$lgdp_{pc_t}$	0.373309 (0.030450)	0.0000	0.982439
	$lprice_t$	-0.099294 (0.011815)	0.0000	
Китай	$lgdp_{pc_t}$	0.407520 (0.018860)	0.0000	0.981716
	$lprice_t$	0.198305 (0.037213)	0.0000	

Примечание: цифры в круглых скобках - это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае DOLS, порядок временного лага и ведущей переменной устанавливается равным 2 на основе SIC.

[Таблица 3-2-3] показывает результаты оценки модели коинтеграционной регрессии для потребления энергии на душу населения в Корее, Японии и Китае. В Корее и Японии результаты совпадают с теоретическими ожиданиями. ВВП на душу населения дает положительный эффект на потребление энергии на душу населения, но в Корее увеличение потребления энергии за счет экономического роста выше по сравнению с Японией. С другой стороны, коэффициент международных цен на сырую нефть в обеих странах составляет около -0,09 и относительно менее чувствителен к ВВП на душу населения. В случае Китая, в отличие от теоретического прогноза, коэффициент международной цены на сырую нефть имеет знак +. Однако, учитывая особенности Китая, такие как взрывной рост спроса на энергоносители с 2000-х годов и значительно меньшую зависимость от импорта энергоносителей, нежели у Кореи и Японии, несоответствие этим теоретическим прогнозам не является пагубным уровнем для пригодности модели.

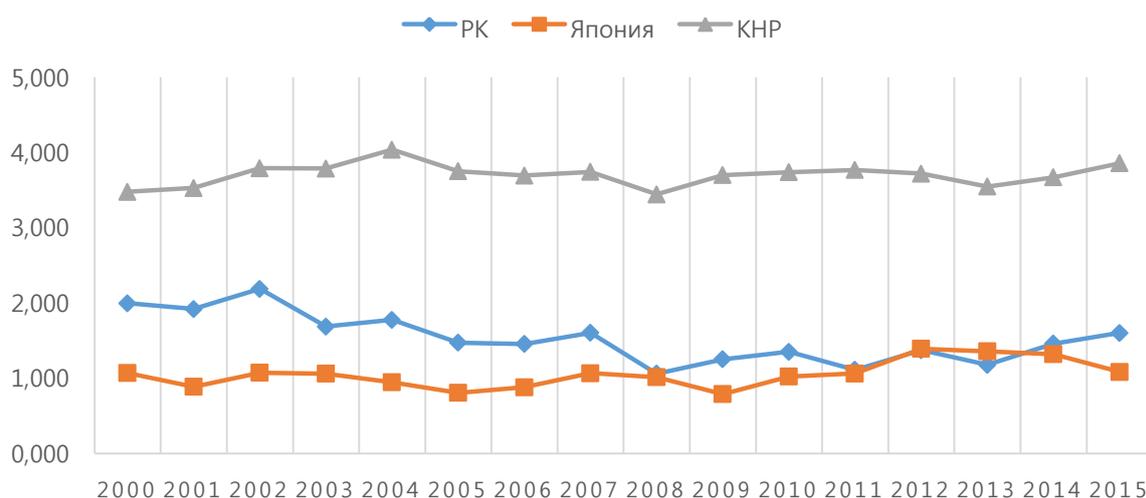
3.2.1.2 Разнообразие энергетической системы

Разнообразие в импорте энергоносителей

Здесь мы будем использовать индекс разнообразия Shannon – Wiener, упомянутый в [форм. 3-1-1-1], как всеобъемлющий и объективный показатель разнообразия импорта нефти, природного газа и угля. Используемые здесь данные были предоставлены UN Comtrade в период с 2000 по 2015 год¹⁷. Сырую нефть искали по коду HS code 2709, природный газ – по коду HS code 2711, а уголь – по коду HS code 2701, единицей измерения является килограмм (кг).

Индекс разнообразия импорта сырой нефти в Корее, Японии и Китае показан на [Рисунке 3-2-1]. Индекс разнообразия импорта сырой нефти в Корее и Японии является аналогичным и низким. Как мы видели в Главе 2 [Рисунок 2-1-4], обе страны зависят от поставок с Ближнего Востока более чем на 80% от общего объема импорта нефти, поэтому такой низкий индекс разнообразия импорта сырой нефти является разумным. Небольшая разница заключается в среднесрочном тренде. В Корее разнообразие импорта нефти неуклонно сокращалось с 2000 по 2013 год, снизившись примерно до 60% от уровня 2000 года. С другой стороны, в Японии индекс разнообразия практически не изменился с 2000 года.

[Рис. 3-2-1] Индекс разнообразия импорта сырой нефти Кореи, Японии и Китая



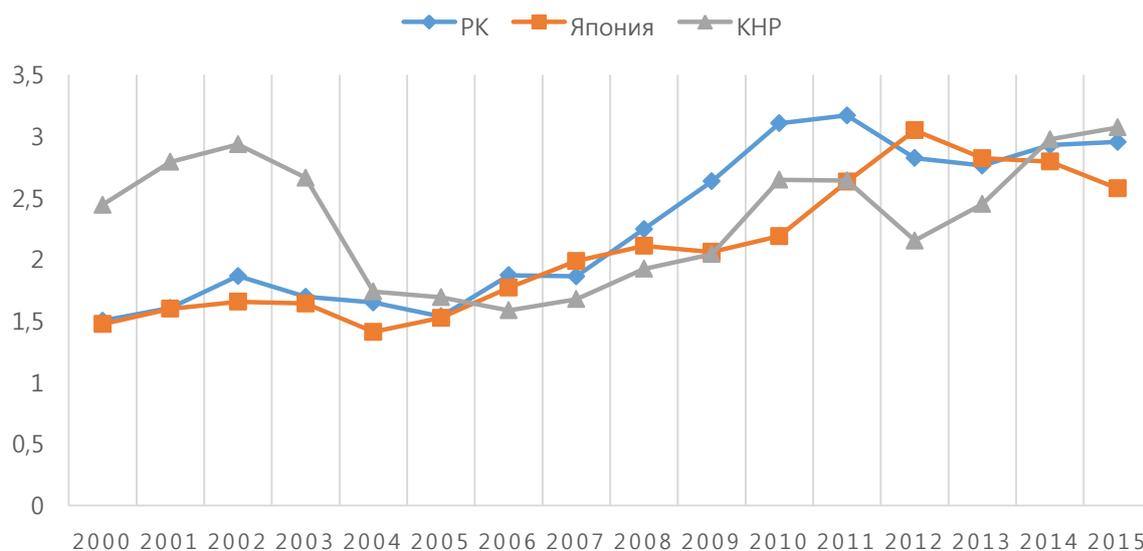
¹⁷ Похоже, что в данных о деталях импорта сырой нефти в Японию за 2015 год, предоставленных Comtrade, есть некоторые упущения в сведениях об импорте с Ближнего Востока. Чтобы компенсировать это, данные за 2015 год заменены данными за 2016 год.

Источник: Автор, основанный на данных UN Comtrade

Китай имеет более чем в два раза больший индекс разнообразия по сравнению с Кореей и Японией. Эта разница обусловлена относительно низкой зависимостью Китая от импорта сырой нефти с Ближнего Востока. Хотя Ближний Восток и считается самым крупным поставщиком китайского нефтяного импорта, но его доля никогда не превышала 50% с 2000 года. Кроме того, вторым по величине регионом-импортером Китая является Африка, имеющая 20-30%. Доля сырой нефти из стран бывшего Советского Союза и Америки также очень высока по сравнению с Кореей и Японией.

В индексе разнообразия импорта природного газа Корея и Япония демонстрируют значительно более высокое значение, чем их индекс разнообразия импорта сырой нефти. В обеих странах индекс разнообразия повышается с середины 2000-х годов. В начале 2000-х годов индекс разнообразия импорта природного газа в обеих странах составлял около 1,5. Этот уровень начал неуклонно расти вплоть до 2005 года, а когда начался импорт российского СПГ в 2009 году, то данный показатель улучшился до 3-балльного уровня и продолжает демонстрировать индекс в диапазоне 2,5 пункта. Разнообразие импорта природного газа этих двух стран лучше, чем разнообразие импорта сырой нефти.

[Рисунок 3-2-2] Индекс разнообразия импорта природного газа Кореи, Японии и Китая



Источник: Автор, основанный на данных UN Comtrade

В случае Кореи зависимость от Ближнего Востока, который является крупнейшим источником импорта на региональном уровне, составляет около 50%, а в Японии Азия занимает около 50% от импорта на региональном уровне. Индекс разнообразия импорта природного газа в Китае значительно изменился: увеличился с 2,4 в 2000 году до 2,936 в 2002 году, но затем резко снизился до 1,587 в 2006 году. С тех пор индекс разнообразия импорта природного газа в Китае неуклонно растет, за исключением 2012 года, и в 2017 году он достиг 3,074, что выше, чем в Корее и Японии.

Индекс разнообразия импорта угля в Корее и Японии относительно низок по сравнению с показателями импорта сырой нефти и природного газа. Однако, с учетом таких факторов, как относительно низкая доля угля в энергобалансе Кореи и Японии, менее конкурентоспособные и стабильные характеристики международного рынка угля по сравнению с сырой нефтью и природным газом, а также ограниченное использование угля, применяемого в основном этими странами только для целей производства электроэнергии, можно сделать вывод, что проблема диверсификации импорта угля не является серьезной. Индекс разнообразия импорта угля в Китае колеблется сильнее, чем в Корее и Японии. Индекс разнообразия импорта угля в Китае снижался примерно до 0 пунктов до 2009 года и продолжает снижение после достижения 1,59 в 2012 году.

[Таблица 3-2-4] Доля нефти, природного газа и угля в ОППЭ по странам, %

	РК			Япония			КНР		
	Нефть	Газ	Уголь	Нефть	Газ	Уголь	Нефть	Газ	Уголь
2000	52.0	9.8	22.2	49.9	13.7	18.4	19.5	1.8	58.8
2001	50.6	10.5	23.0	48.2	14.0	19.1	19.3	2.0	59.7
2002	49.1	11.1	23.5	48.5	14.3	19.7	19.4	2.0	60.7
2003	47.6	11.2	23.8	48.5	15.1	20.4	19.0	2.0	63.5
2004	45.7	12.9	24.1	46.3	14.7	21.8	19.5	2.0	64.8
2005	44.4	13.3	24.0	46.5	14.9	20.9	17.8	2.2	67.5
2006	43.6	13.7	24.3	44.5	16.4	21.1	17.4	2.4	68.6
2007	44.6	14.7	25.2	44.4	17.8	21.9	16.9	2.8	69.8
2008	41.6	14.8	27.4	42.7	18.4	22.5	16.8	3.2	69.7
2009	42.1	13.9	28.2	42.1	19.1	21.0	16.4	3.3	70.6
2010	39.5	16.3	29.2	40.1	19.2	22.6	16.9	3.5	70.6
2011	38.0	16.7	30.2	43.1	23.3	22.0	16.2	4.0	71.3
2012	38.1	18.0	29.1	44.3	24.5	23.4	16.5	4.4	70.4
2013	37.8	18.7	29.2	42.7	24.2	25.1	16.7	4.8	69.6

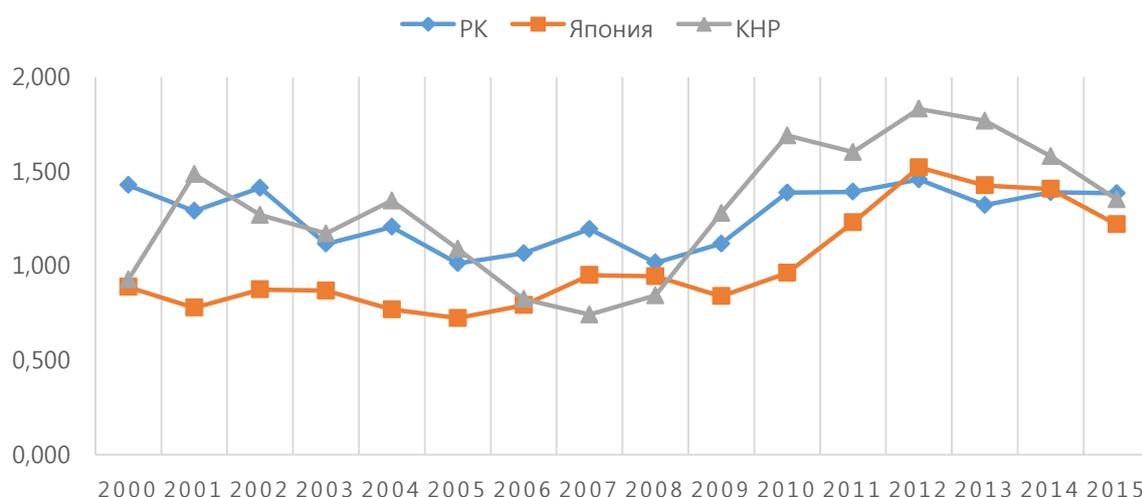
2014	37.1	16.9	29.9	44.6	23.6	24.4	17.0	5.2	68.3
2015	38.1	15.2	29.7	44.7	22.3	24.6	17.8	5.3	66.7

Источник: статистическое бюро Кореи, статистическое бюро Японии, МЭА

Теперь рассчитаем композитный индекс разнообразия импорта энергии, который объединяет индекс разнообразия сырой нефти, природного газа и угля. В [форм. 3-1-1-1-1] мы определили композитный индекс разнообразия импорта энергии как сумму индексов разнообразия веса отдельных источников по их доле в ОППЭ. Другими словами, мы рассчитали композитный индекс, отражающий относительную важность отдельных источников энергии в энергетическом балансе для индекса разнообразия. В [Таблице 3-2-4] суммируется доля ОППЭ по источникам в Корею, Китае и Японию.

На [Рисунке 3-2-3] представлен композитный индекс разнообразия импорта энергии Кореи, Японии и Китая, рассчитанный, по формуле, указанной выше. Композитный индекс разнообразия импорта энергоресурсов Кореи упал до 1,016 в 2009 году и вырос до 1,348 в 2015 году. Композитный индекс разнообразия импорта энергоносителей Японии колебался между 0,7 и 0,8 до 2009 году и быстро улучшился с 2009 года, достигнув отметки 1,219 в 2015 году. Тот факт, что и Корея, и Япония начали импортировать российский сжиженный газ с 2009 года, по-видимому, оказывает влияние на это улучшение. Композитный индекс разнообразия импорта энергоносителей Китая показал относительно высокие колебания по сравнению с Кореей и Японией. Композитный индекс разнообразия импорта энергоносителей Китая, который снизился до 0,741 в 2007 году, быстро вырос и достиг 1,832 в 2012 году. После этого он начал стремительно снижаться и в 2015 году достиг отметки 1,353. Это колебание связано с изменением индекса разнообразия импорта угля, который имеет абсолютную долю в энергобалансе Китая, как показано в [Таблице 3-2-4].

[Рисунок 3-2-3] Композитный индекс разнообразия импорта энергоносителей Кореи, Японии и Китая



Источник: Автор

Разнообразие энергобаланса можно легко определить, используя долю ОППЭ по источникам энергии в Корее, Японии и Китае и индекс разнообразия, представленный выше. На [Рисунке 3-2-4] приведены результаты расчета индекса разнообразия энергобаланса по странам с использованием доли первичных источников энергии, рассчитанных по формуле [форм. 3-1-1-2]. В отличие от индекса разнообразия импорта энергии, индекс разнообразия энергетического баланса имеет небольшие колебания, поскольку количество первичных источников энергии, таких как сырая нефть, уголь, природный газ, гидроэлектростанции, а также количество ядерной энергетики и возобновляемых источников энергии, фиксировано. В принципе, доля традиционных источников ископаемого топлива неизбежно высока.

Разнообразие в энергетическом балансе

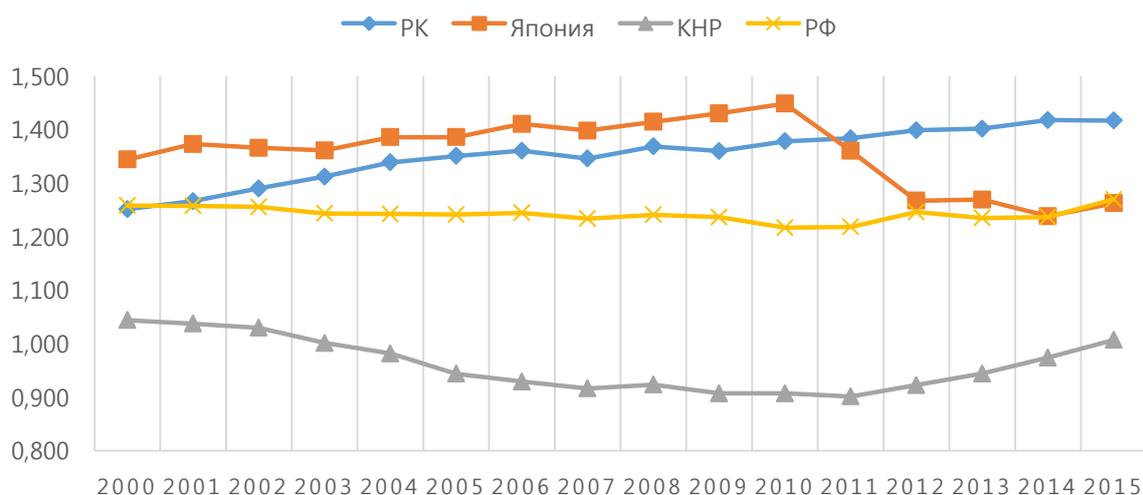
Индекс разнообразия энергетического баланса Кореи неуклонно растет. В 2000 году он составлял 1,252, а к 2015 году вырос до 1,417, и это свидетельствует о том, что разнообразие энергетического баланса Кореи улучшается. Это улучшение показывает, что доля сырой нефти, которая является доминирующим источником энергии за тот же период, снизилась примерно с 50% до 30%, в то время как доля природного газа и ВИЭ увеличилась примерно с 10% и 1,8% в 2000 году до 15% и 4,8% в 2015 году. В течение этого периода разнообразие энергобаланса Кореи было позитивно с точки зрения экологической устойчивости за счет увеличения доли экологически чистых источников

энергии в ОППЭ, таких как природный газ и возобновляемые источники энергии, хотя доля угля несколько возросла.

Индекс разнообразия энергетического баланса Японии к 2010 году вырос до более высоких показателей, чем в Корее. К 2010 году энергетический баланс Японии в основном был аналогичен корейскому. Индекс разнообразия, который резко упал с 2011 года, полностью исчез после аварии на АЭС в Фукусиме в 2011 году. Внезапное падение доли ядерной энергии, которая в период с 1990 по 2010 год составляла в среднем более 10% в ОППЭ, было в значительной степени заменено природным газом, но уменьшение доли конкретных первичных источников энергии значительно ухудшило индекс разнообразия.

Разнообразие энергобаланса Китая невелико не только на абсолютном уровне, но и неуклонно сокращалось вплоть до 2011 года. Индекс разнообразия энергетического баланса Китая, который составлял 1,044 в 2000 году, восстановился и достиг 0,901 в 2011 году, но по состоянию на 2015 год все еще оставался ниже 1,007. Этот низкий индекс разнообразия энергетического баланса обусловлен преобладающей и растущей долей угля в первичном энергетическом балансе. Доля угля, составлявшая около 60%, в 2000-е годы возросла до 70%. Доля природного газа несколько возросла, но возобновляемые источники энергии упали с 20% до 5%.

[Риунок. 3-2-4] Динамика разнообразия энергобаланса Кореи, Японии и Китая

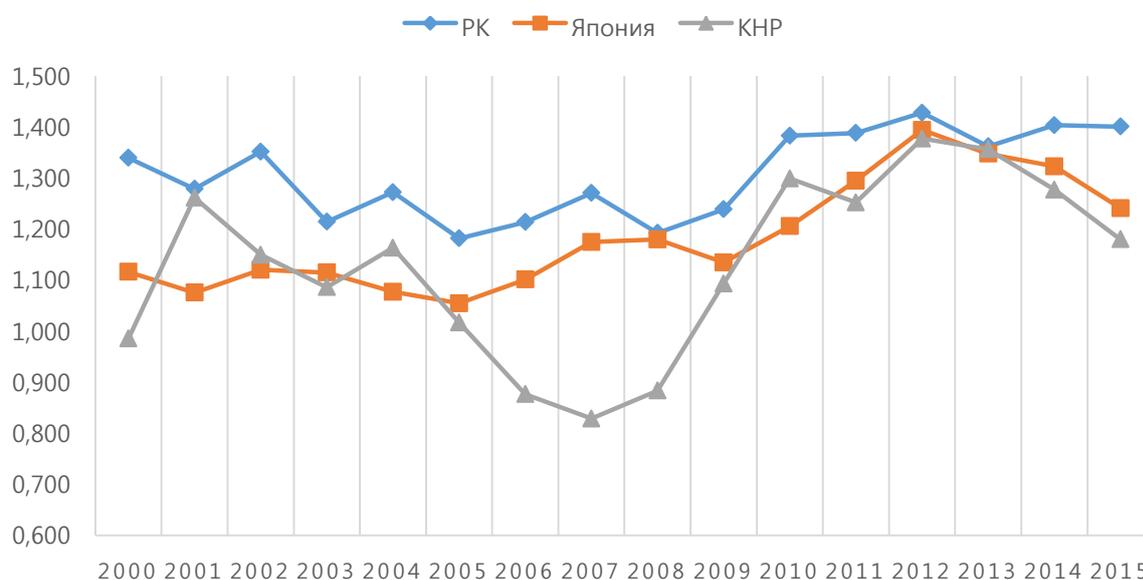


Источник: Автор

На [Рисунке 3-2-5] показаны результаты составного индекса разнообразия энергоснабжения Кореи, Японии и Китая с использованием составного индекса разнообразия импорта энергоносителей и индекса разнообразия энергобаланса. Сумма этих двух индексов была получена в виде простого среднего значения, как в [форм. 3-1-1-1]. Индекс разнообразия энергоснабжения Кореи является самым высоким.

В Китае разнообразие импорта аналогично или выше, чем в Корее. В результате индекс разнообразия предложения является относительно низким из-за энергетического баланса, чрезмерно сконцентрированного на угле. Япония имела несколько более высокий индекс разнообразия энергобаланса, чем Корея, но после аварии на АЭС в Фукусиме в 2011 году индекс разнообразия энергобаланса резко упал. Индекс разнообразия предложения этих трех стран в 2013 году приблизился к одинаковому уровню, но с тех пор Корея немного выросла, а индексы Японии и Китая снизились.

[Рисунок 3-2-5] Динамика композитного индекса разнообразия энергоснабжения Кореи, Японии и Китая



Источник: Автор

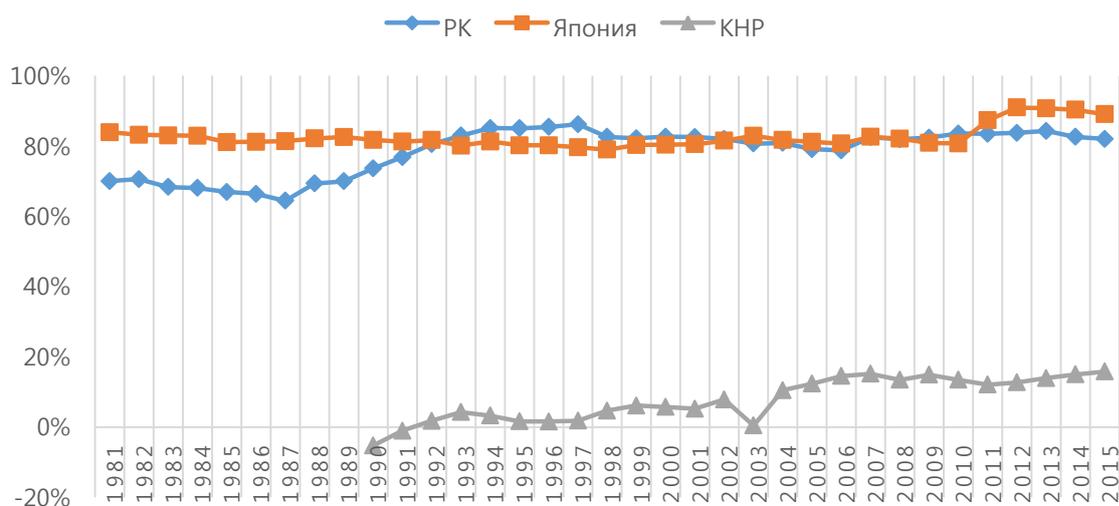
3.2.1.3 Стабильность энергетической системы

Вторая составляющая энергетической безопасности – это стабильность энергоснабжения. Стабильность энергоснабжения – это важная концепция, которая представляет собой энергетическую безопасность наряду с энергетическим разнообразием. Здесь мы анализируем стабильность энергетической системы, сосредоточив внимание на структуре поставок, особенно на структуре импорта. Как показано в [форм. 3-1-1-2], устойчивость энергетической системы складывается из взвешенной устойчивости нефти и газа, являющихся основными импортируемыми энергоресурсами стран США.

Зависимость от импорта энергоносителей

Как показано в [форм. 3-1-1-2-1], зависимость от импорта энергоносителей – это отношение импортируемой энергии к общему потреблению энергии. Таким образом, зависимость от импорта энергоносителей является наиболее фундаментальным показателем для оценки устойчивости энергетических систем. Доля импортируемых первичных энергоресурсов, исключая ядерную энергетику, в ОПЭ показывает зависимость от импорта энергоносителей. Именно этот показатель мы будем использовать. Зависимость этих трех стран от импорта энергоносителей показана на [Рисунке 3-2-6].

[Рисунок 3-2-6] Динамика зависимости от импорта энергоносителей Кореи, Японии и Китая



Источник: статистическое бюро Кореи, статистическое бюро Японии, МЭА.

Как известно, Корея и Япония имеют мало внутренних энергетических ресурсов. Хотя в последние годы они добывают сырую нефть и природный газ на некоторых континентальных шельфах, однако это не играет особой роли для удовлетворения их общей потребности в энергии. Таким образом, Корея и Япония сохраняют высокий уровень зависимости от импорта энергоносителей. Зависимость Кореи от импорта энергоносителей снизилась на 70%, когда страна начала производство ядерной энергии в 1980-х годах, но осталась стабильной на уровне 80% с 1990-х годов. Япония имела такой же уровень зависимости, как и Корея, но после замены ядерной энергетики природным газом и нефтью эта зависимость возросла до 90%. Высокая зависимость Кореи и Японии от импорта энергоносителей не имеет иного решения, кроме увеличения внутреннего производства энергии. Зависимость Китая от импорта энергоносителей очень низка по сравнению с Кореей и Японией. Это связано с тем, что у Китая есть внутренний запас энергоресурсов. Однако из-за быстрого роста спроса на энергоносители, вызванного быстрым экономическим ростом, Китай стал чистым импортером энергоносителей, и его зависимость от импорта энергоносителей продолжала расти, за исключением 2003 года, достигнув 16% в 2015 году.

Стабильность импорта нефти и природного газа

Индекс стабильности импорта сырой нефти и природного газа представляет собой попытку количественно оценить стабильность маршрутов поставки этих природных ресурсов, импортируемых в отдельные страны. Энергетические ресурсы являются репрезентативными международными товарами и требуют дальнемагистральных перевозок по различным транспортным маршрутам от места производства до конечного пункта назначения. В связи с этим стабильность транспортных маршрутов наряду со стабильностью поставщика также является важным фактором. Как показано в [форм. 3-1-1-2-2], он состоит из «удушающего» риска, который относится к процессу экспорта сырой нефти и природного газа в Корею, Китай и Японию, а доля стран-экспортеров в общем объеме импорта ресурса используется в качестве весовой величины.

Классификация страновых рисков ОЭСР¹⁸ применяется для определения рисков стран-экспортеров сырой нефти и природного газа, а отсутствующие страны дополняются классификацией Корейского экспортно-импортного банка. Степень риска включает несколько уровней (от 1 до 7): чем выше число, тем выше риск. Риск точки дросселя измеряет количество точек дросселя, через которые импортируемые нефть и газ проходят из страны-экспортера А в страну-импортер. «Удушающая» точка – это не академическая концепция, а понятие, используемое международными организациями, такими как МЭА и UNCTAD (Конференция ООН по торговле и развитию). Данное понятие существует в области морских логистических перевозок и относится к точке, где существует узкое место, такое как пролив или канал. К «удушающим» точкам, обычно используемым в морской торговле, обычно относят точки, расположенные в семи местах: Ормузском проливе, Баб-эль-Мандебе, Малакке, Суэце, Турции, Датском проливе и Панамском канале. В настоящем исследовании было установлено в общей сложности 8 контрольных точек, с учетом добавления Мыса Доброй Надежды.

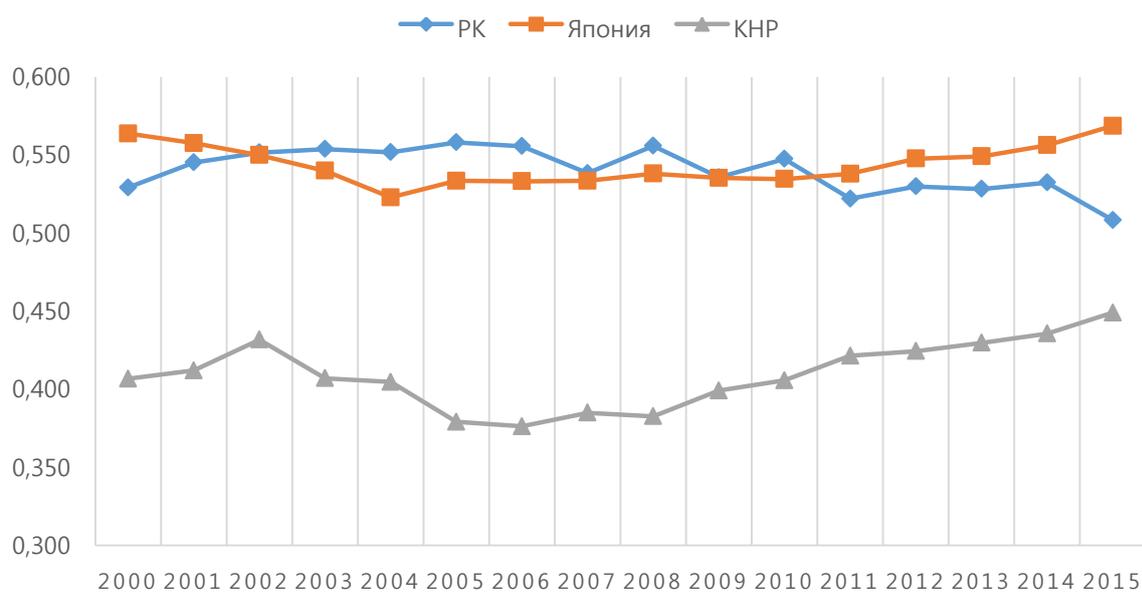
Оценка точки дросселя предназначена для получения более высокого балла, поскольку меньшее число точек дросселя, пройденных при экспорте сырой нефти из страны-экспортера сырой нефти в страну-импортер В, выглядит следующим образом:

$$CHKP_{i,oil} = 1 - \left(\frac{\text{Number of passing Chokepoints}}{8} \right) \dots\dots\dots [\text{форм. 3-2-2}]$$

Индекс стабильности импорта сырой нефти Кореи, Японии и Китая рассчитан так, как показано на [Рисунке 3-2-7].

[Рисунок 3-2-7] Динамика индекса стабильности импорта нефти из Кореи, Японии и Китая

¹⁸ Подробнее см.: <http://www.oecd.org/trade/xcred/crc.htm>

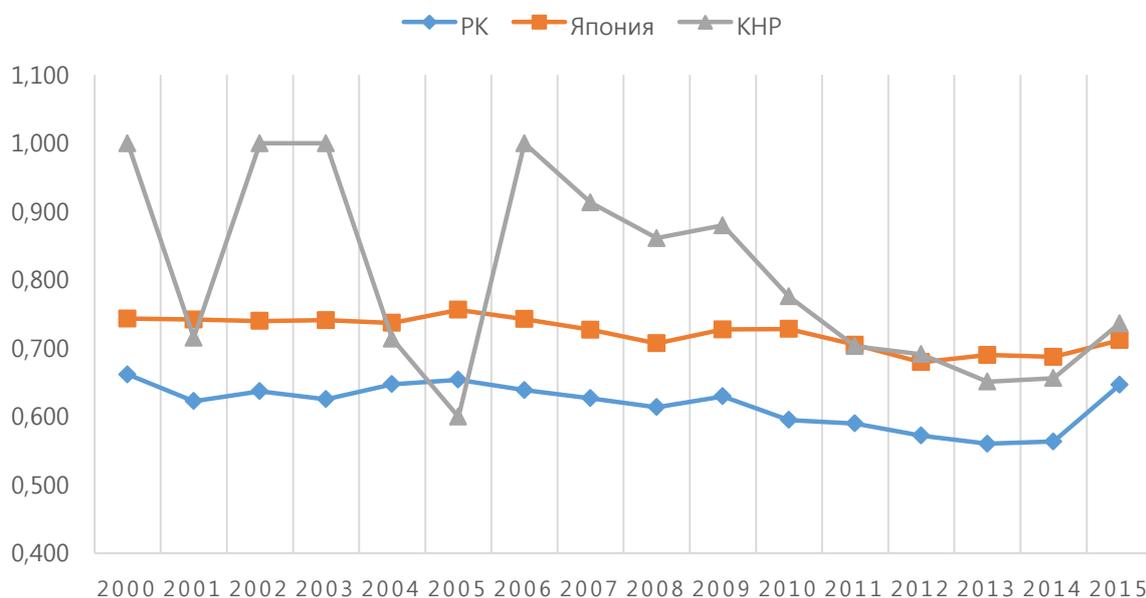


Источник: Автор

Импорт сырой нефти в Японию является самым стабильным среди всех трех стран. Индекс стабильности Японии, который составлял 0,557 в 2000 году, упал до 0,522 в 2004 году и был ниже, чем у Кореи, в 2010 году, но затем постепенно вырос до 0,568 в 2015 году. На это улучшение стабильности импорта сырой нефти в Японию, по-видимому, повлияло увеличение доли сырой нефти из стран бывшего Советского Союза (в основном из России). Импорт нефти из стран бывшего Советского Союза, который составлял 0,7 процента от общего объема импорта сырой нефти в 2004 году, вырос до 3,3 процента в 2009 году и до 8,1 процента в 2014 году. При условии, что среднее значение национального балла риска и балла «удушающей» точки по странам бывшего Советского Союза (Россия, Казахстан и др.) составляет 0,471, увеличение доли импорта положительно влияет на индекс стабильности. Индекс стабильности импорта сырой нефти в Корею показывает небольшое снижение с 2005 года. Индекс стабильности импорта сырой нефти Кореи уменьшился до 0,522 в 2011 году до 0,508 в 2015 году. Основной причиной этого является изменение доли импорта сырой нефти из азиатских стран, которые имеют высокие оценки странового риска и средние «удушающие» баллы. Доля Азии в импорте сырой нефти упала с 12% в 2004 году до 3,8% в 2015 году, что привело к снижению индекса. Это снижение было частично компенсировано увеличением доли импорта сырой нефти из стран бывшего Советского

Союза (в основном из России). За тот же период доля сырой нефти, импортируемой из стран бывшего Советского Союза, выросла с 0,9% до 6,1%.

[Рисунок 3-2-8] Динамика индекса стабильности импорта природного газа Кореи, Японии и Китая



Источник: Автор

Индекс стабильности импорта сырой нефти в Китае ниже, чем в Японии и Корее, и до 2006 года имел тенденцию к снижению, но с тех пор неуклонно повышается. Этот относительно низкий уровень индекса стабильности в Китае обусловлен прежде всего относительно высокой долей импорта сырой нефти из Африки, которая имеет низкую оценку странового риска. Доля импорта сырой нефти из Африки для Китая составляла 33%, а в случаях Кореи и Японии – около 5%. Период снижения индекса стабильности импорта сырой нефти в Китай и период увеличения доли сырой нефти из Африки – это абсолютно одно и то же. Увеличение индекса с 2006 года также объясняется сокращением импорта сырой нефти из Африки и увеличением импорта нефти из стран Ближнего Востока, которые имеют относительно высокие показатели странового риска и «удушья». С 2006 по 2015 год доля импорта африканской сырой нефти снизилась с 32% до 19%, а доля импорта сырой нефти с Ближнего Востока увеличилась с 42% до 50%.

Индекс стабильности импорта природного газа в Корею и Японию показывает очень похожую картину. Однако Корея имеет показатель примерно на 0,1 ниже

абсолютного уровня. Это обусловлено различиями между основными регионами-импортерами этих двух стран. Крупнейшим регионом-импортером Кореи является Ближний Восток, за исключением 2000 года (46,9%). Доля второго региона-импортера, Азии, неуклонно уменьшается, достигнув 51,9% в 2000 году и сократившись до 29,3% в 2015 году. Азия была крупнейшим регионом-импортером для Японии, демонстрируя снижение с 64,5% в 2000 году до 52,7% в 2015 году, но тем не менее все еще сохраняет свою долю на этом рынке. Вторым по величине регионом является Ближний Восток, имеющий в общей сложности долю в 30%.

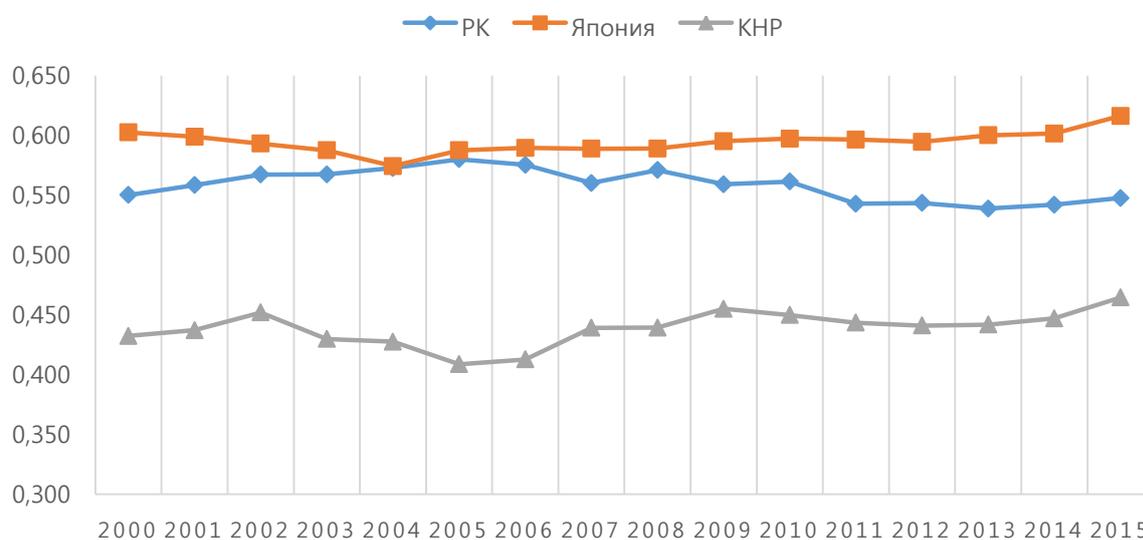
Средний балл странового риска и «удушающий» балл этих двух регионов среди стран-экспортеров в Корею составляют 0,510 на Ближнем Востоке и 0,811 в Азиатском регионе, а среди стран-экспортеров в Японию – 0,509 на Ближнем Востоке и 0,784 в Азии. Другими словами, абсолютная разница в индексе стабильности между Кореей и Японией – это разница между средним страновым риском и оценкой риска «удушения» двух стран, из которых в основном импортируется природный газ.

Индекс стабильности импорта природного газа в Китай очень высок по сравнению с показателями Кореи и Японии, но демонстрирует значительные колебания: с 0,999 в 2000 году до 0,715 в 2001 году и снова с 1,000 в 2002 году до 2003 года, затем он показывает аномальное падение до 0,599 в 2005 году. Эта закономерность объясняется низким уровнем импорта природного газа Китаем и, соответственно, небольшим количеством ввозимого ресурса. С 2000 по 2008 год Китай импортировал природный газ менее чем из 10 стран (в среднем из 4,3 стран). Это очень ограниченное число источников с учетом того, что Корея и Япония импортировали природный газ в среднем из 25 стран за тот же период. Кроме того, основные страны, экспортировавшие природный газ в Китай в тот же период, входили в группу с высоким уровнем странового риска: Франция, Германия, Япония, Корея, Великобритания и Австралия. Индекс стабильности колебался именно в ходе процесса включения и исключения из числа стран-экспортеров государств с низкими показателями странового риска: Таиланд (2001 год), Алжир (2004 год), Пакистан (2004, 2005 год) и Мьянма (2005 год). Начиная с 2008 года, когда объем импорта природного газа в Китай стал расти, число стран-экспортеров в Китай увеличилось и индекс стабильности природного газа Китая естественным образом стабилизировался.

Композитный индекс стабильности импорта

Подведем итоги определения индекса стабильности импорта сырой нефти и индекса стабильности импорта природного газа, рассчитанного для Кореи, Японии и Китая. Общий индекс стабильности импорта энергии рассчитывается путем умножения индекса стабильности каждого источника энергии с взвешенным значением относительного веса импорта на независимость от импорта ($1 - \text{зависимость от импорта}$), как показано в [форм. 3-1-1-2]. Результат представлен на [Рисунке 3-2-9].

[Рисунок 3-2-9] Динамика композитного индекса стабильности импорта Кореи, Японии и Китая



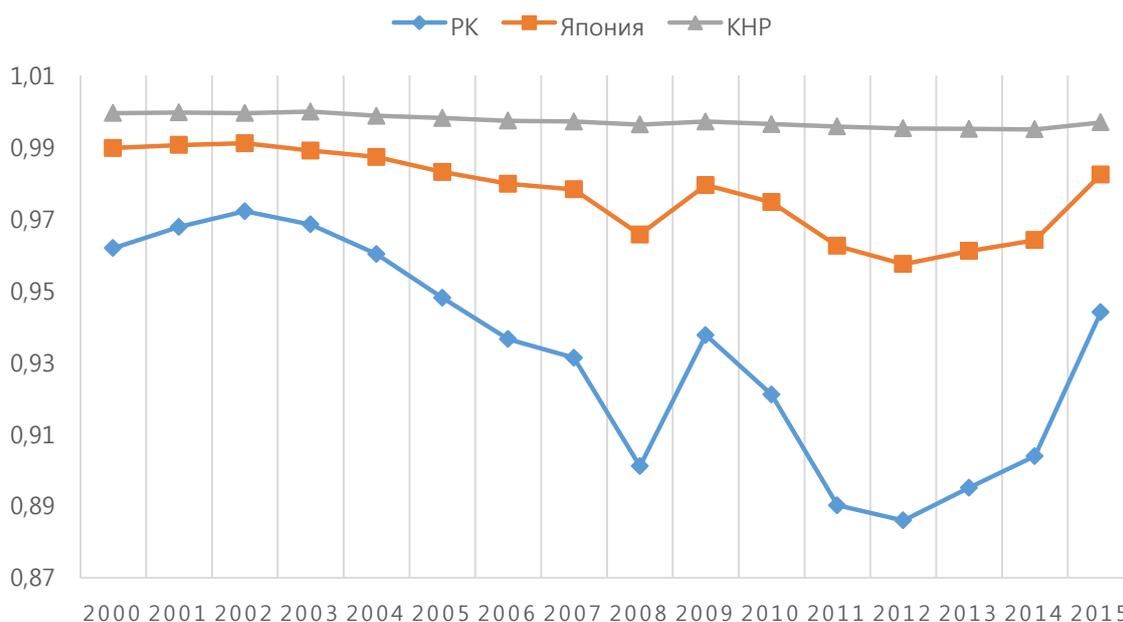
Источник: Автор

3.2.1.4 Экономическая эффективность энергоснабжения

Экономическая эффективность энергоснабжения относится к относительной стоимости энергоснабжения с учетом экономических показателей на национальном уровне. Грубо говоря, энергоснабжение можно разделить на внутреннее энергоснабжение и импортные энергоресурсы. Здесь мы будем рассматривать только стоимость поставок импортных энергоресурсов. Трудно определить стоимость поставок энергии внутреннего производства в Корею и Японию. По аналогичным причинам мы рассматриваем здесь только стоимость поставок первичной энергии. Как только первичный источник энергии поставлен, переходный процесс и результат уже

добавляются к производственной деятельности в национальной экономике. Ввиду этого в качестве косвенной переменной для оценки экономической эффективности затрат на энергоснабжение мы будем использовать обратное отношение стоимости импорта энергии к экономическим показателям, т. е. стоимости импорта энергии к ВВП.

[Рисунок 3-2-10] Динамика экономической эффективности затрат на энергоснабжение в Корее, Японии и Китае



Источник: Автор

Последний вопрос, который следует рассмотреть здесь, связан с искажением экономической эффективности из-за зависимости от импорта энергоносителей. Отношение затрат на импорт к ВВП, которое не учитывает зависимость от импорта энергоносителей, может быть завышено или занижено из-за зависимости отдельных стран от импорта. Следовательно, чтобы показать экономическую эффективность затрат на энергоснабжение, как показано в [форм. 3-1-1-3], мы используем индекс стоимости импорта энергии к ВВП, скорректированный на зависимость от импорта. Доля затрат на импорт энергоносителей, скорректированная с учетом зависимости от импорта, могла бы компенсировать вмешательство энергии внутреннего производства, включенной в ВВП. На [Рисунке 3-2-10] показана тенденция экономической эффективности затрат на энергоснабжение Кореи, Японии и Китая. Стоимость импорта

энергии – это сумма затрат на импорт сырой нефти, природного газа и угля. Для этого используются данные UN Comtrade в долларах США.

3.2.1.5 Комплексная оценка энергетической безопасности стран-импортеров энергоресурсов

Оценим комплексную энергетическую безопасность, объединив субэлементы энергетической безопасности, измеренные выше, по отдельности. Прежде всего мы должны нормализовать показатели разнообразия, стабильности и экономической эффективности. Поскольку абсолютный уровень каждого индекса различен, если не будет проведена нормализация, то возникнет ситуация, при которой непреднамеренный вес будет дан в соответствии с абсолютным уровнем индекса. Мы преобразуем все три указанных показателя в значения от 0 до 1, используя простейшую и наиболее часто используемую нормализацию max-min¹⁹. Таким образом, [форм. 3-1-1] можно представить следующим образом:

$$v(i) = ESC_i = \frac{(SD'_i + SS'_i + EF'_i)}{3} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-1-1-a}],$$

где

SD'_i – нормализованный SD_i ,

SS'_i – нормализованный SS_i ,

EF'_i – нормализованный EF_i .

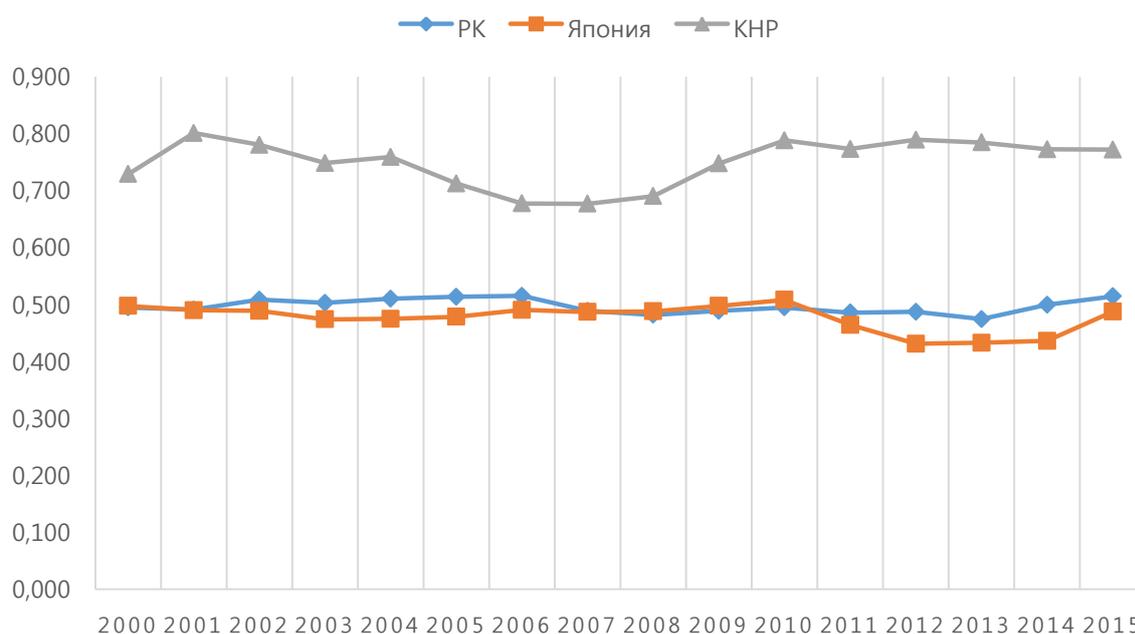
Среднее значение нормализованного индекса разнообразия, стабильности и экономической эффективности – это значение индекса энергетической безопасности (индекс ESC). Для того чтобы контролировать погрешность по расчетному значению до 2035 года, индекс ESC был рассчитан на основе среднего значения прироста каждого субиндекса. Общий индекс ESC для Кореи, Китая и Японии, рассчитанный таким образом, показан на [Рисунке 3-2-11].

Как и ожидалось, индекс ESC у Китая выше, чем у Кореи и Японии. Мы предполагали, что Китай, обладающий значительными внутренними энергетическими ресурсами и географически стабильными маршрутами импорта энергоносителей, имеет более высокий уровень энергетической безопасности, чем две другие страны.

¹⁹ $X'_i = \frac{(X_i - \min_i)}{(\max_i - \min_i)}$

Модели индексов ESC в Корее и Японии в основном схожи. К 2010 году обе страны показали почти одинаковый уровень и структуру общих индексов энергетической безопасности. Однако с 2011 года индекс Японии резко снизился, а общий индекс ESC Кореи остался стабильным. Теперь, основываясь на этом, оценим, как изменяется индекс ESC каждой страны в соответствии со сценарием.

[Рисунок 3-2-11] Динамика индекса энергетической безопасности в Корее, Японии и Китае



Источник: Автор

3.2.2 Оценка энергетической безопасности России

Оценим энергетическую безопасность России. В предыдущих главах мы разрабатывали энергетическую безопасность страны-экспортера энергии с учетом стабильности, разнообразия и экономической эффективности энергетического сектора. Здесь мы оцениваем эти составляющие энергетической безопасности на основе конкретных данных и анализируем энергетическую безопасность России.

3.2.2.1 Стабильность энергетического сектора

Для России, как страны-производителя и экспортера энергии, стабильность энергетического сектора – это вопрос того, как долго и хорошо она сможет производить и экспортировать энергетические ресурсы. Как было отмечено в Главе 1, мы оцениваем устойчивость энергетического сектора России по общему объему производства энергоресурсов, соотношению запасов к производству и объему экспорта энергоресурсов.

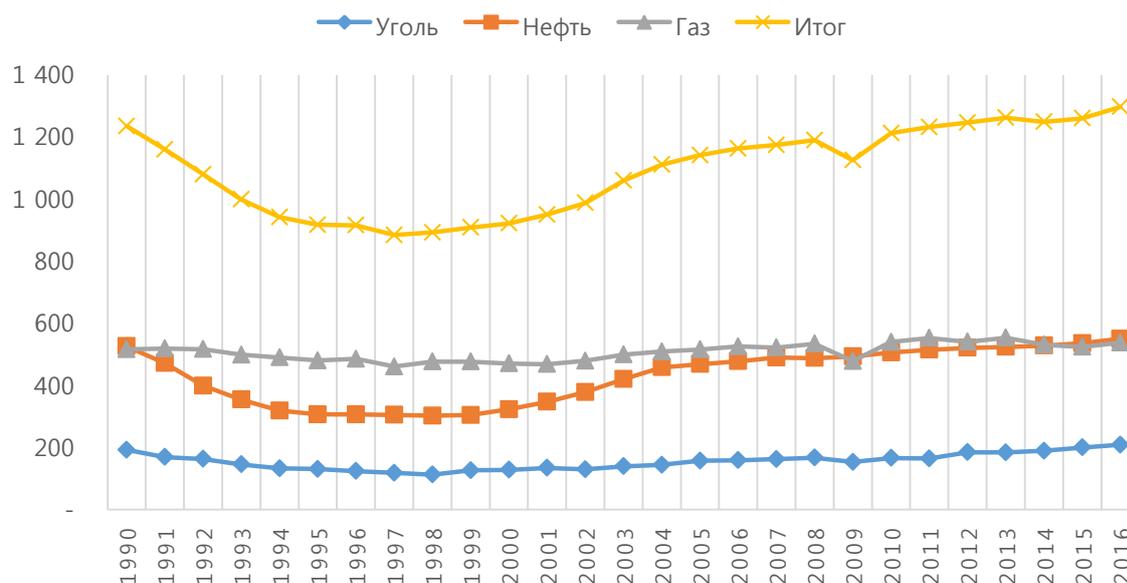
Общий объем производства энергоресурсов

Общий объем производства энергоресурсов является показателем текущего потенциала производства энергии в стране-экспортере энергоресурсов. Кроме того, увеличение скорости является показателем стабильности производственных мощностей. В качестве общего объема добычи энергоресурсов мы используем общий объем добычи российской сырой нефти, природного газа и угля в пересчете на калории.

Далее в работе будут применены прогнозы производства по прогнозному сценарию «Российской энергетической стратегии до 2035 года».

Общее производство энергии в России сокращалось до 1997 года, а по состоянию на 2016 год выросло до 1298 млн тнэ, что составляло около 12% мирового производства ископаемых топливных ресурсов в 2016 году. Такой всплеск добычи ископаемого топлива в России в значительной степени обусловлен добычей сырой нефти. Как показано выше [Рисунок 3-2-12], добыча угля и природного газа является относительно стабильной. С другой стороны, добыча сырой нефти сократилась с 526 млн тнэ в 1990 году до 303 млн тнэ в 1998 году. Этот спад в 1990-е годы является результатом масштабных инвестиций еще в советское время в добычу сырой нефти в Западной Сибири, где добыча начала снижаться из-за географических особенностей [66]. Добыча угля и природного газа из-за отсутствия инвестиций, экономического спада и снижения международного спроса также показала аналогичную картину изменений, но эти изменения не столь значительны, как в случае с нефтью.

[Рисунок 3-2-12] Объем добычи энергоресурсов России, млн тнэ



Источник: МЭА

Коэффициент запасов к добыче

Еще одним показателем стабильности производства является отношение запасов к производству. Коэффициент R/P показывает, насколько длительная добыча на том же уровне текущего года t была бы возможна при доказанных запасах t -го года. Взвешенное общее отношение R/P, представляющее собой взвешенную сумму коэффициента R/P сырой нефти, природного газа и угля, рассчитывается следующим образом:

$$RPR_{comp} = \sum_i w_i \cdot RPR_i \dots\dots\dots [\text{форм. 3-2-3}],$$

где

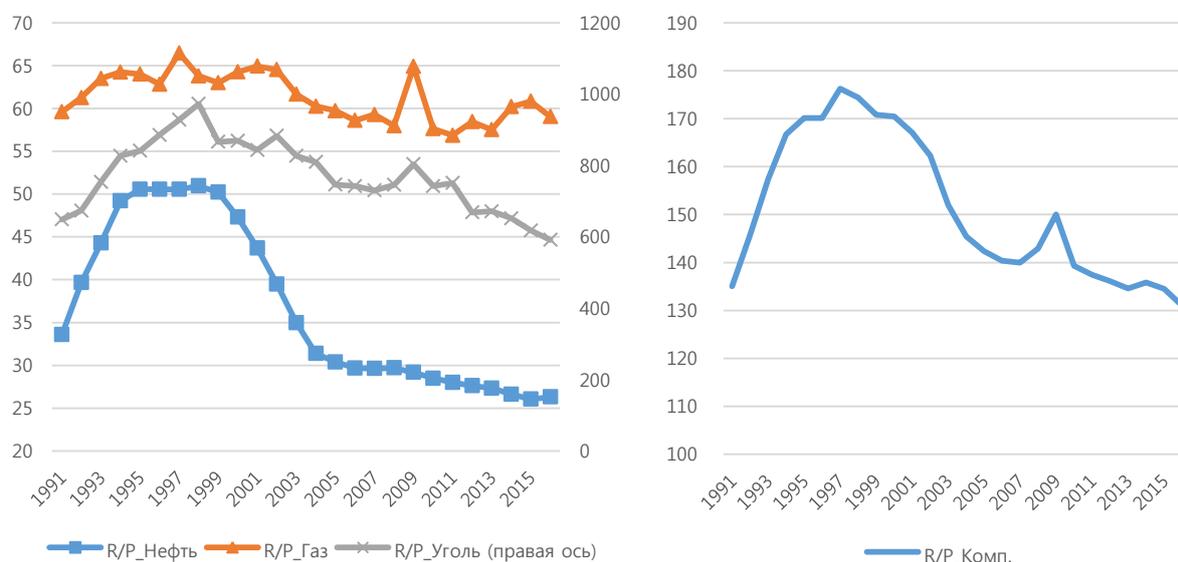
w_i — доля ресурса i в общем объеме производства,

RPR_i — коэффициент R/P энергетического ресурса i .

Изменения коэффициента R/P по источнику и средневзвешенное отношение R/P, рассчитанное вышеописанным способом, представлены на [Рисунке 3-2-13]. Коэффициент R/P сырой нефти показывает тенденцию к снижению. Отмечался рост с начала 1990-х годов, когда коэффициент составлял около 34 в 1991 году с увеличением до 51 в 1998 году, но затем снова наметилось снижение до 26 в 2016 году. На изменение

коэффициента R/P сырой нефти влияют колебания годовой добычи. Как мы уже видели, добыча сырой нефти в России демонстрировала огромный спад в 1990-е годы и постепенную тенденцию к восстановлению в 2000-е годы. В частности, в 1990-е годы среднегодовой темп роста добычи сырой нефти составлял около -6% в год, но с 2000 по 2016 год этот показатель достигал около 3%. Коэффициент R/P природного газа по сравнению с сырой нефтью и углем стабилен. Имея показатель около 60 в 1991 году, он вырос до 65 из-за спада производства в 1990-е годы, но в целом к 2016 году его уровень составил ± 60 . Коэффициент R/P угля снижается с 1998 года, но его абсолютное значение примерно в 10 раз выше, чем у сырой нефти и природного газа.

[Рисунок 3-2-13] Коэффициент R/P по источникам и средневзвешенное общее коэффициент R/P



Источник: EIA, BP statistics 2018

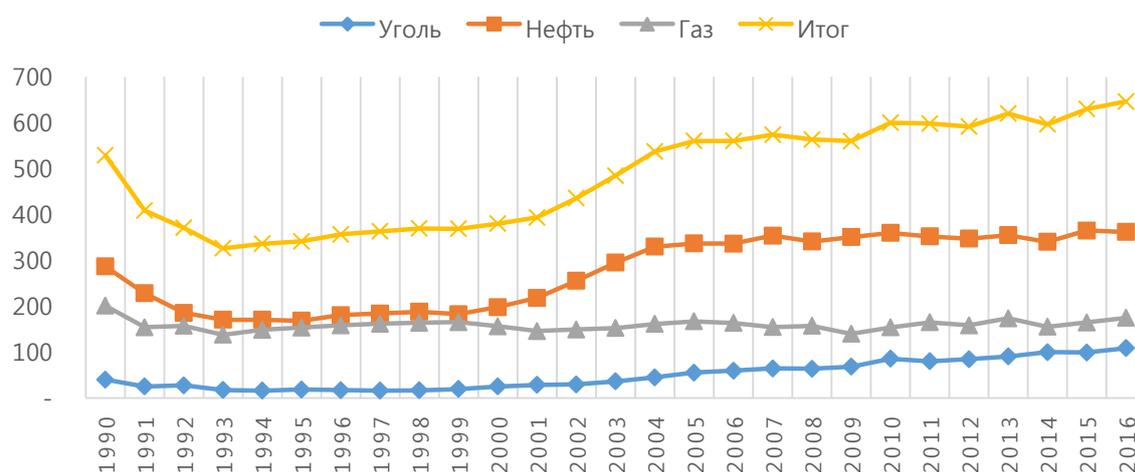
Однако на долю угля приходится менее 15% от общего объема добычи ископаемых энергоресурсов. Средневзвешенный общий коэффициент R/P, учитываемый для доли производства каждого ископаемого энергетического ресурса, снижается с 1997 года. Эта тенденция коррелирует с увеличением российского экспорта и ростом добычи энергоресурсов. Это означает, что темпы роста добычи на экспорт и внутреннее потребление были выше, чем увеличение доказанных запасов за

счет постоянных инвестиций в существующие производственные мощности, разведки и разработки новых нефтегазовых месторождений и шахт.

Общий объем экспорта энергоресурсов

Абсолютный объем экспорта ископаемых энергоресурсов является показателем стабильности экспорта. Даже если экспортный рынок диверсифицирован, нельзя сказать, что структура экспорта стабильна, если абсолютный объем экспорта находится на низком уровне или постоянно снижается. Вследствие этого в качестве показателя общего экспорта энергоносителей мы используем сумму экспорта угля, нефти (сырая нефть + нефтепродукты) и природного газа.

[Рисунок 3-2-14] Общий объем экспорта энергоресурсов и экспорта по источникам, млн тнэ



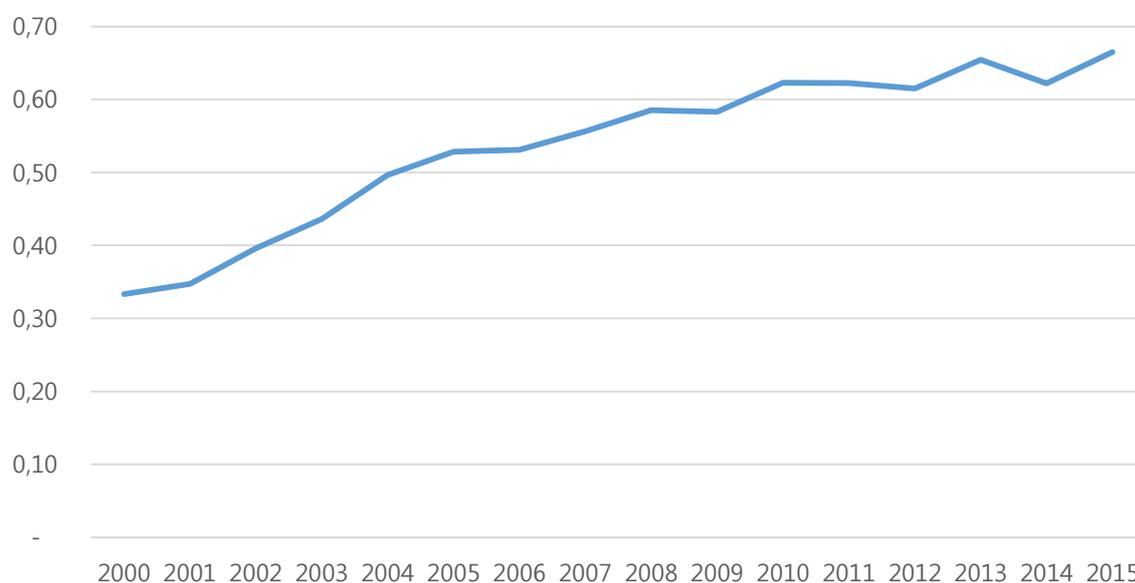
Источник: МЭА

Общий объем экспорта российских энергоресурсов неуклонно растет начиная с 1993 года, как показано на [Рисунке 3-2-14]. Этот показатель снизился до 327 млн тнэ в 1993 году, но с 2001 года начал быстро расти и достиг 646 млн тнэ к 2016 году. На эту тенденцию оказывают влияние объемы экспорта сырой нефти. Тенденция экспорта сырой нефти и тенденция общего экспорта ископаемых энергетических ресурсов почти одинаковы, но тенденция экспорта природного газа и угля имеет относительно небольшой эффект.

В результате доля нефти в общем объеме экспорта по источникам остается на уровне 50-60% с 1990 года. Увеличился и экспорт угля. Объем экспорта угля, который в 1990 году составлял около 40 млн тнэ (около 8% от общего объема экспорта ископаемых ресурсов), в 2016 году удвоился и составил более 109 млн тнэ, достигнув примерно 17% от общего объема экспорта ископаемых энергоносителей. С другой стороны, экспорт природного газа не показал высокого роста. Если в 1993 году он достиг отметки в 138 млн тнэ, то в 2016 году – 175 млн тнэ. За этот период доля природного газа в общем объеме экспорта ископаемой энергии снизилась с 42% до 27%.

Композитный индекс энергетической стабильности

[Рисунок 3-2-15] Индекс энергетической стабильности России



Источник: Автор

Теперь рассчитаем индекс энергетической стабильности на основе вышеперечисленных показателей. Индекс стабильности рассчитывается по [форм. 3-1-2-1-a] и представляет собой среднее значение нормализованного общего объема производства ископаемых энергетических ресурсов, нормализованного коэффициента R/P и нормализованного общего объема экспорта ископаемых энергетических ресурсов:

$$SS_i = \frac{(prod'_{fossil} + rpratio'_{fossil} + exvol'_{fossil})}{3} \dots \dots \dots [форм. 3-1-2-1-a]$$

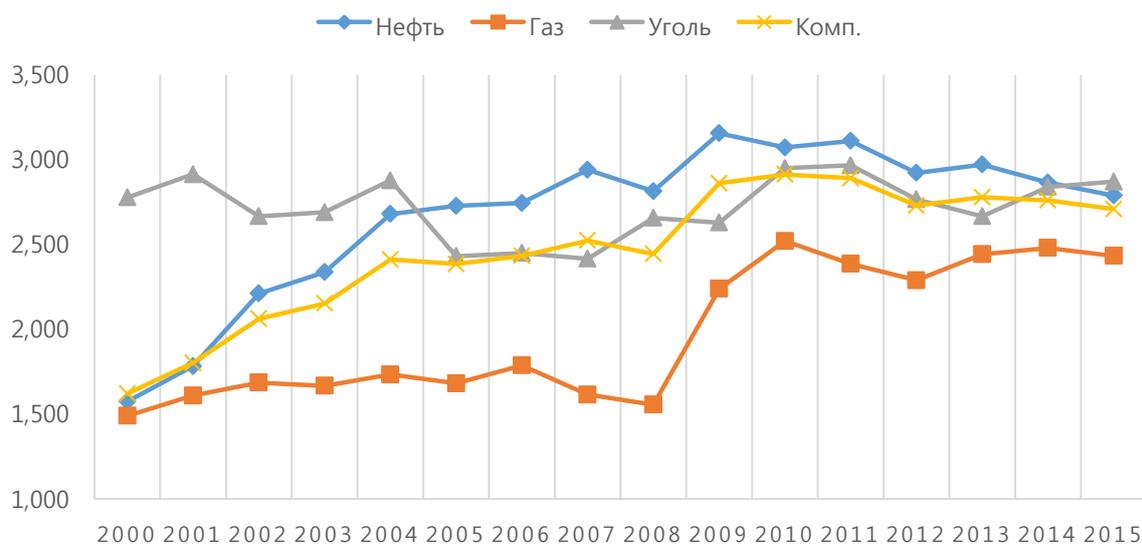
Результат проведенных расчетов показан на [Рисунке 3-2-15]. Индекс стабильности неуклонно растет за счет увеличения объемов производства и экспорта.

3.2.2.1 Разнообразие энергетического сектора

Разнообразие экспорта ископаемых энергетических ресурсов

Разнообразие экспорта оценивается с помощью индекса разнообразия Shannon – Wiener, который использовался в настоящей работе для оценки разнообразия импорта и энергетического баланса Кореи, Японии и Китая. Данные для расчета индекса были также взяты из статистики UN Comtrade, и те же экспортные данные были найдены по классификационному коду. Индекс разнообразия экспорта по источникам и сводный индекс разнообразия России представлены ниже, на [Рисунке 3-2-18]. Порядок расчета приведен в [форм. 3-1-2-3-1].

[Рисунок 3-2-16] Индекс разнообразия экспорта по источникам и композитный индекс разнообразия экспорта России



Источник: Автор на основе данных UN Comtrade

На [Рисунке 3-2-16] показан композитный индекс разнообразия экспорта энергоресурсов России, представляющий собой сумму индекса разнообразия экспорта российской нефти, природного газа и угля, взвешенного по доле общего экспорта энергоресурсов.

Общий индекс разнообразия экспорта энергоносителей в России неуклонно повышается с 2000 года. Сводный индекс разнообразия экспорта энергоресурсов, который в 2000 году составлял 1,621, устойчиво растет, достигнув середины 2-балльного диапазона, хотя после достижения 2,914 в 2010 году произошла некоторая корректировка. На это повлияло улучшение индекса разнообразия экспорта энергоносителей как по сырой нефти, так и по природному газу, которые имеют высокую долю экспорта. Сырая нефть и природный газ занимают более 90% российского экспорта энергоносителей, и улучшение индекса разнообразия этих двух источников энергии привело к стабильному улучшению сводного индекса. Индекс разнообразия экспорта сырой нефти несколько снизился с 2009 года, но он все еще остается высоким: -2,790 по сравнению с 1,576 в 2000 году.

Показатель разнообразия российского экспорта природного газа значительно улучшился с 2008 года. В 2000 году он составлял 1,491 балла и сохранял свой уровень до 2008 года, достигнув в 2009 году 2-балльного уровня, а в 2015 году составил 2,434 балла. Это улучшение разнообразия экспорта обусловлено увеличением экспорта в Азию. Экспорт российского природного газа в Азию, который до 2008 года составлял 0%, в 2009 году увеличился до 6%, а в 2015 году вырос до 14%. Заметно увеличился объем экспорта природного газа в Республику Корея, Китай и Японию. Корея, Китай и Япония, которые составляли 0,0001% от общего объема экспорта природного газа в 2000 году, заняли 13% от общего объема экспорта российского природного газа в 2015 году. Это составляло около 97% от общего объема экспорта природного газа России на азиатский рынок в 2015 году. Индекс разнообразия экспорта угля стабилен в 2-балльном диапазоне. Это значительно выше, чем индекс разнообразия природного газа, и стабильнее, чем индекс разнообразия экспорта сырой нефти.

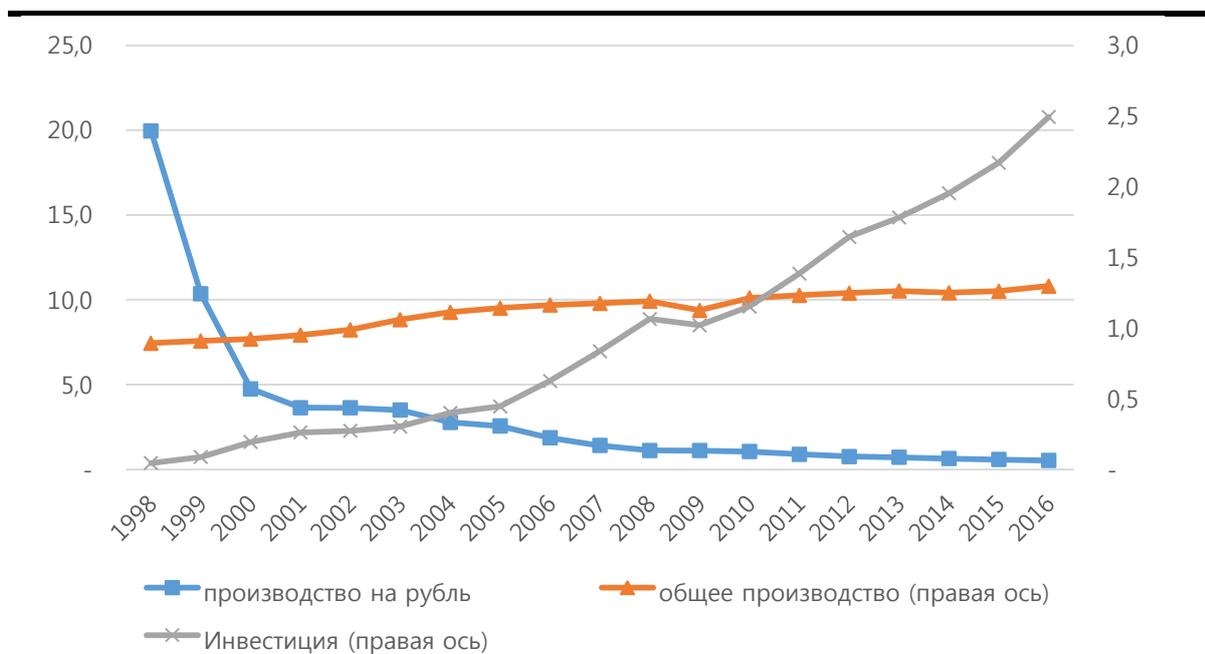
3.2.2.2 Экономическая эффективность развития энергетического сектора

Эффективность при производстве энергетических ресурсов

Показатель экономической эффективности производства энергии означает, насколько экономически эффективно российская энергетическая отрасль производит ископаемые ресурсы. Энергетика является репрезентативной капиталоемкой отраслью, поэтому мы оцениваем экономическую эффективность производства энергии по объему капитальных вложений в энергетический сектор. Это позволяет определить

объем производства энергоресурсов на один рубль (в килограммах нефтяного эквивалента). Как показано на [Рисунке 3-2-17], производство ископаемых энергетических ресурсов (уголь, нефть, газ) на 1 рубль в России постоянно снижается. Эффективность производства, которая в 1998 году достигла 20 кг на рубль, в 1999 году упала до 10 кг, а затем неуклонно снижалась и в 2016 году составляла 0,5 кг. Такое снижение экономической целесообразности обусловлено относительно медленным ростом добычи ископаемых энергоресурсов, в то время как в 2000-е годы экономический рост России прогрессировал, а инвестиции в энергетический сектор быстро росли.

[Рисунок 3-2-17] Производство общего энергетического ресурса (кг нефтяного эквивалента) на рубль, общее производство (млрд тнэ), общие инвестиции в энергетику, трлн руб.



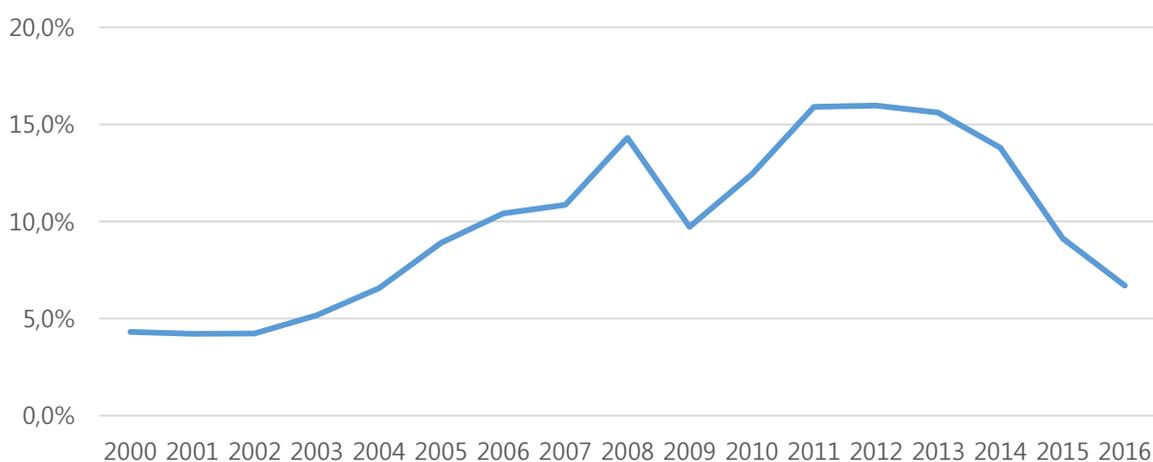
Источник: Статистическое бюро России, МЭА

Доля экспорта энергоносителей в ВВП

Доля экспорта энергоносителей в ВВП является косвенным показателем экономической значимости энергетической отрасли. Энергетическая отрасль занимает самую большую часть российской экономики. Размер приобретения иностранной валюты за счет экспорта энергоресурсов играет очень важную роль в российской

экономике, которая имеет небольшую покупательную способность на внутреннем рынке. Общий ВВП России складывается из ВВП на душу населения и общей численности населения. Общий экспорт энергоресурсов представляет собой сумму экспорта сырой нефти, природного газа и угля и рассчитывается в рублях. Доля российского экспорта энергоносителей в ВВП неуклонно росла вплоть до 2012 года, за исключением 2009 года. Эта доля, которая в начале 2000-х годов составляла около 4%, в 2012 году выросла до 13,8%. Доля экспорта энергоносителей, которая начала стремительно снижаться, в 2016 году достигла 6,7%.

[Рисунок 3-2-18] Доля экспорта энергоносителей в ВВП



Источник: Comtrade, Всемирный банк, статистическое бюро России

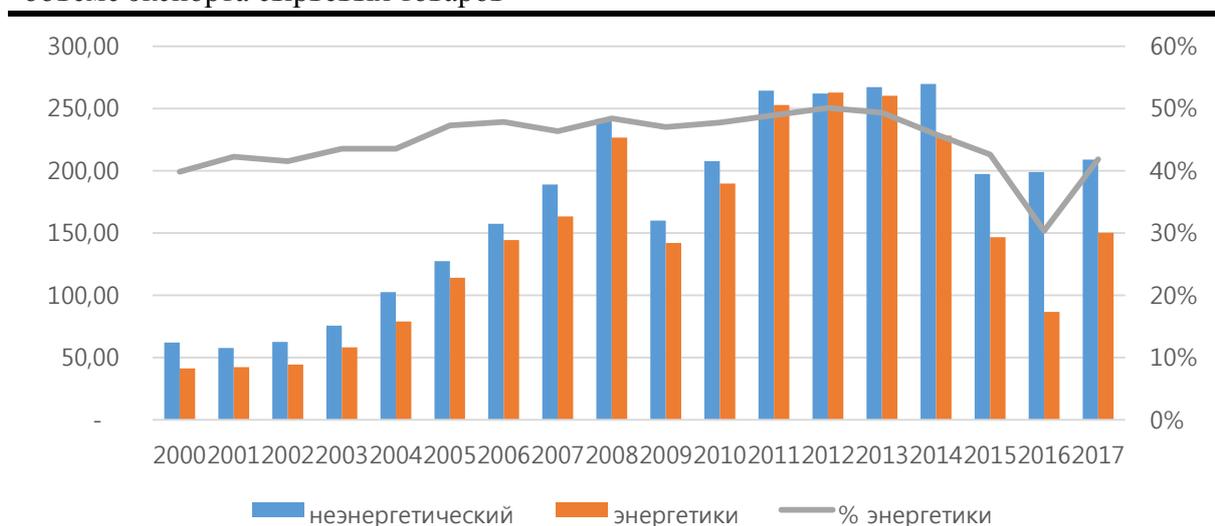
Доля экспорта энергоресурсов в общем объеме экспорта сырьевых товаров

Последним фактором, определяющим экономическую эффективность экспорта энергоносителей, является доля экспорта энергоносителей в общем объеме экспорта. Доля энергоресурсов в общем объеме экспорта свидетельствует о значимости энергетической отрасли во внешнеэкономическом секторе России. В данном случае мы используем экспортные данные UN Comtrade в долларах. Стоимость экспорта по источникам энергии и доля экспорта энергоресурсов в общем объеме экспорта представлены на [Рисунке 3-2-19].

Доля российского экспорта энергоресурсов в общем объеме экспорта сырьевых товаров в 2012 году составила около 50% после снижения примерно до 32% в 1998 году.

В 2014 году экспорт энергоресурсов и общий объем экспорта сырьевых товаров резко сократились из-за падения мировых цен на сырую нефть и глобального экономического спада. В результате экспорт энергоресурсов в 2016 году составил 30%, что ниже, чем в 1998 году.

[Рисунок 3-2-19] Экспорт энергоресурсов и доля экспорта энергоресурсов в общем объеме экспорта сырьевых товаров



Источник: UN Comtrade

Композитный индекс экономической эффективности России в энергетическом секторе

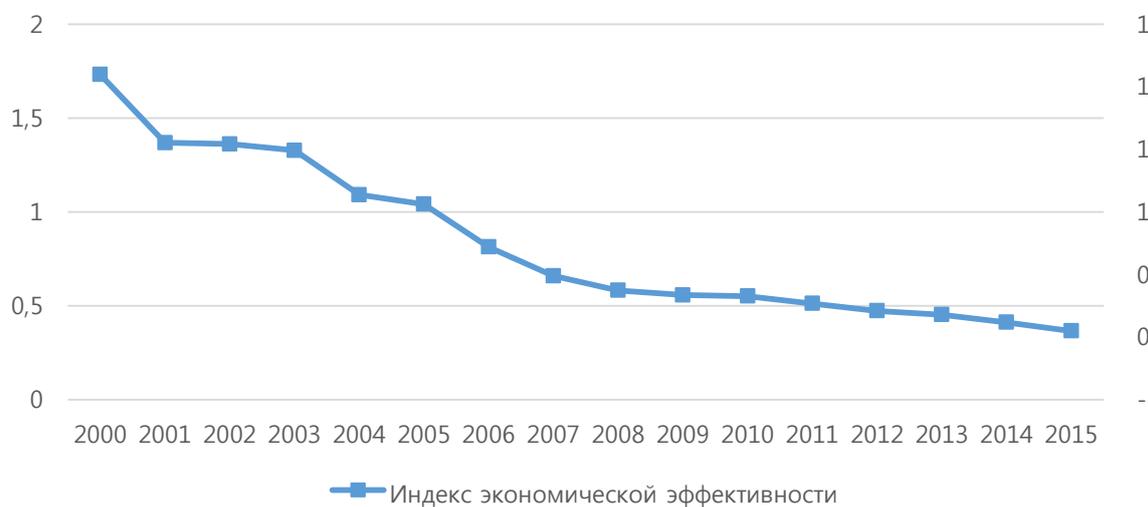
Теперь спроецируем индекс экономической эффективности производства и экспорта энергоресурсов, объединив вышеперечисленные показатели. Индекс рассчитывается так же, как и в [форм. 3-2-2-а], и представляет собой среднее значение нормированных значений указанных выше субиндикаторов.

$$EF_{prod} = \frac{(efficiency_{prod} + gdp_{energy_{exp}} + com_{energy_{exp}})}{3} \dots \dots \dots [форм. 3-1-2-2-а]$$

Результат показан на [Рисунке 3-2-20]. Индекс экономической эффективности России продолжительно снижался с 2000 года. В 2000 году значение индекса составляло 1,731, а затем произошло заметное сокращение до 0,366 в 2015 году. Главной причиной такого уменьшения индекса является снижение эффективности при производстве энергетических ресурсов, как видно на [Рисунке 3-2-17]. Несмотря на

огромный рост инвестиций в энергетический сектор, объем производства энергетических ресурсов на рубль снижался.

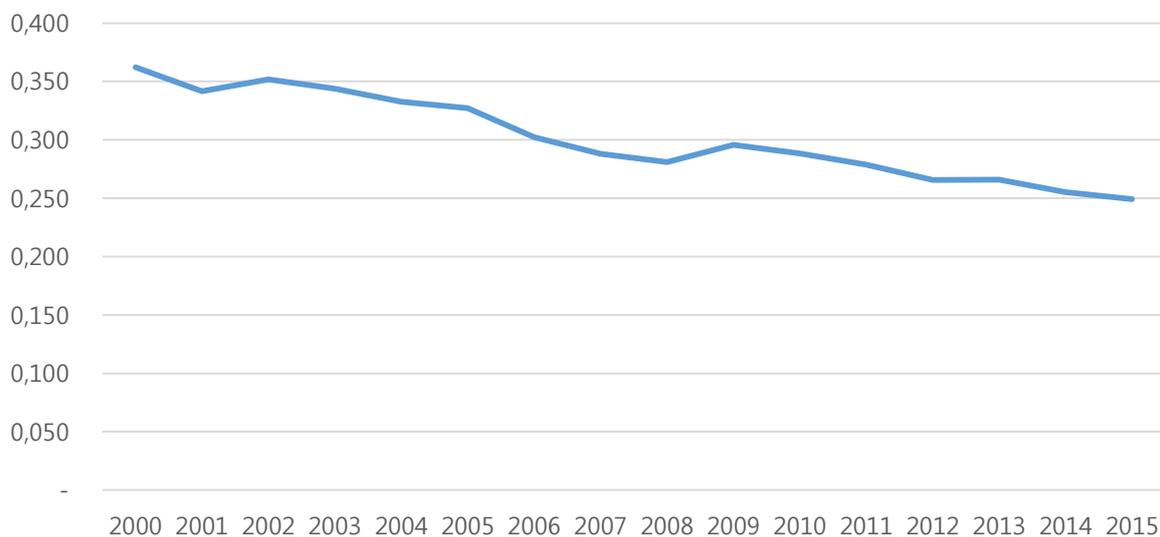
[Рисунок 3-2-20] Индекс экономической эффективности Россия



Источник: Автор, ВР statistics 2018

3.2.2.3 Индекс энергетической безопасности России

[Рисунок 3-2-21] Индекс энергетической безопасности России



Источник: Автор

Теперь оценим уровень энергетической безопасности России, объединив вышеперечисленные показатели. Субиндексы были включены в композитный индекс путем суммирования-усреднения через процесс нормализации max-min, как это ранее было выполнено для устранения смещения из-за разницы в единице измерения. Индекс ESC был рассчитан как среднее значение этих трех индексов. Российский сводный индекс ESC в целом продолжает снижаться с 2000 года. Индекс ESC, который составлял 0,362 в 2000 году, быстро снизился до 0,281 в 2008 году и восстановился на 0,296 в следующем году. Однако после этого он перешел к понижительной тенденции и показал самый низкий результат в 2015 году.

3.2.3 Оценка энерго-экологической устойчивости стран СВА

Еще одним аспектом энергетической устойчивости является энерго-экологическая устойчивость. Энерго-экологическая устойчивость – это оценка того, в какой степени процессы и результаты энергоснабжения и потребления влияют на окружающую среду. Концептуально энерго-экологическая устойчивость – это измерение того, превышают ли загрязняющие вещества в процессе поставок и потребления энергии способность экосистемы к самоочищению. Иными словами, для того чтобы энергетическая устойчивость точно соответствовала концепции, необходимо заранее провести оценку и измерение потенциала самоочищения экосистемы отдельных стран. Однако оценить способность этих отдельных национальных экосистем к самоочищению весьма непросто. Кроме того, нелегко четко определить динамическую взаимосвязь между выбросами загрязняющих веществ и способностью экосистемы к самоочищению. Ввиду этого во многих исследованиях по экологической устойчивости энергетической системы, в индикаторах и индексной системе, которые мы рассмотрели выше для оценки устойчивости энергетической системы, абсолютное количество загрязняющих веществ, выбрасываемых энергетической системой, используется в качестве косвенного показателя для оценки экологичности энергетической системы.

В нашем исследовании, выполненном с учетом структуры существующей научно-индикаторной системы, энерго-экологическая устойчивость определяется по [форм. 3-2-1] как уровень развития возобновляемых источников энергии, влияния потребления энергии на окружающую среду и эффективности потребления энергии.

3.2.3.1 Уровень развития возобновляемых источников энергии

Общие показатели или методы измерения уровня развития возобновляемых источников энергии еще не разработаны. Действительно, очень сложно оценить «степень развития» любого первичного источника энергии в любой отдельной стране. Что означает развитие первичного источника энергии на национальном уровне? Означает ли это большой объем или долю производства? Означает ли это высокую долю в потреблении или энергетическом балансе? Или же это означает, что соответствующая инфраструктура получает все большее распространение? ВИЭ добавляют здесь еще одну проблему. Как мы уже отмечали ранее в Главе 1, возобновляемая энергия – это концепция, которая охватывает источники энергии с различными характеристиками, поэтому критерии для измерения уровня развития также могут различаться. Определение концептуального показателя или метода измерения степени развития такого источника энергии четко не установлено. В связи с этим во многих исследованиях, анализирующих уровень развития возобновляемых источников энергии или факторы развития, в качестве косвенных переменных используются потребление ВИЭ, доля ВИЭ в энергобалансе и доля ВИЭ в производстве электроэнергии.

В нашем исследовании доля ВИЭ в энергобалансе используется в качестве косвенной переменной с учетом наличия данных и результатов анализа. Помимо оценки этих аспектов производства и потребления энергии нам необходимо рассмотреть уровень развития ВИЭ с промышленной точки зрения.

Производство энергии с использованием ВИЭ – это достаточно новая отрасль. Кроме того, для производства возобновляемой энергии необходимы различные виды промышленной продукции и техническая инфраструктура. Следовательно, оценка уровня промышленной базы, связанной с ВИЭ, также является важным фактором оценки уровня развития ВИЭ на национальном уровне. Здесь мы оцениваем уровень развития отрасли возобновляемой энергетики как международную конкурентоспособность продукции, связанной с возобновляемыми источниками энергии.

Доля возобновляемых источников энергии в ОППЭ

Доля ВИЭ в ОППЭ является одной из косвенных переменных, обычно используемых в различных международных системах показателей и в исследованиях, связанных с развитием национальной возобновляемой энергетики. В Главе 2 настоящего исследования, как представляется, приводятся достаточно полные данные при обсуждении вопроса о доле ВИЭ в ОППЭ в Корее, Китае и Японии, поэтому здесь мы сосредоточимся на расчете сводного индекса.

[Рисунок 3-2-22] Доля ВИЭ в ОППЭ стран СВА и расчетное значение по базовому сценарию(ref.) и сценарий энергетического перехода(trans.)



Источник: статистическое бюро Кореи, Японии, МЭА

* Расчетное значение до 2035 года является целевым значением в энергетическом плане стран.

Как уже упоминалось ранее, наше исследование следует классификационному стандарту МЭА для возобновляемых источников энергии, который включает все ВИЭ, такие как энергия ветра, солнечная энергия, геотермальная энергия, морская энергия и традиционные возобновляемые источники энергии: биоэнергия, древесные гранулы и отходы. Мы будем включать сюда гидроэнергетику и использовать наиболее

распространенное определение возобновляемой энергии. Как отмечалось нами ранее, исследования в области ВИЭ и международные организации по ВИЭ, такие как IRENA и REN21, классифицируют гидроэнергию как возобновляемую энергию. Кроме того, если такие традиционные виды источников энергии, как отходы и древесные гранулы, включены в категорию ВИЭ, то представляется разумным включить в эту категорию и гидроэлектростанции. В своем исследовании мы не оцениваем долю ВИЭ в энергобалансе, которая уже дана в документах энергетической стратегии стран.

Международная конкурентоспособность продукции, связанной с ВИЭ

Как уже упоминалось выше, уровень развития возобновляемых источников энергии с точки зрения технологии и промышленности может быть еще одним показателем для оценки уровня развития возобновляемых источников энергии на страновом уровне. Мы измеряем уровень развития возобновляемых источников энергии с технологической и промышленной точек зрения как международную конкурентоспособность продукции на национальном уровне.

Международная конкурентоспособность может быть определена как способность страны достичь таких целей экономической политики, как рост доходов и полная занятость в условиях сбалансированности внешних секторов (Фагерберг [56], Болто [34]).

Международная конкурентоспособность не ограничивается одной страной, но является относительным понятием, которое может быть применено к отдельным экономическим субъектам, таким как промышленность или корпорация. Она также используется в качестве показателя эффективности международной торговли той или иной страны. Другими словами, международная конкурентоспособность отдельных товаров или определенных товарных групп в международной торговле может пониматься как экспортная конкурентоспособность в том смысле, что конкретный товар конкретной страны может быть предпочтительнее конкретного товара другой страны на международном товарном рынке.

Экспортная конкурентоспособность отдельных видов продукции используется исследователями по-разному в зависимости от цели анализа и наличия данных. Наиболее часто используемым показателем конкурентоспособности экспорта является доля мирового рынка или темпы роста. Например, Манье и Тужас-Бернате [28], Карлин

и др. [38], Фагерберг [56], Амабль и Верспаген [26], Гринхал и др. [60] использовали соотношение экспорта и импорта в качестве индекса конкурентоспособности экспорта. С другой стороны, Хьюлст и др. [70] использовали RCA в качестве индикатора конкурентоспособности экспорта. Мы будем использовать индекс RCA для оценки международной конкурентоспособности отрасли возобновляемой энергетики в Корее, Китае, Японии и России.

Индекс RCA – это показатель того, насколько экспорт в конкретном сегменте превышает долю экспорта в целом по отрасли. Если это значение больше 1, то можно считать, что отрасль имеет сравнительное преимущество. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$RCA = \frac{X_{ij} / \sum_i X_{ij}}{\sum_j X_{ij} / \sum_i \sum_j X_{ij}} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-2-4}],$$

где

X_{ij} – экспорт продукта j страны i (в USD);

$\sum_i X_{ij}$ – сумма всемирный экспорт продукта j (в USD);

$\sum_j X_{ij}$ – общий экспорт страны i (в USD);

$\sum_i \sum_j X_{ij}$ – общемировой объем экспорта (в USD).

Данные по импорту и экспорту Кореи, Японии, Китая и России для расчета индекса RCA были получены из UN Comtrade. Для каждой страны была использована максимальная длина данных. Проблема заключается в том, как классифицировать отрасль возобновляемой энергетики. Определение отрасли возобновляемой энергетики и техническая классификация подотраслей являются относительно систематическими, но классификация кодов ТН ВЭД еще не до конца проработана, поэтому исследователи и научно-исследовательские институты часто используют ее по-разному. Мы использовали классификационные критерии Джа В. [80], в которых классификация подотраслей достаточно определена. Подробный код ТН ВЭД для каждого возобновляемого источника энергии приведен в [Приложении Б].

Композитный индекс RCA для каждой страны представляет собой сумму индексов RCA для каждого ВИЭ, взвешенных по доле источников на мировом рынке:

$$RCA_{all} = \sum_i w_i RCA_i \dots\dots\dots [\text{форм. 3-2-5}],$$

где

RCA_i – индекс RCA ВИЭ i ;

w_i – доля ВИЭ i на мировом рынке.

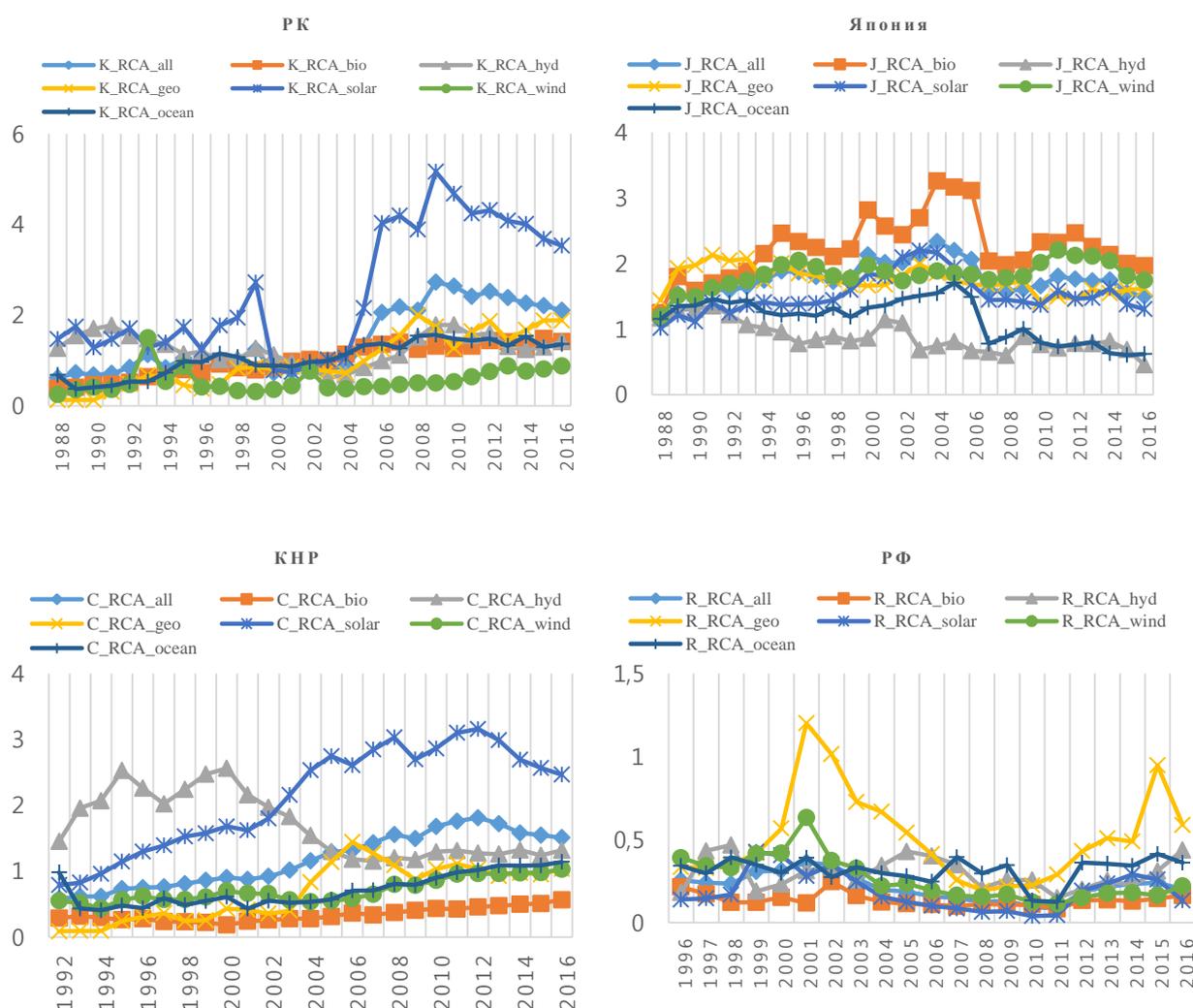
Индекс RCA по источникам и композитный индекс RCA для отрасли ВИЭ в Корее, Китае, Японии и России, рассчитанные с использованием вышеуказанного метода, приведены на [Рисунке 3-2-23]. В середине 2000-х годов всеобъемлющий индекс RCA Кореи быстро рос: к 2004 году он был ниже 1,0, однако в 2009 году вырос до 2,72, а в 2016 году достиг показателя 2,10, что является самым высоким показателем среди четырех стран. Такой рост показателей связан с резким увеличением индекса RCA для солнечной энергетики. Он составлял 0,87 в 2002 году, подскочил до 4,68 в 2010 году, а затем достиг 3,53 в 2016 году. Доля солнечной энергии в мировой возобновляемой энергетике за тот же период возросла с 28% до 38%, что способствовало увеличению комплексного индекса RCA корейской возобновляемой энергетики. В 2016 году Корея среди четырех стран имела самый высокий индекс RCA в гидроэнергетическом, геотермальном, солнечном и морском секторах энергетики.

Композитный индекс RCA Японии в отрасли ВИЭ остался неизменным в пределах 1-балльного диапазона, за исключением 2-балльного диапазона в начале 2000-х годов. Другими словами, хотя общая отрасль возобновляемой энергетики Японии стабильно поддерживала свою экспортную конкурентоспособность на мировом рынке, существенного развития не произошло. По состоянию на 2016 год Япония имеет самый высокий индекс RCA в области биоэнергетики и ветроэнергетики среди четырех стран СВА.

Композитный индекс RCA китайской отрасли ВИЭ показывает общее улучшение: показатель снизился до 1,0 к 2002 году и выявил сравнительный недостаток в секторе возобновляемой энергетики, затем неуклонно рос, достигнув 1,505 в 2016 году, что немного выше, чем в Японии. Основным фактором, улучшившим общий индекс RCA в Китае, является быстрое увеличение индекса RCA для отрасли солнечной энергетики, как и в Корее. Китайский индекс RCA для солнечной энергии, который был на уровне 0,78 в 1992 году, с тех пор неуклонно рос, достигнув показателя 3,15 в 2012 году, а затем постепенно снижался до рекордных 2,46 в 2016 году, показав

отставание от Японии. Композитный индекс RCA отрасли возобновляемой энергетики в России остался на низком уровне $0,08 \sim 0,36$. В частности, нет ни одного сектора, обладающего сравнительными преимуществами по сравнению со всем сектором возобновляемой энергетики, что свидетельствует о крайне низкой конкурентоспособности сектора ВИЭ.

[Рисунок 3-2-23] Композитный индекс RCA отрасли ВИЭ в Корее, Японии, Китае и России



Источник: автор на основе данных UN Comtrade

Теперь оценим детерминанты комплексного индекса RCA Кореи, Китая, Японии и России, рассчитанные по приведенной выше [форм. 3-2-5]. Джа В. [80] указала, что развитие НИОКР, или технологического уровня, оказывает и прямое, и косвенное

влияние на экспорт продукции, связанной с ВИЭ. Это выглядит довольно убедительно. Возобновляемая энергетика – это новое развивающееся направление в энергетическом секторе и промышленности. ВИЭ, которые лидируют в этом секторе, такие как солнечная, ветровая, приливная энергия, обладают более технологичными характеристиками, чем традиционные ископаемые источники. Таким образом, ожидается, что развитие технологического уровня окажет положительное влияние на сводный индекс RCA отрасли возобновляемой энергетике. Мы используем общее количество патентов в качестве косвенных переменных для технологического уровня²⁰.

В качестве еще одного фактора, влияющего на международную конкурентоспособность той или иной отрасли, можно рассматривать повышение производительности труда. Ожидается, что рост экономики за счет увеличения масштаба внутреннего рынка ВИЭ повысит международную конкурентоспособность отрасли возобновляемой энергетике. Мы используем производство возобновляемой энергии на душу населения в качестве косвенной переменной²¹. Еще одним аспектом производительности труда являются затраты на рабочую силу. В целом известно, что на экспортную конкурентоспособность некоторых видов продукции обрабатывающей промышленности в отдельных странах оказывают влияние затраты на рабочую силу. Поскольку продукты возобновляемой энергетике в основном являются производственными продуктами, мы также рассмотрим влияние затрат на рабочую силу. Продукты, связанные с ВИЭ, в основном являются промышленными продуктами, поэтому можно считать, что уровень развития отрасли будет прямо или косвенно влиять на экспорт продукции, связанной с ВИЭ, а следовательно, и на международную конкурентоспособность. Мы используем долю промышленного сектора в ВВП в качестве опосредованного показателя уровня промышленного развития.

Рассмотрим долгосрочную базовую функцию индекса RCA для отрасли ВИЭ посредством следующей формулы:

$$RCA_{all_t} = \beta_0 + \beta_1 lres_{pc_t} + \beta_2 indust_t + \beta_3 ltpat_t + \beta_4 lulc_t + \epsilon_t \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-2-6]},$$

²⁰ В случае России существует проблема, заключающаяся в том, что имеющиеся данные о количестве патентов не соответствуют процессу I (1) в период наличия данных RCA. В связи с этим применительно к России мы используем долю экспорта высокотехнологичной продукции вместо патентов.

²¹ В Китае производство возобновляемой энергии на душу населения не имеет надлежащего единичного корня. Таким образом, мы используем здесь общий объем производства возобновляемой энергии в Китае. Это не большая проблема, потому что она может быть легко преобразована в стоимость на душу населения с помощью оценки численности населения и прогноза.

где

RCA_all_t – средневзвешенная сумма RCA индекса возобновляемой энергетики,

$lres_pc_t$ – объем производства ВИЭ на душу населения (лог),

$lexcr_t$ – официальный обменный курс (лог),

$inus_t$ – доля отрасли в ВВП,

$ltpat_t$ – общее количество патентов (лог),

$lulc_t$ – стоимость труда (лог),

ϵ_t – термин ошибки, в которую входят все факторы, влияющие на потребность в энергии, за исключением независимых переменных.

Для расчета индекса RCA были использованы данные за период с 1989 по 2016 год в Корею, данные за период с 1988 по 2015 год в Японии, данные за период с 1992 по 2016 год в Китае и за период с 1996 по 2015 год в России. Результаты тестов единичного корня по этим переменным, результаты коинтеграции Johansen и результаты коинтеграционной регрессионной модели индекса RCA приведены в [Приложении А].

3.2.3.2 Воздействие потребления энергии на окружающую среду

Выбросы CO₂ на душу населения

Потребление энергии влияет на окружающую среду в основном за счет газообразных загрязняющих веществ, которые выбрасываются в атмосферу. Ископаемое топливо, а именно нефть, уголь и природный газ, которые являются основными источниками энергии в Корею, Китае и Японии, выделяют парниковые газы: углекислый газ, метан, гексафторид серы и оксиды азота, а также загрязняющие вещества – твердые частицы (ТЧ-10, ТЧ-2,5). Среди этих загрязнителей воздуха выбросы CO₂ на душу населения являются наиболее репрезентативной переменной, используемой для измерения энергетической экологической устойчивости. Потенциал глобального потепления углекислого газа очень мал – 1/21 метана и 1/310 закиси азота, но в целом он составляет 77% от общего объема выбросов парниковых газов [107].

Исследования по детерминантам выбросов CO₂ на душу населения на национальном уровне достаточно активны. Наиболее важным фактором, влияющим на выбросы CO₂, как было выявлено в предыдущих исследованиях, является уровень

дохода. Нет никаких сомнений в том, что доход влияет на выбросы CO₂, но также нет и единого мнения о том, является ли взаимосвязь между доходом и выбросами углекислого газа линейной или нелинейной. Гипотеза ЭКК (экологическая кривая Кузнецца) о существовании обратного U-отношения между доходом на душу населения и экологической устойчивостью была предметом многочисленных теоретических дискуссий и эмпирического анализа со времен Grossman and Krueger [61]. Однако нет четкого консенсуса относительно существования ЭКК в случае углекислого газа [137]. Цены на энергоносители и технический прогресс также широко используются в качестве факторов, влияющих на уровень выбросов CO₂, а также на уровень доходов (Агра и Чепмен [24], Ли [96], Ли & Ли [97], Юнг и Ким [82], Ким [88]).

Таким образом, наряду с уровнем доходов, ценами на энергоносители и технологическими достижениями, которые достаточно полно описывались в предыдущих исследованиях, мы выделяем в качестве фактора, влияющего на выбросы CO₂, долю ископаемого топлива в энергетических смесях. Выбросы CO₂ в основном образуются при сжигании ископаемых видов топлива, поэтому долю ископаемого топлива в энергобалансе можно рассматривать как фактор, влияющий на CO₂.

Как указано выше, использовались данные Всемирного банка (о выбросах CO₂ – в метрических тоннах на душу населения, ВВП на душу населения – в качестве прокси для уровней доходов), экономические данные Федеральной резервной системы (FRED) (о TFP (Total Factor Productivity))[45], национальных статистических управлений и ТПЭ МЭА (о доле ископаемого топлива в энергобалансе, представляющей собой сумму угля, сырой нефти и природного газа)²².

Оценим долгосрочную функцию выбросов CO₂ с помощью уравнения коинтеграционной регрессии.

Рассмотрим основную долгосрочную функцию выбросов CO₂ посредством следующей формулы:

$$lco2_pc_t = \beta_0 + \beta_1 lgdpr_pc_t + \beta_2 lprice_t + \beta_3 tfp_t + \beta_4 ftpes_t + \epsilon_t \dots\dots [форм. 3-2-11],$$

где

$lco2_pc_t$ – количество выбросов CO₂ на душу населения (лог);

$lgdpr_pc_t$ – ВВП на душу населения (лог);

²² В случае Китая для целей анализа используется доля угля в этих типах.

$lprice_t$ – IT-международная цена на нефть (лог);

tfp_t –совокупная производительность факторов производства;

$ftpes_t$ – доля ископаемого топлива в ОППЭ;

ϵ_t – термин ошибки, к которой относятся все факторы, влияющие на выброс CO₂, за исключением независимых переменных.

Использовались данные с 1971 по 2015 год в случае Кореи, с 1970 по 2014 год в случае Японии, с 1971 по 2014 год в случае Китая, с 1993 по 2014 год в случае России. Результаты тестов единичного корня по этим переменным, результаты коинтеграции Johansen и результаты коинтеграционной регрессионной модели приведены в [Приложении А].

3.2.3.3 Эффективность использования энергии

Энергоемкость

Эффективность использования или потребления энергии может быть определена с различных точек зрения. В энергетике энергоэффективность определяется как количество выходной энергии, рассчитанное относительно входной энергии. Однако применять это определение непосредственно к национальной энергетической системе нецелесообразно. Это объясняется тем, что энергозатраты в национальную энергетическую систему рассчитываются не по количеству выполняемых работ, а с применением различных методов, учитывающих производство и потребление. На этом основании мы делаем энергоемкость показателем энергоэффективности. В общем случае энергоемкость выражается следующим образом:

$$\text{Энергоемкость} = \frac{\text{ОППЭ}}{\text{ВВП}} \dots\dots\dots [\text{форм. 3-2-13}]$$

Следовательно, энергоемкость – это общая добавленная стоимость, т. е. потребление энергии в расчете на ВВП. Другими словами, это означает совокупные затраты энергии на производство 1 единицы ВВП. Изменения энергоемкости Кореи, Японии, Китая и России были показаны выше, на [Рисунке 2-1-6].

В следующем разделе мы оценим энергоемкость Кореи, Японии, Китая и России к 2035 году, используя ранее оцененное потребление энергии на душу населения, прогноз численности населения страны и прогноз ВВП.

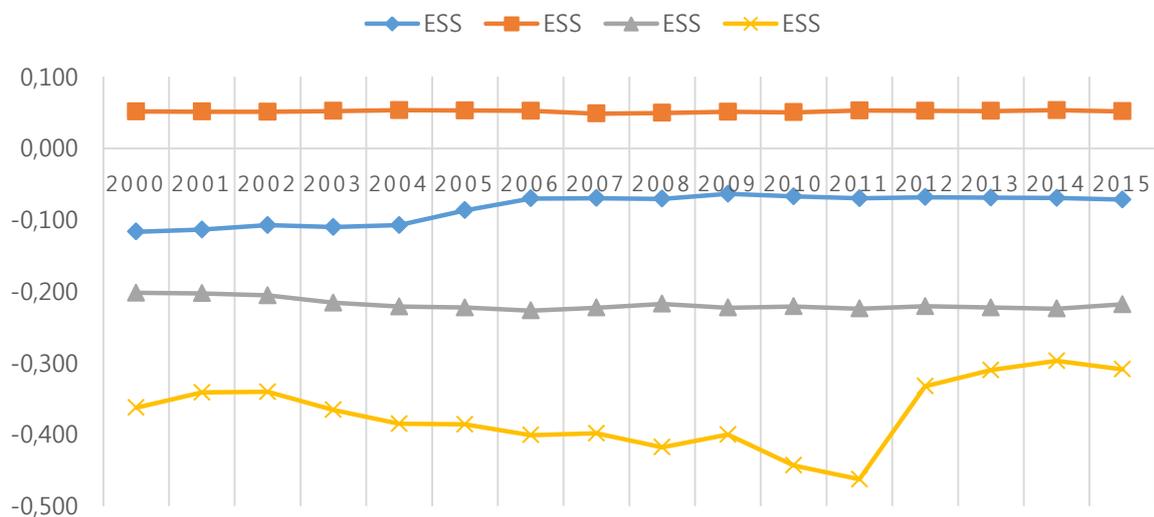
3.2.3.4 Композитный индекс энерго-экологической устойчивости

Композитный индекс энерго-экологической устойчивости (индекс EES) каждой страны оценивается так, как показано в [форм. 3-1-3-1-а]. Индекс EES рассчитывается путем усреднения max-min нормированного индекса уровня развития ВИЭ (L'_{RES}), нормированного значения выбросов CO₂ на душу населения ($IMCT'_{eco}$) и нормированного значения энергоёмкости (EFF'_e). В процессе усреднения $IMCT'_{eco}$ и EFF'_e получают знак («-»), поскольку эти показатели оказывают негативное влияние на энергоэкологическую устойчивость. Результат показан ниже, на [Рисунке 3-2-24].

$$EES = \frac{(L'_{RES} - IMCT'_{eco} - EFF'_e)}{3} \dots\dots\dots [форм. 3-1-3-1-а]$$

Индекс EES Кореи в целом улучшается, но очень медленно: так, в 2000 году он составлял -0,117, но с 2004 года постоянно растет. Основным фактором, обусловившим это изменение, является влияние уровня развития ВИЭ: индекс уровня развития ВИЭ вырос с 0,372 в 2000 году до 1,377 в 2009 году. За тот же период выбросы CO₂ увеличились с 9,52 тонн до 10,32 тонн, а энергоёмкость несколько повысилась – с 0,265 до 0,223.

[Рисунок 3-2-24] Индекс энерго-экологической устойчивости Кореи, Японии, Китая и России



Источник: ВБ, автор

Индекс EES Японии остался на высоком уровне по сравнению с Кореей и Китаем, хотя и не улучшился. Японский индекс EES, который составлял 0,051 в 2000 году, показал рост в начале 2000-х годов, но затем снизился до 0,052 в 2015 году. Абсолютный уровень японского индекса EES выше, чем у Кореи и Китая, где доминирует подавляюще низкая энергоемкость. Энергоемкость Японии не только неуклонно повышается (с 0,097 в 2000 году до 0,073 в 2015 году), но и ее абсолютное значение составляет всего лишь половину корейского показателя и 1/3 китайского. С другой стороны, индекс уровня развития ВИЭ неуклонно снижается, чтобы компенсировать улучшение энергоемкости: данный показатель снизился с 1,090 в 2000 году до 0,817 в 2015 году.

Индекс EES Китая в целом имеет тенденцию к снижению. Индекс упал с -0,202 в 2000 году до -0,218 в 2015 году. Снижение индекса в Китае вызвано увеличением выбросов CO₂ на душу населения, которые выросли более чем вдвое: с 2,69 тонны в 2000 году до 7,47 тонны в 2015 году. За тот же период индекс Китая по уровню развития ВИЭ и энергоемкости улучшился, но лишь частично компенсировал увеличение выбросов CO₂. Россия продемонстрировала значительное улучшение ситуации с 2011 года. Но проблема заключается в абсолютно низком уровне данного показателя. Видно, что индекс EES в России неуклонно снижался с -0,362 в 2000 году до -0,463 в 2011 году. Однако в 2015 году он начал восстанавливаться и достиг уровня -0,309, что является самым высоким темпом роста среди четырех стран. Однако индекс EES в России все еще показывает очень низкое значение по сравнению с Японией и Кореей. Это обусловлено тем, что Россия имеет очень низкие индексы по уровню развития ВИЭ, выбросам CO₂ на душу населения и энергоемкости. В частности, энергоемкость возросла с 0,651 в 2000 году до 0,487 в 2015 году, но все еще более чем в два раза выше, чем в Корее и Японии. Индекс уровня развития ВИЭ также очень низок по сравнению с Кореей, Японией и Китаем, а выбросы CO₂ на душу населения аналогичны выбросам Кореи и Японии.

3.2.4 Оценка энерго-социальной устойчивости стран СВА

3.2.4.1 Доступность энергетических услуг

Потребление электроэнергии на душу населения

Наиболее типичным показателем для оценки энергетической доступности является доля потребителей нетвердого топлива в общей численности населения – наиболее часто используемый показатель в различных международных системах, которые оценивают энергетическую устойчивость. Это связано с тем, что использование населением нетвердых видов топлива, таких как бензин, природный газ и другие современные виды топлива, означает, что инфраструктура снабжения и потребления хорошо развита. Однако, как уже упоминалось в Главе 1, мы не используем этот показатель в своем исследовании в качестве фактора оценки энергетической доступности Кореи, Китая, Японии и России. Вместо этого в работе используется потребление электроэнергии на душу населения в качестве косвенного показателя доступности энергии.

Потребление электроэнергии на душу населения может отражать доступность энергии аналогично доступу к нетвердому топливу. Как уже упоминалось ранее, доступность нетвердого топлива представляет собой доступность современных видов топлива. Для потребления современных топливных источников должна быть обеспечена соответствующая инфраструктура снабжения. Потребление электроэнергии также требует аналогичных предварительных условий, а именно современной инфраструктуры, а не других источников ископаемого топлива. Таким образом, если потребление электроэнергии на душу населения увеличивается, то можно сказать, что общая инфраструктура энергоснабжения уже развита. То есть увеличение потребления электроэнергии на душу населения можно трактовать как улучшение общего энергопотребления отдельных стран.

Оценим факторы, влияющие на потребление электроэнергии на душу населения в Корее, Японии, Китае и России, с помощью уравнения коинтеграционной регрессии, как это было сделано выше. Потребление электроэнергии на душу населения зависит от различных факторов: цены энергии, уровня доходов, экономической структуры, промышленной структуры, уровня развития энергетической инфраструктуры, уровня урбанизации, неравенства доходов населения, социальных факторов, экологических факторов и среднегодового температурного разрыва. Однако степень влияния этих факторов в эмпирическом анализе варьируется от страны к стране (Ли [98], Ву [150],

Оцука [119], Заман [152]). Мы строим коинтеграционную регрессионную модель с наиболее часто анализируемыми факторами, такими как уровень доходов, розничная цена электроэнергии, плотность населения, доля промышленности в ВВП и неравенство доходов в качестве независимых переменных.

Рассмотрим основную долгосрочную функцию потребления электроэнергии в следующем виде:

$$le_{consume_{pc}_t} = \beta_0 + \beta_1 lgdp_{pc}_t + \beta_2 le_{price}_t + \\ + \beta_3 lpop_{den}_t + \beta_4 indus_t + \beta_5 gini_t + \epsilon_t \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-2-14],}$$

где

$le_{consume_{pc}_t}$ – потребление электроэнергии на душу населения (лог);

$lgdp_{pc}_t$ – ВВП на душу населения (лог);

le_{price}_t – розничная цена за единицу электроэнергии (лог);

$lpop_{den}_t$ – плотность населения (лог),

$indus_t$ – доля промышленности в ВВП;

$gini_t$ – коэффициент Gini²³;

ϵ_t – ошибка термина, которая включает все факторы, влияющие на спрос, за исключением независимых переменных.

Нетрудно предсказать, что потребление электроэнергии, как и других топливно-энергетических услуг, будет иметь тенденцию к увеличению с ростом экономики или увеличением доходов. Таким образом, $lgdp_{pc}_t$ может иметь знак «+». Кроме того, потребление электроэнергии может иметь отрицательную эластичность к цене электроэнергии. Таким образом, можно предсказать, что le_{price}_t будет иметь знак «-». Можно ожидать, что увеличение плотности населения приведет к увеличению потребления электроэнергии в связи с изменениями в жилых объектах, таких как многоэтажные квартиры, и увеличением спроса на коммунальные услуги, таких как водоснабжение и канализация. Кроме того, прогнозируется положительное влияние на увеличение потребления электроэнергии. В конечном потреблении электроэнергии наибольшая доля приходится на промышленный сектор: около 50% в Корее, около 35%

²³ В Японии данные о коэффициенте Джини отсутствуют, поэтому здесь используется другой индекс неравенства доходов – квинтильный коэффициент дохода.

в Японии, около 63% в Китае и около 44% в России, поэтому рост промышленного производства может оказывать все большее влияние на потребление электроэнергии. Электричество, как и другие топливно-энергетические услуги, имеет как восходящую, так и нисходящую жесткость. Таким образом, снижение $gini_t$, т. е. улучшение по показателю неравенства доходов, может привести к увеличению потребления электроэнергии низкодходным классом, что приведет к увеличению общего потребления электроэнергии.

Использовались статистические данные с 1990 по 2015 год для Кореи, с 1985 по 2014 год для Японии, с 1982 по 2013 год для Китая, с 1994 по 2016 год для России. Подробные сведения об этих данных представлены в [Таблице 3-1-1]. Как и в предыдущих оценках энергопотребления, результаты тестов единичного корня по этим переменным, результаты коинтеграции Johansen и результаты коинтеграционной регрессионной модели приведены в [Приложении А].

В следующем разделе мы оценим среднедушевое потребление электроэнергии каждой страной к 2035 году на основе уравнения регрессии DOLS с учетом сценарных условий.

3.2.4.2 Адекватность энергетических услуг

Еще одним фактором, определяющим социальную устойчивость энергетических систем, является адекватность энергетических услуг. Как отмечалось в Главе 1, мы анализируем адекватность энергетических услуг как доход-адекватность и относительную адекватность.

Розничная цена на топливо

Оценим регрессионное уравнение розничных цен на энергоносители в Корею, Японии, Китае и России, которое будет использоваться во всей ценовой доступности энергоносителей. Розничные цены на энергоносители состоят из рыночных цен на различные источники энергии и услуги. Отражение всех этих цен на топливно-энергетические услуги не только затруднительно, но и неэффективно для получения данных о временных рядах соответствующей длины в реальности. В связи с этим мы используем розничную цену бензина, являющегося наиболее репрезентативным топливом, в качестве косвенной переменной внутренней розничной цены на

энергоносители. Исследование детерминант розничной цены отечественного бензина было в основном сосредоточено на краткосрочной динамике асимметрии розничной цены бензина, связанной с ценой сырой нефти. В этих исследованиях выявлено существование асимметрии между изменениями международных цен на сырую нефть и внутренних розничных цен на бензин (Ким, Мун [84] Ха, Ох [69]), проанализирован механизм ценообразования с точки зрения эффективности конкурентного рынка (Рейган, Вайцман [125], Кауфман, Ласковски [83]), объяснены причины асимметрии имплицитным фиксированием цен на рынке [135].

Независимые переменные, которые используются в исследованиях, посвященных асимметрии корректировки цен, разнообразны: цена сырой нефти, импортная цена сырой нефти, качество бензина по АЗС, количество АЗС по регионам, уровень налога и цены на нефть, обменный курс и структура рынка.

Расчетное уравнение для розничной цены бензина, которое мы пытаемся оценить в нашем исследовании, требует несколько иного подхода по сравнению с предыдущими исследованиями. Наша цель состоит в построении и оценке регрессионных уравнений для детерминант долгосрочных розничных цен на бензин, а не в том, чтобы охарактеризовать причины, такие как асимметрия в механизме корректировки цен на бензин. Ввиду этого мы построим регрессионную модель розничных цен, ориентируясь на международные цены на сырую нефть, ВВП на душу населения, официальный обменный курс и индекс цен, которые считаются подходящими параметрами для долгосрочных оценок с использованием годовых данных.

Рассмотрим основную долгосрочную функцию розничной цены на бензин:

$$lfprice_dom_t = \beta_0 + \beta_1 lgdp_pc_t + \beta_2 lprice_t + \beta_3 lexcr_t + \beta_4 cpi_t + \epsilon_t \dots \text{ [форм. 3-2-20]},$$

где

$lfprice_dom_t$ – розничная цена на бензин (лог);

$lgdp_pc_t$ – ВВП на душу населения (лог);

$lprice_t$ – международная цена на нефть (лог);

$lexcr_t$ – официальный валютный курс (лог);

cpi_t – индекс потребительских цен;

ϵ_t – ошибка термина, в том числе все факторы, влияющие на розничную цену бензина, кроме этих независимых переменных.

В случае России необходимо учитывать несколько иную долгосрочную функцию розничных цен на бензин. В отличие от Кореи, Китая и Японии, Россия является одним из крупнейших производителей и экспортеров сырой нефти, поэтому можно ожидать, что механизм определения внутренних розничных цен на бензин будет отличаться от механизма определения розничных цен на сырую нефть и энергоносители в странах-импортерах.

Рассмотрим следующую базовую долгосрочную функцию розничной цены на бензин для России:

$$lfprice_{dom_t} = \beta_0 + \beta_1 lincome_{avg_t} + \beta_2 loil_{prod_t} + \beta_3 lexcr_t + \beta_4 cpi_t + \epsilon_t \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-2-21]}$$

В принципе, бензин – это тоже товар, и можно считать, что на цену будет влиять рыночный спрос и предложение. При анализе данных Кореи, Китая и Японии мы использовали ВВП на душу населения и CPI в качестве косвенных переменных, представляющих спрос, а также международные цены на сырую нефть и обменный курс в качестве переменных, представляющих предложение. Мы сохраняем эту базовую структуру в функции розничных цен на российский бензин и отражаем особенности России как производителя и экспортера энергоносителей. В качестве переменных спроса, как и в других странах, используются уровни доходов и показатели инфляции. Но, принимая во внимание результаты Сафина [17], вместо ВВП на душу населения в качестве косвенной переменной уровня дохода используется среднемесячный доход на душу населения. Учитывая особенности России как экспортера, объем добычи сырой нефти и официальный обменный курс используются в качестве косвенных переменных со стороны предложения. Ожидается, что добыча сырой нефти окажет негативное влияние на розничные цены на бензин в России. Россия с 1990 года экспортирует около 63% сырой нефти в общем объеме добычи сырой нефти или нефтепродуктов и демонстрирует незначительную тенденцию к росту. Таким образом, увеличение добычи сырой нефти может негативно сказаться на розничных ценах на бензин за счет увеличения внутреннего предложения нефтепродуктов. Влияние валютных курсов отличается от влияния стран-импортеров

энергоносителей. Повышение обменного курса таких стран-импортеров энергоресурсов, как Корея, Китай и Япония, т. е. обесценивание национальной валюты, приведет к росту реальных цен на импортируемые энергоресурсы и росту розничных цен на бензин. Однако в случае стран-экспортеров энергоресурсов, таких как Россия, повышение обменного курса может привести к увеличению выгоды нефтедобывающих и экспортных компаний, что ослабит давление роста цен на продажи на внутреннем рынке. В связи с этим здесь мы отрицательно рассматриваем влияние российского обменного курса на розничные цены на бензин.

Использованы данные с 1987 по 2015 год для Кореи, с 1971 по 2015 год для Японии, с 1979 по 2015 год для Китая, с 1994 по 2016 год для России. Происхождение и характеристики этих данных были представлены в [Таблице 3-1-1]. Результаты тестов единичного корня по этим переменным, результаты коинтеграции Johansen и результаты коинтеграционной регрессионной модели приведены в [Приложении А].

Средний доход по квинтильной доходной группе

Квинтильное распределение доходов и децильное распределение доходов являются наиболее часто используемыми показателями для измерения неравенства доходов. Мы оценим средний доход 1-й и 5-й квинтильных групп Кореи, Японии, Китая и России. Предполагаемый средний доход 1-й и 5-й квинтильных групп будет использоваться для оценки доступности энергии и энергетического разрыва.

Существующие исследования по квинтильному доходу в основном сосредоточены на распределении квинтильного дохода и движении между доходными группами. Это неудивительно, поскольку при изучении неравенства доходов с целью улучшения ситуации в отдельных странах детерминанты индивидуального дохода домохозяйств, разрыв в доходах между группами и факторы мобильности являются более важными, чем величина среднего дохода на одно домохозяйство. В настоящей работе мы изучаем не само неравенство доходов или детерминанты доходов отдельных домохозяйств, а относительную цену топливно-энергетических услуг к доходу по квинтильным группам. Сосредоточимся на оценке среднего дохода 1-й и 5-й групп.

Детерминантами, которые обычно рассматриваются при изучении детерминант дохода отдельных домохозяйств, являются такие компоненты домохозяйства, как число домохозяйств, возраст и пол членов домохозяйства, уровень образования, состояние

здоровья; а также социальные факторы: социальный капитал и субсидии, безработица; и так называемые общинные факторы: климатические условия, уровень цен и инфраструктура (Хасан, Бабу [65]; Ланжу, Раваллион [93]; Симлер и др. [133]; Оцука, Яmano [147], Бенин, Рандриамамонджи [31]). В исследованиях, анализирующих детерминанты неравенства доходов, подобные факторы рассматриваются как детерминанты неравенства доходов. Это экономические факторы, такие как инфляция, безработица [32], налоговые ставки [30]; факторы социального управления: уровень коррупции и государственных расходов [104]; экзогенные факторы, такие как технологическое развитие [87], [100].

Основываясь на факторах, проанализированных в исследовании детерминант дохода и неравенства доходов, мы используем в нашем исследовании ВВП на душу населения, коэффициент Джини, долю торговли в ВВП и долю высокотехнологичного товара в экспорте обрабатывающей промышленности в качестве независимой переменной.

ВВП на душу населения напрямую связан с доходами домашних хозяйств, что будет влиять на уровень и темпы среднемесячного дохода. Коэффициент Джини (в Японии используется коэффициент квинтильного дохода) – это показатель степени неравенства доходов, влияющий на темпы роста доходов 1-й и 5-й квинтильных групп домохозяйств. Другими словами, можно ожидать, что увеличение коэффициента Джини окажет большее влияние на доход 5-й доходной группы, чем на доход 1-й группы. Доля торговли в ВВП представляет собой степень открытости национальной экономики, которую мы будем использовать в качестве косвенной переменной. Доля высокотехнологичных товаров в экспорте обрабатывающей промышленности также используется в качестве косвенной переменной.

Рассмотрим основные долгосрочные функции для среднемесячного дохода 1-й и 5-й групп при помощи следующей формулы:

$$lincom_1st_t = \beta_0 + \beta_1 lgdpc_t + \beta_2 gini_t + \beta_3 trade_t + \beta_4 htex_t + \epsilon_t$$

..... [форм. 3-2-26],

$$lincom_5th_t = \beta_0 + \beta_1 lgdpc_t + \beta_2 gini_t + \beta_3 trade_t + \beta_4 htex_t + \epsilon_t$$

..... [форм. 3-2-27],

где

$lincom_{1st_t}$ и $lincom_{5th_t}$ – среднемесячный доход 1-й и 5-й квинтильной группы (лог),

$lgdp_{pc_t}$ – ВВП на душу населения (лог),

$gini_t$ – коэффициент Джини (Gini),

$trade_t$ – доля торговли в ВВП,

$htex_t$ – доля высокотехнологичных экспортных товаров в производстве,

ϵ_t – термин ошибок, который включает все факторы, влияющие на среднемесячный доход 1-й и 5-й квинтильной группы, кроме независимых переменных.

Для Кореи были использованы данные за период с 1995 (1990) по 2016 год (2015)²⁴, для Японии – данные за период с 1990 по 2016 год, для Китая – данные за период с 1988 по 2014 (2016) год и для России – данные за период с 1997 по 2016 год. Происхождение и характеристики этих данных представлены в [Таблице 3-1-1] в предыдущем разделе. Результаты тестов единичного корня по этим переменным, результаты коинтеграции Johansen и результаты коинтеграционной регрессионной модели приведены в [Приложении А].

Доход-адекватность в потреблении энергосервиса

Адекватность означает, насколько уровень цен на энергоносители позволяет отдельным домохозяйствам потреблять топливно-энергетические услуги. Таким образом, под доход-адекватностью можно понимать уровень цен на энергоносители по отношению к доходам отдельных домохозяйств. Здесь мы описываем этот показатель как мультипликатор дохода к цене на энергоносители. В нашем исследовании будет использоваться среднемесячный доход 1-й квинтильной доходной группы, который основан на предыдущей формуле оценки, а не на среднемесячном доходе всех домашних хозяйств. Изменения в адекватности энергоносителей для наиболее уязвимой группы населения по доходам будут лучше отражать доход-адекватность, чем средний доход домохозяйства. В качестве цены на энергоносители используется розничная цена бензина за литр. Отдельные домохозяйства потребляют различные виды топливно-энергетических услуг. Среди них проводится анализ розничных цен на бензин с учетом наличия данных.

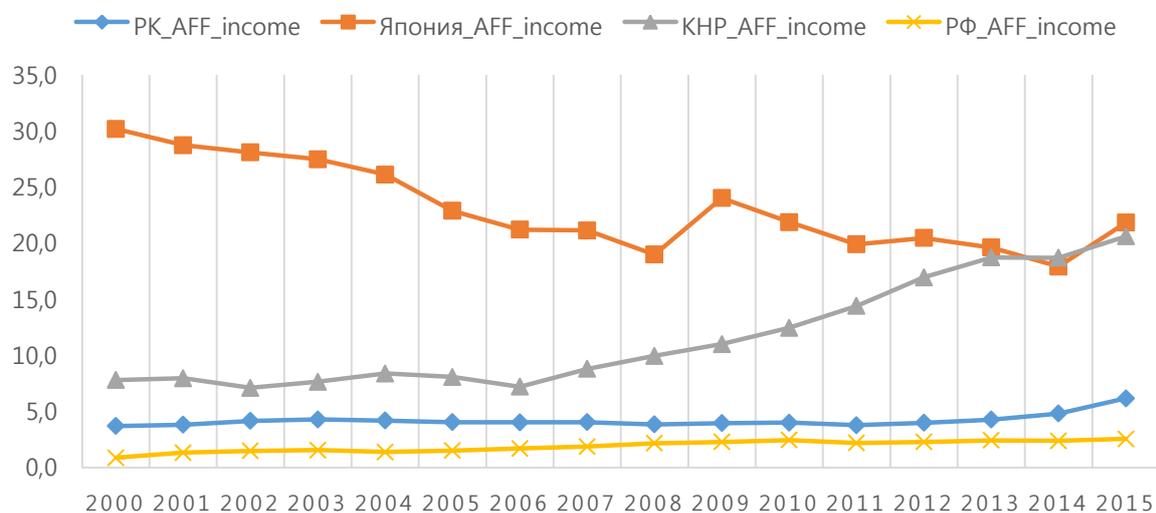
²⁴ В круглых скобках указаны годы данных пятой децильной оценки дохода.

На [Рисунке 3-2-25] представлены результаты индексации доход-адекватности в энергосервисе Кореи, Японии, Китая и России, рассчитанной по [форм. 3-1-3-2-1-1]. Мультипликатор среднего дохода 1-й квинтильной доходной группы к розничной цене бензина за литр был разделен на 100 для единичного тюнинга с относительной адекватностью по цене.

Доход-адекватность Кореи была самой низкой по сравнению с Китаем и Японией и практически не изменялась: 3,7 в 2000 году, 3,8 в 2011 году, однако выросла примерно до 6,2 в 2015 году.

Уровень доход-адекватности в Китае сохранялся на уровне 7-балльного диапазона до 2006 года, однако потом быстро увеличился, достигнув уровня 20,6, аналогичного уровню Японии в 2015 году. Это впечатляющее улучшение является результатом различных темпов роста цен на топливо и доходов 1-й квинтильной группы. Розничная цена бензина не сильно изменилась (с 6,34 юаня до 5,93 юаня за литр), но доход 1-й квинтильной группы вырос с 4567 юаней до 13004 юаней.

[Рисунок. 3-2-25] Доход-адекватность в потреблении энерго-сервиса Кореи, Японии, Китая и России



Источник: рассчитано автором

Япония является единственной из рассматриваемых стран, демонстрирующей тенденцию к снижению доход-адекватности. Доход-адекватность Японии, которая в

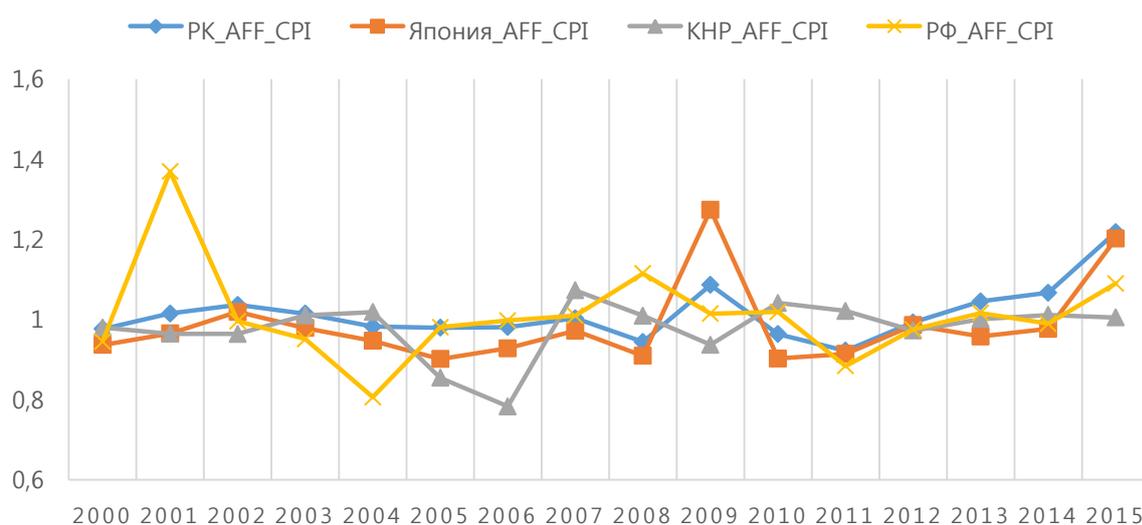
2000 году составляла 30,2%, к 2008 году быстро снизилась примерно до 19%, а в 2015 году незначительно выросла до 21,8%.

Доход-адекватность в России находится на самом низком уровне среди рассматриваемых стран, но имеет тенденцию к улучшению. Этот показатель в 2000 году составлял всего 0,9, а в 2015 году составил уже около 2,5.

Энерго-CPI-адекватность (относительная адекватность)

Энерго-CPI-адекватность означает, насколько цена топливно-энергетических услуг выше цены других потребительских товаров. Однако невозможно просто сравнить цены на топливо с ценами на другие потребительские товары с различными ценовыми диапазонами и характеристиками. Это связано с тем, что трудно получить такие данные временного ряда, даже если разница в цене и единице товара различна. Ввиду этого мы рассматриваем здесь энерго-CPI-адекватность цен на энергоносители по повышенному приросту цен на топливо относительно средней скорости прироста цены на другие потребительские товары. Цены на энергоносители обуславливают розничные цены на бензин, которые основаны на приведенном выше уравнении, а CPI используется в качестве косвенных переменных для общей цены потребительских товаров.

[Рисунок 3-2-26] Энерго-CPI адекватность Кореи, Японии, Китая и России



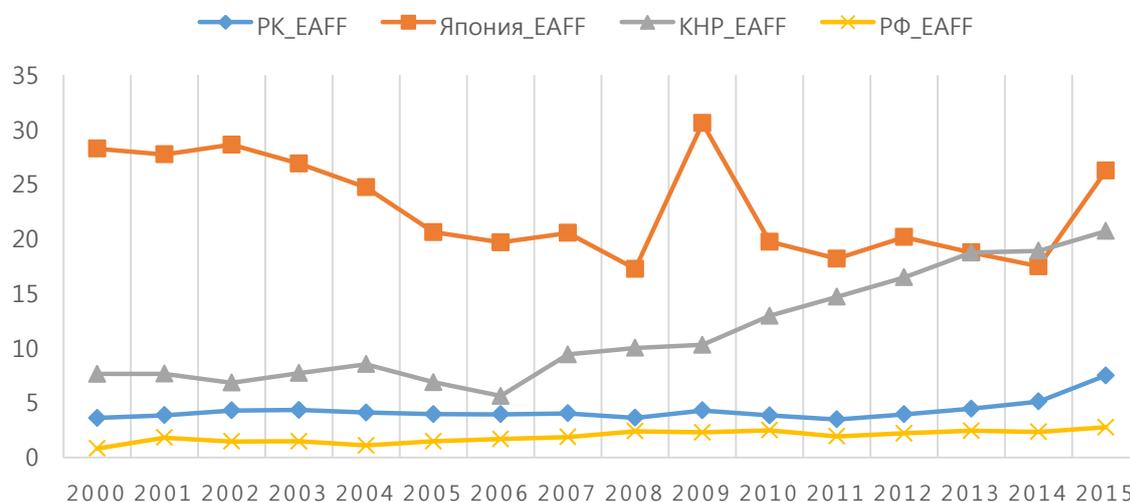
Источник: рассчитано автором

На [Рисунке 3-2-26] представлена энерго-CPI-адекватность Кореи, Японии, Китая и России, рассчитанная по [форм. 3-1-3-2-1-2]. Данный показатель рассчитывается путем добавления 1 к скорости увеличения, чтобы устранить смещение из-за отрицательного значения. Таким образом, если значение больше 1, то темпы роста цен на энергоносители меньше, чем у цен на другие сырьевые товары, а это означает, что средняя доступность топлива увеличивается.

Композитный индекс адекватности в потреблении энергетики

Рассмотрим адекватность потребления энергетики в Корее, Японии, Китае и России в виде индекса, объединив вышеупомянутую доход-адекватность и энерго-CPI-адекватность. Оба показателя относятся к повышению адекватности по мере их увеличения, и они используют одну и ту же шкалу и единицы измерения для каждой страны, т. е. это сопоставимые показатели. Согласно [форм. 3-1-3-2-1], композитная энергетическая адекватность показана на [Рисунке 3-2-27].

[Рисунок 3-2-27] Индекс энергетической адекватности Кореи, Японии, Китая и России



Источник: рассчитано автором

Как видно из рисунка, адекватность в потреблении энергии в Японии является самой высокой среди четырех анализируемых стран. Композитный индекс энергетической адекватности Японии показывает устойчивое снижение с большими

колебаниями в 2009 и 2015 годах. Однако он выше, чем показатели у Кореи и России. Резкий рост был обусловлен главным образом изменением цен на энергоносители. В частности, резкий рост индекса в 2009 и 2015 годах точно совпадает с падением цен на нефть. Напротив, доход 1-го квинтиля Японии снизился, однако розничные цены на бензин тоже упали и восстановились в связи с международными изменениями цен на нефть.

С другой стороны, в целом индекс энергетической адекватности Китая улучшился. Индекс Китая, который составлял 7,6 в 2000 году, демонстрировал устойчивую тенденцию к росту, кроме 2006 года, когда он достиг значения 5,6, однако в 2015 году составлял уже 20,7. Среднегодовые темпы роста доход-адекватности и энерго-CPI-адекватности составили 7,1% и 0,6% соответственно, и это свидетельствует о том, что улучшение доход-адекватности за счет увеличения 1-го квинтиля дохода привело к улучшению композитного индекса энергетической адекватности. Это связано с увеличением доходов 1-го квинтиля за счет быстрого экономического роста Китая и стабильных внутренних розничных цен на бензин, которые гораздо меньше подвержены влиянию международных цен на нефть. За тот же период доход 1-го квинтиля Китая вырос в среднем на 9% в годовом исчислении, но розничные цены на бензин выросли всего на 2,9%, что ниже роста мировых цен на сырую нефть на 5,3%.

Энергетическая адекватность Кореи является достаточно низкой по сравнению с упомянутыми странами, но в целом она постепенно улучшается. Индекс энергетической адекватности Кореи в 2000 году составлял 3,61, что почти в 9 раз ниже, чем в Японии, но в 2015 году он вырос на 7,5%.

Энергетическая адекватность России находится на самом низком уровне среди всех рассматриваемых стран. Индекс энергетической адекватности России, который в 2000 году составлял 0,8, в 2015 году вырос до 2,77. Таким образом, можно сказать, что энергетическая адекватность России улучшилась, хотя она все еще остается на очень низком уровне.

3.2.4.3 Энергетический разрыв

Энергетический разрыв характеризует разницу между доходными классами в потреблении топливно-энергетических услуг. Прежде всего мы должны рассмотреть конкретный смысл разрыва в потреблении энергии. В целом энергетический разрыв

означает расхождение в объеме потребления энергии по уровням доходов. Это можно подтвердить тем, что абсолютная разница в потреблении энергии в зависимости от уровня дохода между странами признается либо как 1) энергетический разрыв, либо как 2) неравенство в системе показателей или сравнительном исследовании.

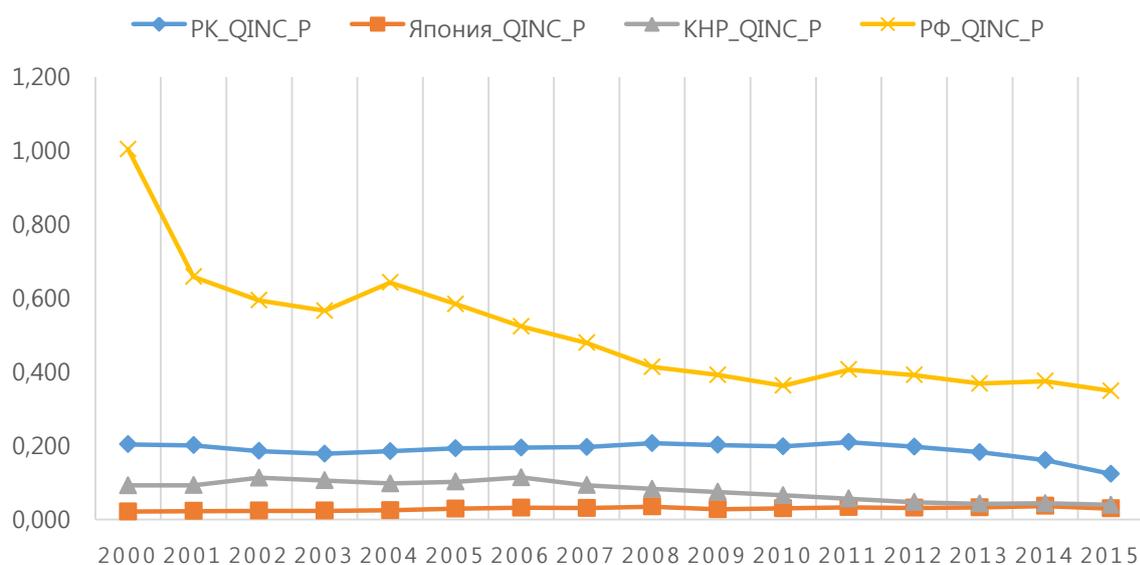
Однако этот количественный подход не является полезным для измерения энергетических разрывов в отдельных странах. Трудно отразить состав потребления топливно-энергетических услуг, который отличается от индивидуальных домохозяйств и по уровню доходов. Кроме того, Национальные статистические бюро Кореи, Японии, Китая и России не предоставляют надлежащей статистики потребления энергии на основе доходов.

Таким образом, в настоящей работе мы пытаемся измерить энергетический разрыв, основываясь на цене топлива, а не на объеме потребления энергии. Ранее мы уже рассматривали адекватность энергетических доходов с использованием цен на энергоносители и доходов домохозяйств с самыми низкими доходами, а также энерго-CPI-адекватность с использованием темпов роста цен на бензин и другие потребительские товары. Теперь энергетический разрыв в Корее, Японии, Китае и России оценивается с использованием 1-го и 5-го квинтилей дохода и цен на энергоносители.

Разрыв относительных цен на энергоносители по уровню доходов

Рассмотрим относительную цену на энергоносители по уровню дохода. Разница в соотношении цены на энергоносители к доходам домохозяйств с самыми высокими доходами и домохозяйств с самыми низкими доходами покажет этот относительный ценовой разрыв.

[Рисунок 3-2-28] Разрыв в относительных ценах на энергоносители по уровню доходов



Источник: Автор

На [Рисунке 3-2-28] показано изменение относительного ценового разрыва на энергию между 1-м и 5-м квинтильными доходами домохозяйств Кореи, Японии, Китая и России, которое рассчитывается по [форм. 3-1-3-2-2-1]. Япония имеет самый низкий относительный разрыв в ценах на энергоносители среди всех стран. Относительный разрыв в ценах на энергоносители в Японии составлял 0,021 в 2000 году и 0,030 в 2015 году, что свидетельствует о незначительных изменениях по сравнению с Кореей и Китаем.

Относительный разрыв цен на энергоносители в Корее является достаточно высоким, но с 2011 года он быстро сокращается. Этот разрыв, который составлял 0,204 в 2000 году, сократился до 0,124 в 2015 году после показателя 0,210 в 2011 году. Однако это довольно высокий разрыв по сравнению с Японией и Китаем.

Энергетический разрыв в Китае увеличился с 0,093 в 2000 году до 0,114 в 2006 году. С тех пор он быстро снижается, достигнув в 2016 году 0,039, что несколько выше, чем в Японии. Разница между Кореей, Китаем и Японией в основном связана с уровнем цен на энергоносители.

Как мы уже видели, доход-адекватность в Корее очень низка по сравнению с Японией и Китаем. Иными словами, цена бензина очень высока по сравнению с Японией и Китаем. Кроме того, разрыв между 1-м и 5-м квинтильными доходами

домашних хозяйств в Корее высок. Отношение 5-го квинтильного дохода Кореи к 1-му квинтильному доходу является самым высоким среди упомянутых выше стран. Другими словами, Корея в основном имеет более высокие цены на энергоносители, а неравенство доходов больше, чем у Китая и Японии. В результате существует высокий относительный разрыв в ценах на энергоносители между группой с самыми высокими доходами и группой с самыми низкими доходами.

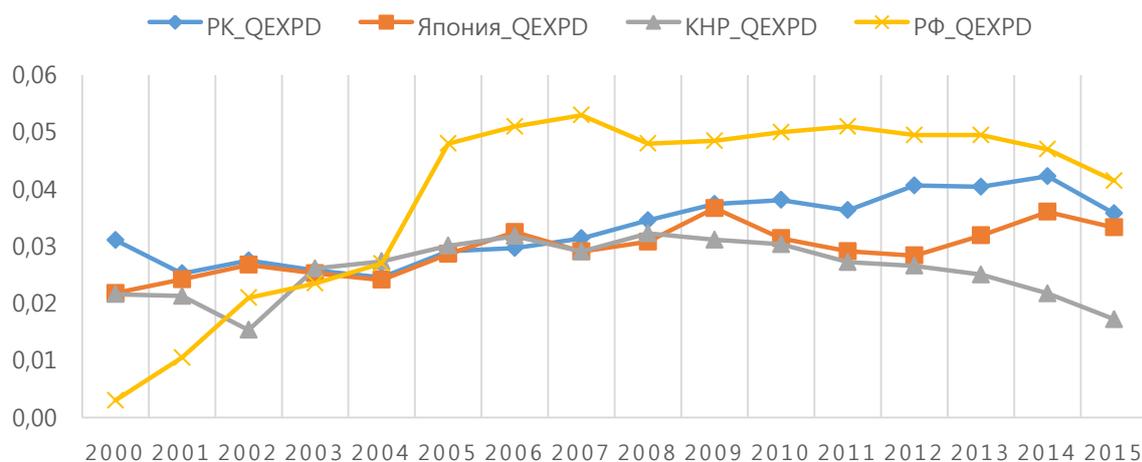
В Китае начиная с 2001 года уровень доходов 5-й квинтильной группы по сравнению с 1-й квинтильной группой был самым высоким. Однако начиная с 2006 года относительный разрыв в ценах на энергоносители быстро сокращается за счет повышения доступности энергетических доходов.

Относительный разрыв цен на энергоносители в России растет самыми быстрыми темпами. Относительный ценовой разрыв, достигший 1,004 в 2000 году, резко сократился, достигнув 0,349 в 2015 году. Но это все равно более чем в два раза превышает уровень показателя в Корее.

Разрыв в нагрузке энергопотребления по уровням доходов

Относительный разрыв в ценах на энергоносители между 1-й и 5-й квинтильными доходными группами является мерой разрыва в доходах на единицу цены энергии. Между тем разрыв в нагрузке на потребление энергии между 1-й и 5-й квинтильными доходными группами заключается в измерении того, насколько велика разница между долей расходов на потребление энергии и общими расходами на потребление между домохозяйствами с 1-м и 5-м квинтильными доходами.

[Рисунок 3-2-29] Разрыв в нагрузке на потребление энергии между 1-й и 5-й квинтильными доходными группами



Источник: Автор

В отличие от других потребительских товаров, энергоносители являются важным ресурсом для отдельных домашних хозяйств, которые не могут существенно сократить потребление по цене или другим факторам. Сообщалось даже, что домохозяйства с низкими доходами, которые не могут справиться с ростом цен на энергоносители, обеспокоены сокращением потребления продовольствия и, следовательно, ухудшением состояния питания (Каллен и др. [44]; Гичева и др. [57]). В целом на расход энергии влияют общие характеристики домашних хозяйств: количество членов домохозяйства, количество бытовой техники, состояние дома, предпочтение отопительной системы и соответствующая температура. Однако в случае маргинальных домашних хозяйств с низкими доходами, где значительная часть средств идет на потребление основных товаров, расходы на потребление энергии могут быть результатом сокращения других видов приобретаемых товаров. Ввиду этого доля потребления других товаров будет варьироваться в зависимости от доходных групп. При этом разницу в доле энергетических расходов в общем объеме потребительских расходов между доходными группами можно интерпретировать как разрыв в расходах на энергию между доходными группами.

Разница в доле расходов на потребление энергии между доходными группами рассчитывается по [форм. 3-1-3-2-2-2] и показана на [Рисунке 3-2-29]. Вполне возможно, что на разрыв в потреблении энергии между домохозяйствами с высоким и низким уровнем дохода будут влиять такие социально-экономические факторы, как

средний уровень доходов, уровень неравенства, уровень розничных цен на энергию, социальная политика борьбы с неравенством, а также природные экологические факторы: годовые перепады температур, минимальная температура и продолжительность зимы. Наше исследование фокусируется на социально-экономических факторах и пытается оценить разрыв в модели нагрузки энергопотребления между 1-й и 5-й квинтильными доходными группами.

Рассмотрим долгосрочную функцию разрыва в нагрузке энергопотребления между 1-й и 5-й квинтильными доходными группами при помощи следующего уравнения:

$$qexp_{d_t} = \beta_0 + \beta_1 lgdp_{pc_t} + \beta_2 gini_t + \beta_3 lfprice_{dom_t} + \beta_4 sco_exp_t + \beta_5 eint_t + \epsilon_t \dots \dots \dots \text{ [форм. 3-2-33]},$$

где

$qexp_d_t$ – разрыв в нагрузке потребление энергии между группами с разными доходами;

$lgdp_pc_t$ – ВВП на душу населения (лог),

$gini_t$ – коэффициент Джини (5-й коэффициент дохода для Японии);

$lfprice_dom_t$ – розничная цена бензина (лог);

sco_exp_t – социальный вклад неправительственных единиц в качестве прокси-переменной для социально-политических факторов;

$eint_t$ – энергоемкость как косвенная переменная для энергетической эффективности;

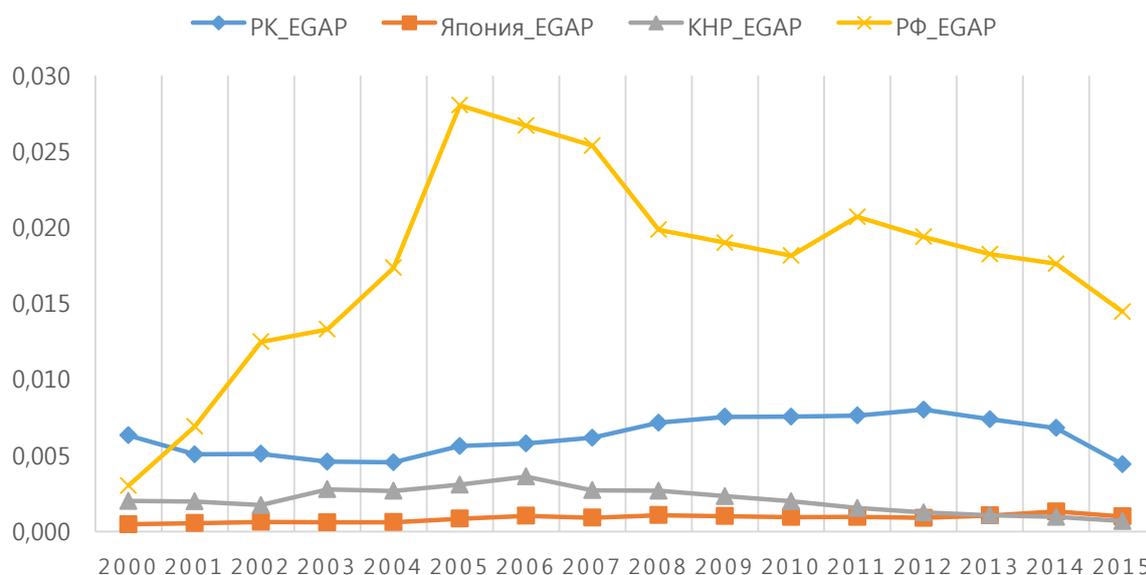
ϵ_t – термин ошибки, включающий все объясняющие факторы, за исключением независимых переменных.

Использованы данные с 1985 по 2016 год для Кореи, с 1980 по 2016 год для Японии, с 1990 по 2012 год для Китая и с 1997 по 2016 год для России. Результаты тестов единичного корня по этим переменным, результаты коинтеграции Johansen и результаты коинтеграционной регрессионной модели приведены в [Приложении А].

Композитный индекс энергетического разрыва

Далее рассчитаем композитный индекс энергетического разрыва Кореи, Японии, Китая и России, объединив два вышеперечисленных показателя. Композитный индекс выражается в виде [форм. 3-1-3-2-2].

[Рисунок 3-2-30] Композитный индекс энергетического разрыва Кореи, Японии, Китая и России



Источник: Автор

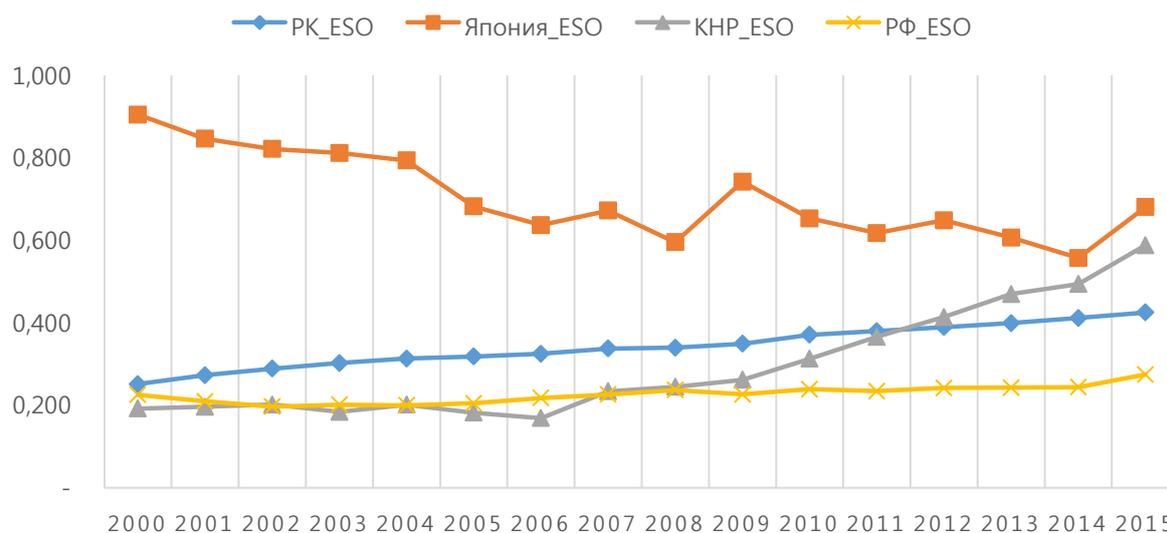
Композитный индекс энергетического разрыва России показывает самый высокий уровень среди всех стран. Российский индекс примерно в 2-4 раза выше, чем у Кореи, Китая и Японии. Индекс энергетического разрыва России, который в 2000 году составлял 0,003, в 2005 году быстро вырос до 0,028. С тех пор он улучшился до 0,014 в 2015 году, но все еще выше, чем в Корее, Японии и Китае. Композитный индекс энергетического разрыва Кореи значительно ниже, чем у России, но он выше, чем у Японии и Китая. Индекс, который составлял 0,006 в 2000 году, упал до 0,005 в 2004 году. Он снова вырос до 0,008 в 2012 году, а затем снизился до 0,004 в 2015 году.

Японский композитный индекс в целом демонстрирует небольшой восходящий тренд. Композитный индекс энергетического разрыва, который составлял всего 0,0004 в 2000 году, вырос до 0,0013 в 2014 году и снизился до 0,0009 в 2015 году. Композитный индекс энергетического разрыва Китая непрерывно улучшается с 2006 года. Сводный индекс Китая, который вырос с 0,002 в 2000 году до 0,003 в 2006 году, с

тех пор продолжает снижаться, достигнув в 2015 году уровня 0,0007, аналогичного уровню Японии.

3.2.4.4 Индекс энерго-социальной устойчивости

[Рисунок 3.2.31] Композитный индекс энерго-социальной устойчивости Кореи, Японии, Китая и России



Источник: Автор

Композитный индекс энерго-социальной устойчивости (индекс ESO) каждой страны оценивается так, как показано в [форм. 2.1.3.2.a]. Индекс ESO рассчитывается путем усреднения нормированного индикатора доступности энергетических услуг (ACC'), нормированного индекса адекватности энергетических услуг (AFF') и нормированного индекса энергетического разрыва ($EGAP'$). $EGAP'$ имеют негативное значение на индекс ESO, поэтому использованы их обратные числа для того, чтобы рост индекса ESO указывал на улучшение энерго-социальной устойчивости. Результат показан на [Рисунке 3-2-31].

$$ESO = \frac{(ACC' + AFF' - EGAP')}{3} \dots\dots\dots [\text{форм. 2-1-3-2-a}]$$

3.2.5 Индекс энергетической устойчивости

Теперь рассмотрим индекс энергетической устойчивости (индекс ESS), объединив индекс энергетической безопасности, индекс энерго-экологической устойчивости и индекс энерго-социальной устойчивости Кореи, Японии, Китая и

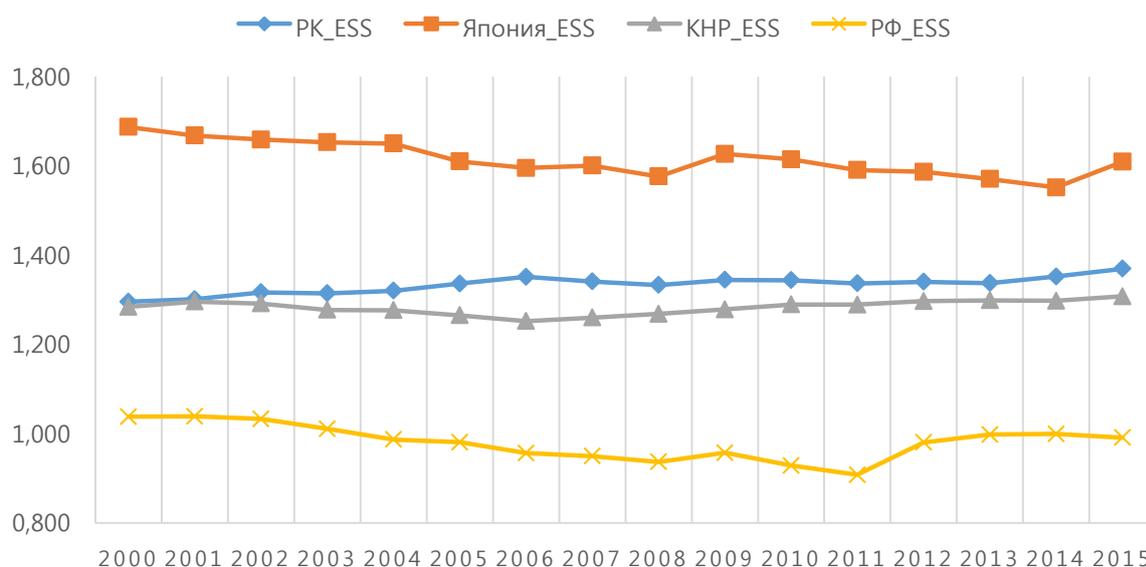
России, о которых говорилось выше. Как следует из концепции энергетической устойчивости, она учитывает три аспекта [форм. 3-1-1].

Необходимо прежде всего рассмотреть определение энергетической устойчивости. Энергетическая устойчивость, как и концепция устойчивого развития, подчеркивает баланс между тремя указанными аспектами. Следовательно, при составлении вышеперечисленных трех индексов необходимо учитывать фактор равновесия между ними и использовать уравнивающий коэффициент в качестве весового значения для включения в индекс концептуального фактора равновесия. Уравнивающий коэффициент выражается с помощью стандартного отклонения в виде следующего уравнения:

$$w_{eq,t} = 1 - stdev_t(ESC_t, EES_t, ESO_t)$$

Как уже было отмечено выше, уравнивающий коэффициент трех составных индексов находится ближе к среднему значению, т. е. чем выше баланс, тем выше будет весовое значение. Индекс ESS умножается на уравнивающий коэффициент суммы индекса ESC, индекса EES и индекса ESO, как показано в [форм. 3-1-3], и добавляется константа 1.

[Рисунок 3-2-32] Динамика индекса энергетической устойчивости Кореи, Японии, Китая и России



Источник: Автор

Композитный индекс ESS Кореи, Японии, Китая и России показан на [Рисунке 3-2-32]. С 2000 года индекс ESS Японии выше, чем у остальных трех стран. Китай и Корея демонстрируют флуктуацию на аналогичном уровне. Россия заметно уступает им. Высокий индекс ESS Японии является результатом высокого уровня и хорошего коэффициента балансировки и индекса ESO. В дополнение к относительно высоким уровням в вышеперечисленных двух индексах, Япония в 2015 году также имела хороший коэффициент баланса с показателем 0,781. Однако японский индекс ESS демонстрирует тенденцию к снижению. Индекс, который составлял 1,688 в 2000 году, снизился до 1,552 в 2014 году, а затем восстановился до 1,610 в 2015 году, что указывает на общее снижение или стагнацию.

Корейский индекс ESS немного улучшился с 2000 года. Индекс, который составлял 1,296 в 2000 году, вырос до 1,352 в 2006 году и затем в 2015 году изменился до уровня 1,370. Это изменение в корейском индексе ESS связано с улучшением индекса ESO и увеличением коэффициента балансировки. Как мы уже видели, индекс ESO Кореи быстро рос с 2000 года. Коэффициент балансировки также в целом увеличился – с 0,685 в 2000 году до 0,717 в 2013 году и 0,697 в 2015 году.

Индекс ESS Китая растет самыми быстрыми темпами с 2006 года, но его абсолютный уровень довольно низок. Индекс Китая, который составлял 1,284 в 2000 году, упал до 1,253 в 2005 году, но быстро вырос до 1,308 в 2015 году. Балансирующий фактор Китая резко снизился с 0,514 в 2000 году до 0,491 в 2015 году.

Российский индекс ESS остается на очень низком уровне. В 2000 году он составлял 1,038, в 2015 году снизился до 0,992. Низкий показатель энергетической устойчивости в России обусловлен тем, что индексы EES и индекс ESO остаются на очень низком уровне.

3.3 Оценка выгоды от энергетического сотрудничества стран СВА и его сравнение

В этом разделе изменения выгоды стран СВА в различных сценариях энергетического сотрудничества оцениваются с использованием индексов ESS стран, оценённые как выгоды стран в энергетическом секторе. Мы будем выстраивать сценарии сотрудничества в предсказуемом диапазоне и измерять индексы

энергетической безопасности и энергетической устойчивости стран по каждому сценарию. Результатом такой работы станет оценка максимальной выгоды энергетического сектора, которую каждая страна сможет получить от энергетического сотрудничества.

Как уже отмечалось, в нашем исследовании сформировано пять сценариев с учетом международной цены на энергоносители, российской цены на энергоносители, объема импорта российских энергоресурсов и соотношения состава ОППЭ каждой страны.

Базовый сценарий предполагает, что все переменные остаются неизменными в качестве некой базы, с которой сравниваются другие сценарии. Мы установили 2015 год в качестве базового года с учетом наличия фактических данных по субиндикаторам, составляющим индекс энергетической устойчивости. В Корее и Японии почти все данные доступны до 2017 года, но в Китае и России некоторые данные недоступны даже по 2015 году. Таким образом, базовый сценарий предполагает, что объемы российской сырой нефти, природного газа и угля, импортируемых Кореей, Японией и Китаем, к 2035 году останутся на уровне 2015 года и что ставка дисконтирования цен на российские энергоресурсы отсутствует. Соотношение состава ОППЭ также сохраняет свою долю в 2015 году. Кроме того, мы применили международные прогнозы цен на энергоносители для каждого сценария с учетом влияния изменений международных цен на энергоносители.

Международные прогнозы цен на энергоносители используются для преобразования сценарных прогнозов МЭА World Energy Outlook 2015 в среднегодовые темпы роста. ВЭО предоставляет 10-летние прогнозы на 2020, 2030 и 2040 годы. Годовая цена рассчитывается путем отражения среднего темпа роста за каждый базовый год. Годовые цены к 2040 году приведены в [Приложении Б.11].

Сценарий <Fossil coop. 1> предполагает, что импорт российской сырой нефти и природного газа будет увеличиваться без дисконтирования цены российских энергоресурсов и изменения доли ОППЭ в каждой стране. Распределение увеличенного объема импорта российской нефти и газа было оптимизировано с использованием метода нелинейной оптимизации GRG, который широко используется для нелинейной оптимизации. Целевое значение оптимизации задается как суммарный средний темп

роста индексов энергетической устойчивости Кореи, Японии, Китая и России. В качестве максимального количества был установлен увеличенный объем импорта российской нефти и природного газа, указанный в «Российской энергетической стратегии 2035 года» (по сравнению с 2015 годом в 2,2 раза больше сырой нефти и в 9 раз больше природного газа). В целях предотвращения резкого всплеска и падения импорта в процессе оптимизации доли импорта российской сырой нефти и природного газа были ограничены 50%, а средний объем импорта российских энергоресурсов по каждой стране был установлен на уровне минимального значения среднего объема за последние 5 лет. Таким образом, сценарий <Fossil coop. 1> показывает влияние увеличения импорта российской сырой нефти и природного газа на показатели энергетической устойчивости Кореи, Японии, Китая и России. При этом другие условия остаются неизменными.

Сценарий <Fossil coop. 2> добавляет ценовой эффект российских энергоресурсов к эффекту увеличения объема импорта <Fossil coop. 1>. При тех же условиях <Fossil coop. 1> предполагается, что Россия экспортирует сырую нефть и природный газ в Корею, Японию и Китай со скидкой в 5% от международных цен.

Сценарий <Non-coop trans> – это случай, когда Корея, Япония и Китай осуществляют энергетический переход без увеличения импорта российской сырой нефти и природного газа. Как мы уже видели в Главе 2, Корея, Япония, Китай и Россия планируют увеличить долю возобновляемых источников энергии в ОППЭ за счет сокращения доли ископаемого топлива. В случае Кореи и Японии планируется постепенно сократить долю сырой нефти и увеличить долю ВИЭ. Китай планирует сократить долю угля и сырой нефти, а также увеличить добычу природного газа и ВИЭ. Этот переход энергобаланса будет влиять на потребление энергии по источникам, что прямо или косвенно повлияет на индекс ESS. Таким образом, сценарий <Non-coop trans> сможет показать эффект внутренней энергетической политики в каждой стране путем сравнения со сценарием <Fossil coop. 1>.

Окончательный сценарий <Coop trans> представляет собой синтез трех предыдущих сценариев, которые изменили объем и цену российской энергии, а также энергетический баланс каждой страны. Мы применили 5% дисконтирования к российским ценам на нефть и природный газ и оценили соотношение состава ОППЭ,

основанное на энергетических планах каждой страны и оптимизированное с использованием GRG, как в сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>.

3.3.1 Оценка выгод энергетического сотрудничества по сценариям

Оценим индексы энергетической безопасности (индекс ESC) каждой страны и индексы энергетической устойчивости по сценариям к 2035 году. В случае индекса энергетической устойчивости (индекс ESS) существует разница в масштабе между оценочными значениями индекса по сценариям и прогнозами цен в соответствии с процессом нормализации max-min. С учетом этого мы откалибровали различия на основе значений эталонного сценария.

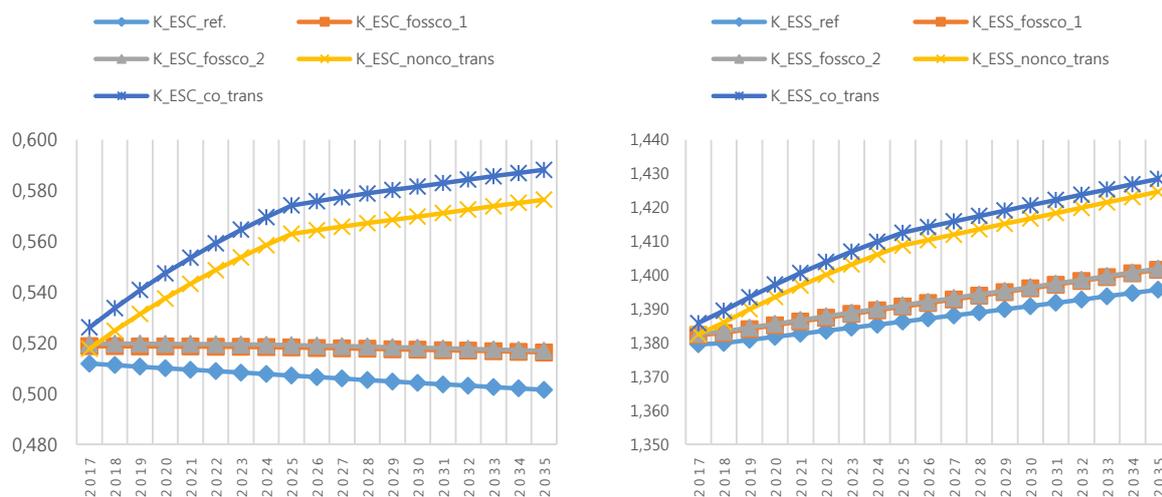
Проследим изменение индекса ESC по странам для каждого сценария. Сначала рассмотрим индекс ESC Кореи и прогноз индекса ESS по сценариям. Ожидается, что корейский индекс ESC в сценарии <Reference> будет неуклонно снижаться с 0,512 в 2017 году до 0,501 в 2035 году, демонстрируя снижение примерно на 2% в течение прогнозируемого периода. Мы можем обратить внимание на то, что индекс ESC Кореи в течение прогнозируемого периода снижается примерно на 0,5% даже в сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>. Оба сценария показывают среднегодовое улучшение примерно на 2% по сравнению с базовым сценарием, но демонстрируют тенденцию к снижению. Это означает, что увеличение импорта российской сырой нефти и природного газа недостаточно для реализации «абсолютного улучшения» корейского индекса ESC, хотя и приводит к «относительному улучшению» энергетической безопасности по сравнению с эталонным сценарием.

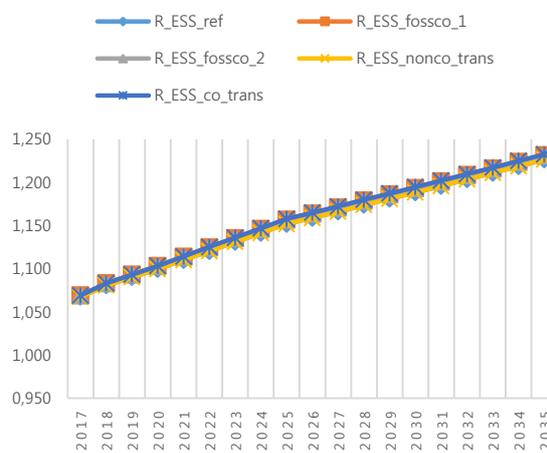
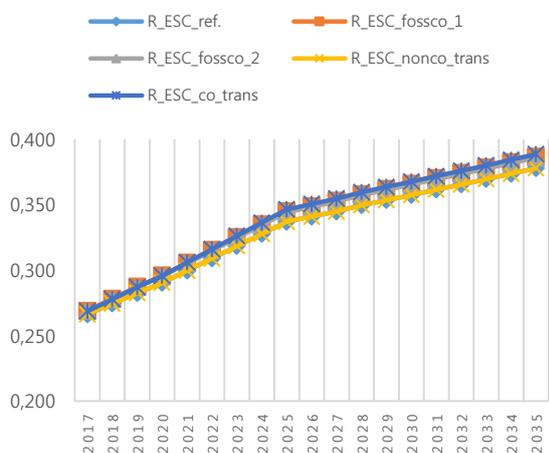
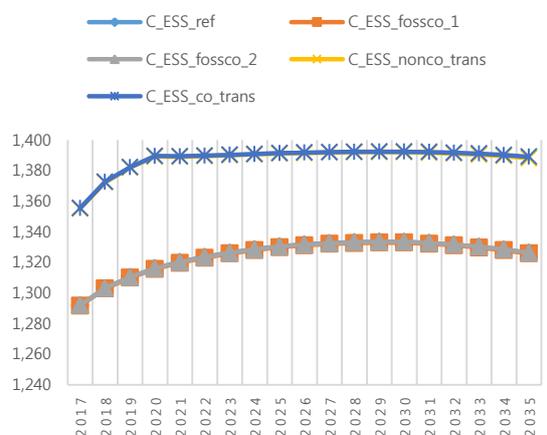
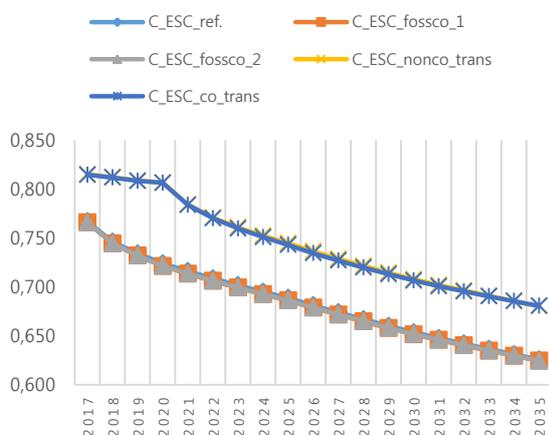
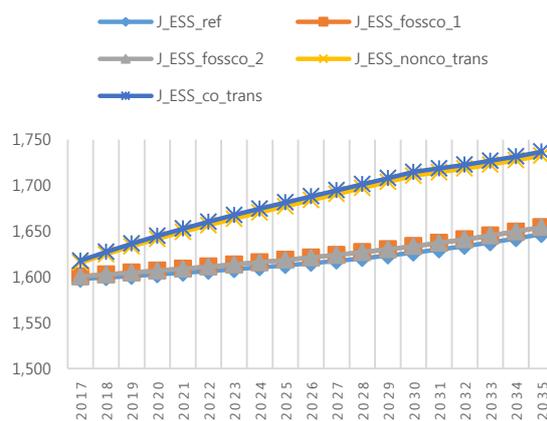
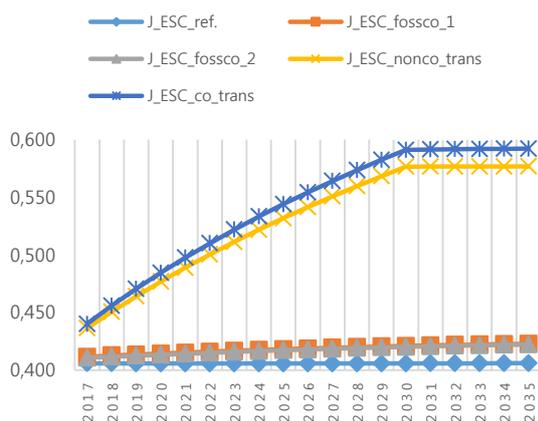
Это не значит, что объем импорта российских энергоносителей недостаточен для «абсолютного улучшения» энергетической безопасности Кореи. В сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>, основанных на прогнозе <низких> международных цен на сырую нефть, импорт сырой нефти из России в Корею к 2035 году достигнет 48 млн тнэ, что более чем в 5 раз превышает показатель 2015 года, а объем импорта природного газа увеличится более чем вдвое – до 17 млн тнэ. Кроме того, разнообразие импорта энергоносителей за тот же период увеличилось с 1,488 до 1,503 по сценарию <Fossil coop. 1> и с 1,500 до 1,508 по сценарию <Fossil coop. 2>. Таким образом, увеличение импорта российской сырой нефти и природного газа играет достаточную роль в разнообразии импорта. Кроме того, индекс стабильности импорта Кореи

незначительно улучшился с 0,552 до 0,555 по сценарию <Fossil coop. 1> и с 0,553 до 0,556 по сценарию <Fossil coop. 2> из-за увеличения импорта из России, соответственно, сырой нефти и природного газа.

С другой стороны, зависимость от импорта энергоносителей незначительно – с 82,7% до 82,8% – возрастает за тот же период, а стоимость импорта энергоносителей в ВВП увеличивается с 5,1% в 2017 году до 7,1% в 2035 году по сценарию <Fossil coop. 1> и с 5,0% до 7,0% по сценарию <Fossil coop. 2>, что ведет к снижению индекса ESC в обоих сценариях. Кроме того, тот факт, что разница в индексе ESC между двумя сценариями очень мала (около 0,2%), говорит о том, что проблема цены предложения в традиционном энергетическом сотрудничестве, сосредоточенном на поставках ископаемых энергоносителей из России в Корею, возможно, не будет большой проблемой для Кореи. Результаты сценариев <Non-coop trans> и <Coop trans> показывают, что изменение энергобаланса является более эффективным в улучшении индекса ESC. В отличие от сценария <Fossil coop. 1 & 2>, изменение энергобаланса с ориентацией на возобновляемые источники энергии, как представляется, приведет к «абсолютному улучшению», а также «относительному улучшению» индекса ESC по сравнению с эталонным сценарием.

[Рисунок 3-3-1] Расчетные значения Индекса энергетической безопасности (ESC) и индекса энергетической устойчивости (ESS) по сценариям. Международная цена на энергоносители <низкая>





* См. Приложение В результат в разделе цена энергетический прогноз <средний> или <высокий> **

*** К(К, С, Р)_ESC(ESS)_ref.: базовый сценарий

К(К, С, Р)_ESC(ESS)_fossoco_1: сценарий ископаемые сотрудничество 1

К(К, С, Р)_ESC(ESS)_fossoco_2: сценарий ископаемые сотрудничества 2

К(К, С, Р)_ESC(ESS)_nonco_trans: сценарий некооперативной перехода

К(К, С, Р)_ESC(ESS)_co_trans: сценарии совместных переход

В сценарии <Non-coop trans> индекс ESC примерно на 1% выше в 2017 году и примерно на 15% выше, чем в базовом сценарии в 2035 году, значение индекса в среднем примерно на 10% выше, чем у сценария <Reference> в прогнозируемом периоде. Кроме того, значение индекса примерно на 7% выше, чем <Fossil coop. 1 & 2> в среднем. Увеличение индекса ESC в рамках сценария <Non-coop trans> обусловлено увеличением индекса энергетической стабильности. В течение прогнозируемого периода индекс энергетического разнообразия снизился с 1,417 до 1,384, индекс энергоэффективности незначительно снизился с 0,958 до 0,953, но в то же время индекс энергетической стабильности улучшился с 0,097 до 0,138. Этот результат обусловлен эффектом снижения энергетической зависимости от импорта энергоносителей. Улучшение ситуации с зависимостью от импорта оказывает фундаментальное влияние на индекс ESC Кореи. Согласно корейскому «2-му Национальному энергетическому генеральному плану», который обсуждался в Главе 2, энергетический переход Кореи представляет собой процесс замены сырой нефти природным газом, ядерной энергией и возобновляемыми источниками энергии. Иными словами, речь идет о замещении основного импортного энергоресурса отечественными, преимущественно возобновляемыми источниками энергии²⁵. В связи с этим импортозамещение рассматриваемых энергоресурсов будет влиять на экономическую эффективность и стабильность импорта энергоносителей. Сценарий <Coop trans> имеет наибольший эффект улучшения индекса ESC в результате воздействия <Fossil coop. 2> и последствий энергетического перехода. Согласно результатам оптимизации российского импорта сырой нефти и природного газа по сценарию <Coop trans>, в 2035 году импорт российской сырой нефти в Корею увеличится до 45 млн тнэ, а импорт природного газа – до 20 млн тнэ. В результате индекс энергетической безопасности увеличивается с 0,522 в 2017 году до 0,584 в 2035 году, что в среднем на 12% выше базового сценария.

По мере увеличения импорта российской сырой нефти и природного газа индекс разнообразия импорта энергоносителей показывает тенденцию к росту с 1,475 в 2017

²⁵ Из-за проводимой нынешним правительством политики денуклеаризации доля ядерной энергетики может быть меньше, чем планировалось, а доля возобновляемых источников энергии может увеличиться. См. в [Приложении Г] конкретные прогнозы перехода к энергетическому балансу для Кореи, Японии, Китая и России.

году до 1,487 в 2023 году, а затем после пика снизится до 1,454 к 2035 году. Это самый высокий уровень значения индекса среди всех сценариев. При этом сценарий показывает переход к снижению абсолютного объема импорта энергоносителей и увеличению объема импорта из России. Индекс энергетической стабильности и индекс экономической осуществимости аналогичны показателям сценария <Non-coop trans>, который примерно на 1% и 0,1% выше по сценарию <Coop trans> для сырой нефти и природного газа соответственно. Конкретные значения каждого субиндекса приведены в [Приложении Д].

Оценочное значение индекса ESS Кореи по сценариям аналогично значению индекса ESC, но в то же время показывает другие закономерности. В отличие от индекса ESC, индекс ESS Кореи показывает тенденцию к увеличению во всех сценариях. Так, в сценарии <Reference> индекс ESS немного вырос со значения 1,380 в 2017 году до 1,396 в 2035 году. Несмотря на снижение индекса ESC, индекс ESS увеличивается за счет улучшения показателей энерго-экологической устойчивости (EES Index) и энерго-социальной устойчивости (ESO Index) в течение прогнозируемого периода. Индекс EES значительно вырастет с -0,055 в 2017 году до -0,033 в 2035 году. В частности, уровень развития возобновляемых источников энергии и уровень выбросов CO₂ на душу населения повысятся с 1,876 и 11,5 тонны в 2017 году до 3,354 и 4,9 тонны в 2035 году соответственно. Кроме того, энергоемкость в течение прогнозируемого периода улучшится с 0,241 в 2017 году до 0,244 в 2035 году. В сценариях <Fossil coop. 1 & 2> индекс ESS Кореи на 0,32% и 0,35% выше, чем в сценарии <Reference>, соответственно. Разница между этими двумя сценариями заключается в том, что <Fossil coop. 1> отражает только изменения в индексе ESC, не затрагивая индексы ESS и ESO. Индекс EES в <Fossil coop. 2> по значению на 0,02% ниже, чем в сценарии <Reference>, и его показатель составляет около 0,11%. Эта разница, по-видимому, объясняется влиянием импортных цен на российскую сырую нефть и природный газ. Эта цена, с применением скидки в 5%, используемая в сценарии <Fossil coop. 2>, имеет эффект снижения реальной международной цены на нефть, применяемой к Корее. Снижение реальных мировых цен на нефть приведет к увеличению потребления энергии, что в свою очередь повлияет на рост выбросов CO₂ на душу населения. С другой стороны, снижение реальных цен на нефть оказывает

положительное влияние на доступность энергоносителей в Корею, что приведет к росту индекса ESO. В сценарии <Non-coop trans> индекс ESS улучшается в основном за счет увеличения индекса ESC, также увеличились индексы EES и ESO. Это говорит о том, что переход энергодобавки более эффективен для увеличения индекса ESS, нежели увеличение импорта энергоресурсов из России. Индекс ESS в сценарии <Non-coop trans> увеличивается с 1,382 в 2017 году до 1,425 в 2035 году, показывая улучшение примерно на 3,05%. Это выше в среднем на 1,45% и 1,13% по сравнению со сценарием <Reference> и сценарием <Fossil coop. 2> соответственно. Годовой темп роста в течение прогнозируемого периода составит 0,30%, что на 0,20% выше эталонного сценария и на 0,22% выше показателей сценария <Fossil coop. 2>. Сценарий <Coop trans> дает комбинированный эффект от увеличения импорта российских ископаемых энергетических ресурсов, ценовых скидок и перехода к энергетическому балансу, которые влияют на индекс ESS. Индекс ESS повышается на 3,07% – с 1,386 в 2017 году до 1,428 в 2035 году, а индекс ESC, индекс EES и индекс ESO являются самыми высокими среди всех сценариев. Как показано в [Приложении Г], доля ВИЭ в структуре ОППЭ Кореи значительно ниже, чем в Японии и Китае. Что касается увеличения, то оно составляет около 0,5% пункта по сравнению с 2015 годом, что гораздо меньше по сравнению с показателями Японии (5%) и Китая (6%). Несмотря на то, что доля угля и природного газа, являющихся ископаемыми видами топлива, довольно высока, эффект перехода энергодобавки весьма значителен, что свидетельствует о потенциале ВИЭ в корейском индексе ESS.

В Японии индекс ESC и индекс ESS имеют характеристики, схожие с корейскими. Сценарий <Reference> имеет самое низкое значение индекса, а сценарии <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> очень похожи, и значение индекса в них, включая переход к энергетическому балансу, увеличивается. В сценарии <Reference> индекс ESC Японии покажет годовую скорость изменения в среднем менее 0,01% при значении 0,406. С другой стороны, индекс ESS того же сценария увеличится с 1,598 в 2017 году до 1,647 в 2035 году, поскольку индекс EES Японии улучшится даже в условиях сценария <Reference>. Индекс, имевший значение 0,050 в 2017 году, вырастет до показателя 0,102 к 2035 году, т. е. удвоится. Это связано с тем, что уровень развития ВИЭ в Японии, выбросы CO₂ на душу населения и энергоёмкость улучшатся в течение

прогнозируемого периода. Уровень развития ВИЭ вырастет с 0,938 в 2017 году до 2,111 в 2035 году, выбросы CO₂ на душу населения снизятся с 10,5 тонны до 3,3 тонны, а энергоемкость снизится с 0,084 до 0,0067. В сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> японские индексы ESC и EES очень близки к корейским показателям. Однако в этих двух сценариях индексы ESC и ESS Японии примерно на 3% и 0,36% выше, чем в сценарии <Reference>, который немного выше корейского, имеющего 2,2% ~ 2,4% и 0,32% ~ 0,35% соответственно. Таким образом, можно сказать, что эффект улучшения от импорта российских энергоресурсов в Японии оказывается несколько большим, чем в Корее. В течение прогнозируемого периода движущей силой роста индекса ESC Японии, как и Кореи, является улучшение индекса разнообразия энергоснабжения и индекса стабильности поставок за счет увеличения импорта российской нефти и природного газа. В результате оптимизации Япония будет импортировать российскую нефть в объеме от 48,7 млн тнэ до 45,3 млн тнэ к 2035 году, согласно сценариям <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>, а также 26,2 млн тнэ и 25,9 млн тнэ природного газа²⁶. Таким образом, по сценарию <Fossil coop. 1> индекс разнообразия энергоснабжения Японии увеличится с 1,249 в 2017 году до 1,359 в 2035 году, а индекс стабильности энергоснабжения увеличится примерно на 0,03%. В рамках сценария <Fossil coop. 2> индекс разнообразия энергоснабжения увеличится с 1,241 до 1,354, а индекс стабильности – на 0,01% за тот же период. Темпы роста индекса разнообразия энергоснабжения в обоих сценариях составляют около 9%, что гораздо выше по сравнению с 0,3% в Корее. В сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> индекс ESS Японии на 0,36% выше, чем в сценарии <Reference>. В отличие от корейских показателей, темпы роста японского индекса ESS увеличиваются не только в сценарии <Reference>, но и в сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>. Индекс ESS Японии увеличивается с 1,601 по сценарию <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> в 2017 году до 1,645 и до 1,655 в 2035 году соответственно. Индекс ESC Японии в <Non-coop trans> и <Coop trans> увеличится в среднем на 30,5% и 33,4% соответственно по сравнению со значением индекса в сценарии <Reference>. Индекс ESS в тех же сценариях показывает 3,88% и 4,12% от среднего темпа прироста по сравнению с <Reference>. Состав ОППЭ

²⁶ Конкретные значения импорта нефти и газа Кореей, Японией и Китаем из России по сценарию в соответствии с оптимизационным распределением приведены в [Приложении Е].

по источникам, применяемый к этим двум сценариям, является целью «4-го стратегического энергетического плана» Японии, который обсуждался в Главе 2. Он предполагает замену сырой нефти и природного газа возобновляемой энергией и ядерной энергией. Согласно плану, доля ВИЭ увеличится с 8,7% в 2017 году до 13% в 2035 году, а ядерной энергетики – с 1,8% в 2017 году до 11% в 2035 году соответственно. Переход от ископаемых источников энергии к неископаемым источникам энергии приведет к улучшению индексов ESC и EES, которые являются субфакторами индекса ESS. В сценарии <Non-coop trans>, отражающем только эффект энергетического перехода, разнообразие импорта энергии Японии снизится с 1,097 в 2017 году до 0,947 в 2035 году, но разнообразие энергетического баланса увеличится с 1,324 в 2017 году до 1,529 в 2035 году, что будет способствовать увеличению индекса ESC. Индекс EES увеличится с 0,052 в 2017 году до 0,123 в 2035 году в связи с повышением уровня развития возобновляемых источников энергии, снижением выбросов CO₂ на душу населения за счет уменьшения доли ископаемых источников и снижения зависимости от импорта энергоносителей. В сценарии <Non-coop trans>, предполагающем низкие международные цены на сырую нефть, зависимость от импорта энергоносителей снизится с 88,8% в 2017 году до 75,2% в 2035 году. В сценарии <Coop trans> в результате оптимизации импорта российской сырой нефти и природного газа в условиях <низких> цен на нефть объем импорта российской сырой нефти в Японию в 2035 году вырастет до 41,7 млн тнэ, а импорт российского природного газа увеличится до 19,1 млн тнэ в 2025 году и снизится до 17,3 млн тнэ в 2035 году. Индекс ESC из-за увеличения импорта энергоресурсов из России и эффекта ценовых скидок вырастет с 0,440 в 2017 году до 0,592 в 2035 году в сценарии <Coop trans>, что выше индекса ESC в сценариях <Fossil coop. 2> и <Non-coop trans>. Индекс EES Японии улучшится примерно с 0,052 в 2017 году до 0,123 в 2035 году из-за положительных последствий увеличения доли неископаемых видов топлива, таких как возобновляемые источники энергии и ядерная энергетика, а также за счет повышения энергоемкости. Однако незначительное увеличение потребления энергии на душу населения из-за дисконтированного ценового эффекта российской ископаемой энергии приведет к незначительному увеличению выбросов CO₂ на душу населения, что негативно скажется на индексе EES Японии. В результате значение индекса EES

примерно на 0,02% ниже, чем в сценарии <Non-coop trans>. В сценарии <Coop trans> индекс ESO в Японии снизится с 0,274 в 2017 году до 0,256 в 2035 году, но останется на самом высоком уровне по сравнению со всеми другими сценариями. Японский индекс ESO показывает тенденцию к снижению во всех сценариях, поскольку, в отличие от Кореи, Китая и России, доступность энергии в Японии снижается на протяжении всего прогнозируемого периода. Это снижение доступности энергоносителей обусловлено ухудшением доход-адекватности использования энергетических услуг, которая, по оценкам, к 2035 году составит 25,72%. Ухудшение доход-адекватности вызвано более высокими темпами роста цен на энергоносители, чем темпы роста доходов 1-й квинтильной группы. Можно сказать, что ценовой дисконт российской сырой нефти и природного газа снижает реальную международную цену на энергоносители и уменьшает диапазон индекса ESO.

Китайский индекс ESC и индекс ESS, отражающие результат оптимизации импорта российской сырой нефти и природного газа по сценариям, отличаются от показателей Кореи и Японии. Индекс ESC Китая, по-видимому, снизится во всех сценариях. Так, в сценарии <Reference> индекс ESC Китая снизится примерно на 18% – с 0,767 в 2017 году до 0,626 в 2035 году. Увеличение импорта российской нефти и природного газа окажет негативное влияние на индекс ESC Китая. В китайских сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> индекс ESC снижается с 0,766 до 0,624 в 2017 году, что немного ниже, чем индекс в сценарии <Reference>. В результате оптимизации объем импорта Китаем российской нефти в течение прогнозируемого периода составит около 35 млн тнэ в год в обоих сценариях. Импорт российского природного газа увеличится с 4 млн тнэ в 2017 году до 10 млн тнэ в 2026 году, а затем снизится до 7 млн тнэ в 2035 году. Причина, по которой индекс ESC Китая в сценариях <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> ниже, чем в сценарии <Reference>, связана с тем, что индекс разнообразия импорта сырой нефти и природного газа снижается больше в сценарии <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>, чем в сценарии <Reference>. В Китае индекс разнообразия снизится с 3,714 в 2017 году до показателя 3,549 в 2035 году в сценарии <Reference>, при этом в <Fossil coop. 1> и в <Fossil coop. 2> прогнозируется сокращение от 3,697 до 3,513 и от 3,697 до 3,506 соответственно. Индекс разнообразия импорта природного газа также снизится с 3,065 в 2017 году до 3,063 в 2035 году по

сценарию <Reference>, в то время как в <Fossil coop. 1> он снизился с 2,965 до 2,803, а в <Fossil coop. 2> – с 2,966 до 2,811, что ниже уровня <Reference>. Это объясняется тем, что китайское разнообразие импорта энергоносителей выше, чем у Кореи и Японии. Кроме того, у России доля в импорте сырой нефти Китая в 2015 году составляет 13%, что сделало ее вторым по величине поставщиком после Саудовской Аравии. Иными словами, доля сырой нефти, импортируемой из России, в китайском разнообразии импорта нефти уже достаточно высока. Это свидетельствует о том, что увеличение объема импорта из России ограничено. Ожидается, что доля России в структуре импорта природного газа в Китай резко возрастет к 2026 году, а затем резко снизится. Сам объем импорта демонстрирует тенденцию к снижению как в сценарии <Fossil coop. 1>, так и в сценарии <Fossil coop. 2>. Разнообразие импорта природного газа также изменяется, что совпадает с тенденцией увеличения доли российского газа в общем объеме импорта газа. Однако его влияние на сводный индекс разнообразия представляется ограниченным из-за его относительно небольшой доли в ОППЭ по сравнению с нефтью. Еще одним фактором, снижающим индекс ESC Китая, является неуклонное увеличение зависимости от импорта энергоносителей из-за роста потребления энергии. Индекс ESC Китая, составляющий основу индекса энергетической устойчивости, резко упадет с 0,398 в 2017 году до 0,245 в 2035 году, что окажет серьезное влияние на зависимость от импорта энергоносителей. Китай, в отличие от Кореи и Японии, демонстрирует более низкую зависимость от импорта энергоносителей. Такая зависимость от импорта энергоносителей, как ожидается, увеличится до 46% к 2035 году в связи с ростом энергопотребления в Китае, сохранением доли ископаемых источников энергии в энергобалансе, а также ограничением роста производства и увеличением импорта российских энергоресурсов. В сценариях <Non-coop trans> и <Coop trans> индексы ESC Китая очень похожи. В сценарии <Non-coop trans> индекс ESC снижается с 0,815 в 2017 году до 0,680 в 2035 году, а в сценарии <Coop trans> – с 0,814 в 2017 году до 0,681 в 2035 году. Индекс ESC в этих двух сценариях показывает значение индекса примерно на 8,5% выше, чем в сценарии <Reference>. Интересно, что по сравнению с Кореей и Японией индекс в сценарии <Non-coop trans> оказывается выше, чем в <Coop trans>, хотя и очень незначительно. Эти результаты показывают, что энергетическое сотрудничество для

максимизации общей валовой выгоды от сотрудничества между Кореей, Японией, Китаем и Россией не гарантирует Китаю значительного преимущества в области энергетической безопасности. У Кореи и Японии индексы, которые предполагают энергетический переход, выше, чем индекс ESC в <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>, но при этом значение индекса <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> не меньше, чем значение индекса <Reference>. Индекс ESS в Китае не показывает значительного снижения, в отличие от индекса ESC. Сценарии <Reference>, <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2> показывают почти тот же индекс ESC, который вырастет с 1,292 в 2017 году до 1,326 в 2035 году. Индекс EES за тот же период незначительно вырастет – с -0,246 до -0,238, а индекс ESO увеличится с 0,082 до 0,187, компенсировав снижение индекса ESC. Интересной особенностью является индекс EES Китая, который улучшился с -0,246 в 2017 году до -0,205 в 2025 году, а затем начал быстро снижаться. В 2035 году значение индекса будет примерно таким же, как и в 2018 году. Это изменение индекса EES Китая, по-видимому, связано с экспоненциальным ростом выбросов CO₂ на душу населения. Как уже отмечалось, показатели развития возобновляемых источников энергии, выбросов CO₂ на душу населения и уровня энергоемкости формируют энергоэкологическую устойчивость. Однако выбросы CO₂ имеют экспоненциальный рост и оказывают негативное влияние на индекс. Индекс ESS для сценариев <Non-coop trans> и <Coop trans> показывает улучшения, вызванные переходом к энергетическому балансу. Оба значения индекса, по оценкам, увеличатся с 1,355 в 2017 году в 2035 году до 1,388 и 1,389 соответственно. Эти значения примерно на 4,8% выше, чем у сценария <Reference>. Это показывает, что Китай может ожидать более высокого эффекта улучшения индекса ESS от энергетического перехода, чем Корея и Япония. Как показано в [Приложении 2], доля угля в энергобалансе Китая, как ожидается, снизится с 63,2% в 2017 году до 58% в 2035 году. Китай намерен увеличить долю возобновляемых источников энергии с 11,2% в 2017 году примерно до 15% в 2035 году. Среди субиндексов индекс ESC несколько выше в сценарии <Non-coop trans>, а индекс EES выше в сценарии <Non-coop trans>, хотя разница составляет менее 1%, как было показано ранее. С другой стороны, индекс ESO в <Coop trans> выше, чем в других сценариях с уровнем менее 1% пунктов. Индекс EES ухудшится с -0,170 в 2017 году до

-0,183 в 2035 году как в <Non-coop trans>, так и в <Coop trans>, а индекс ESO значительно вырастет – с 0,082 (0,083) в 2017 году до 0,187 (0,188) в 2035 году.

Индекс ESC для каждого сценария в России показывает улучшение в целом, но выгода от энергетического сотрудничества по результатам оптимизации не является существенной. В сценарии <Reference> индекс ESC России увеличится с 0,266 в 2017 году до 0,378 в 2035 году, показав рост примерно на 41%. В сценарии <Reference> улучшение российского индекса ESC является результатом улучшения индексов энергетической стабильности и энерго-экономической эффективности. Индекс разнообразия экспорта энергии снизится с 1,993 в 2017 году до 1,876 в 2035 году, в то время как индекс энергетической стабильности увеличится с 0,354 в 2017 году до 0,667 в 2035 году, а индекс энергетической экономической эффективности увеличится с 0,425 в 2017 году до 0,661 в 2035 году. Улучшение индекса энергетической стабильности обусловлено увеличением производства ископаемой энергии и ростом экспорта. Согласно «Российской энергетической стратегии до 2035 года», производство ископаемых энергоресурсов, как ожидается, увеличится с 1330 млн тнэ в 2017 году до 2088 млн тнэ в 2035 году, а экспорт ископаемых энергоресурсов увеличится со 193 млн тнэ в 2017 году до 395 млн тнэ в 2035 году. В результате коэффициент R/P, еще один фактор, составляющий индекс энергетической стабильности России, снизится с 131 в 2017 году до 123 в 2035 году. В сценарии <Fossil coop. 1> индекс ESC несколько выше, чем в сценарии <Reference>. Индекс ESC, по сценарию <Fossil coop. 1>, увеличится с 0,269 в 2017 году до 0,387 в 2035 году, т. е. в среднем примерно на 2% будет превышать значение индекса в <Reference>. Эта разница обусловлена улучшением индекса разнообразия экспорта энергоносителей, который связан с увеличением экспорта сырой нефти и природного газа в Корею, Японию и Китай. В <Fossil coop. 1> индекс разнообразия энергетического экспорта России с 1,997 в 2017 году вырастет до 2,010 в 2035 году. Это более высокий уровень, имеющий тенденцию к улучшению по сравнению с индексом в <Reference>, который снизится с 1,933 до 1,867 за тот же период. Доля экспорта сырой нефти в Корею, Японию и Китай увеличится примерно до 33% к 2035 году, а доля экспорта природного газа – примерно до 13% за тот же период. Российский индекс ESC в сценариях <Fossil coop. 2> примерно на 0,2 процентных пункта ниже, чем в <Fossil coop. 1>. По-видимому, это связано с тем, что

эффект ценового дисконтирования российской сырой нефти и природного газа превышает эффект увеличения экспорта в Корею, Японию и Китай. Из-за скидки на сырую нефть и природный газ, экспортируемые в Корею, Японию и Китай, индекс энергетической экономической эффективности России на 0,49% ниже в <Fossil coop. 2>, чем у <Fossil coop. 1>. Общий объем экспорта в Японию и Китай также сократился на 0,76%, а индекс энергетического разнообразия снизился на 0,04%. В сценариях <Non-coop trans> и <Coop trans> российский индекс ESC не демонстрирует существенного улучшения. В условиях <Non-coop trans> российский индекс ESC увеличится с 0,266 в 2017 году до 0,378 в 2035 году, но не покажет никаких отличий от сценария <Reference>. С другой стороны, индекс ESC в сценарии <Coop trans> увеличится с 0,269 в 2017 году до 0,389 к 2035 году, что примерно на 0,3% выше результата <Fossil coop. 1>. Это самый высокий показатель среди всех сценариев. По-видимому, это связано с увеличением спроса на природный газ в Корею, Японии и Китае, а также с увеличением импорта из России. Как видно из [Приложения Ж], объемы импорта нефти Корею, Японией и Китаем из России практически достигают целевого показателя, установленного в «Энергетической стратегии на период до 2035 года». С другой стороны, общий объем импорта российского природного газа Корею, Японией и Китаем, который сохранялся на уровне 50 млн тнэ, как в сценариях <Fossil coop. 1>, так и <Fossil coop. 2>, увеличится до 85,8 млн тнэ, что ниже целевого показателя в 145 млн тнэ. В результате индекс разнообразия экспорта энергоресурсов России вырастет с 1,998 в 2017 году до 2,054 в 2035 году и примерно на 1,5% превысит показатель в сценарии <Reference> и на 8,6% – показатель в <Fossil coop. 1>. Индекс стабильности не показывает никакой разницы, однако индекс энерго-экономической эффективности примерно на 0,6% ниже, чем <Reference> и <Fossil coop. 1> из-за скидки на экспортную цену. В сценарии <Coop trans> российский индекс ESC является самым высоким среди других сценариев, но его улучшение меньше тех же показателей в Корею, Китае и Японии. Изменения в российском индексе ESS по сценариям аналогичны изменениям в индексе ESC. В сценарии <Reference> индекс ESS России увеличится с 1,067 в 2017 году до 1,226 в 2035 году. В тот же период по сценарию <Reference> российский индекс ESS улучшится с -0,224 до -0,136, а индекс ESO вырастет с 0,047 до 0,064. Улучшение индекса EES связано с улучшением показателей уровня развития ВИЭ, выбросов CO₂

на душу населения и энергоемкости. Уровень развития индекса ВИЭ увеличится с 0,205 в 2017 году до 0,246 в 2035 году в результате улучшения индекса RCA для возобновляемых источников энергии с 0,378 до 0,461. Выбросы CO₂ на душу населения за тот же период сократятся с 9,6 тонны до 3,1 тонны, а энергоемкость снизится с 0,507 до 0,415.

На улучшение индекса ESO в наибольшей степени повлияло улучшение энергетической доступности России. В сценарии <Reference> индекс доступности энергии увеличится с 1,994 в 2017 году до 3,745 в 2035 году, чему способствуют темпы роста доходов 1-й квинтильной группы, которые выше темпов роста цен на топливо. В сценарии <Fossil coop. 1> индекс ESS России увеличится с 1,069 в 2017 году до 1,231 в 2035 году, что в среднем примерно на 2% выше, чем в сценарии <Reference>. Увеличение индекса ESC отражается в этом увеличении. Индекс EES и индекс ESO <Fossil coop. 1> не отличаются от показателей сценария <Reference>. Индекс ESS в <Fossil coop. 2> не показывает каких-либо существенных отличий от <Fossil coop. 1>. Индекс ESS <Fossil coop. 2> в среднем ниже примерно на 0,03%, чем в <Fossil coop. 1>.

В сценарии <Non-coop trans> индекс ESS России вырастет с 1,067 в 2017 году до 1,226 в 2035 году, не показав никаких отличий от сценария <Reference>. В сценарии <Coop trans> индекс энергетической устойчивости России является самым высоким среди всех сценариев, и это указывает на то, что увеличение экспорта ископаемых энергетических ресурсов оказывает наибольшее влияние. Однако индекс ESS в сценарии <Coop trans> показывает среднее увеличение примерно на 0,44% по сравнению с <Reference>, что является незначительным по сравнению с Кореей, Японией и Китаем.

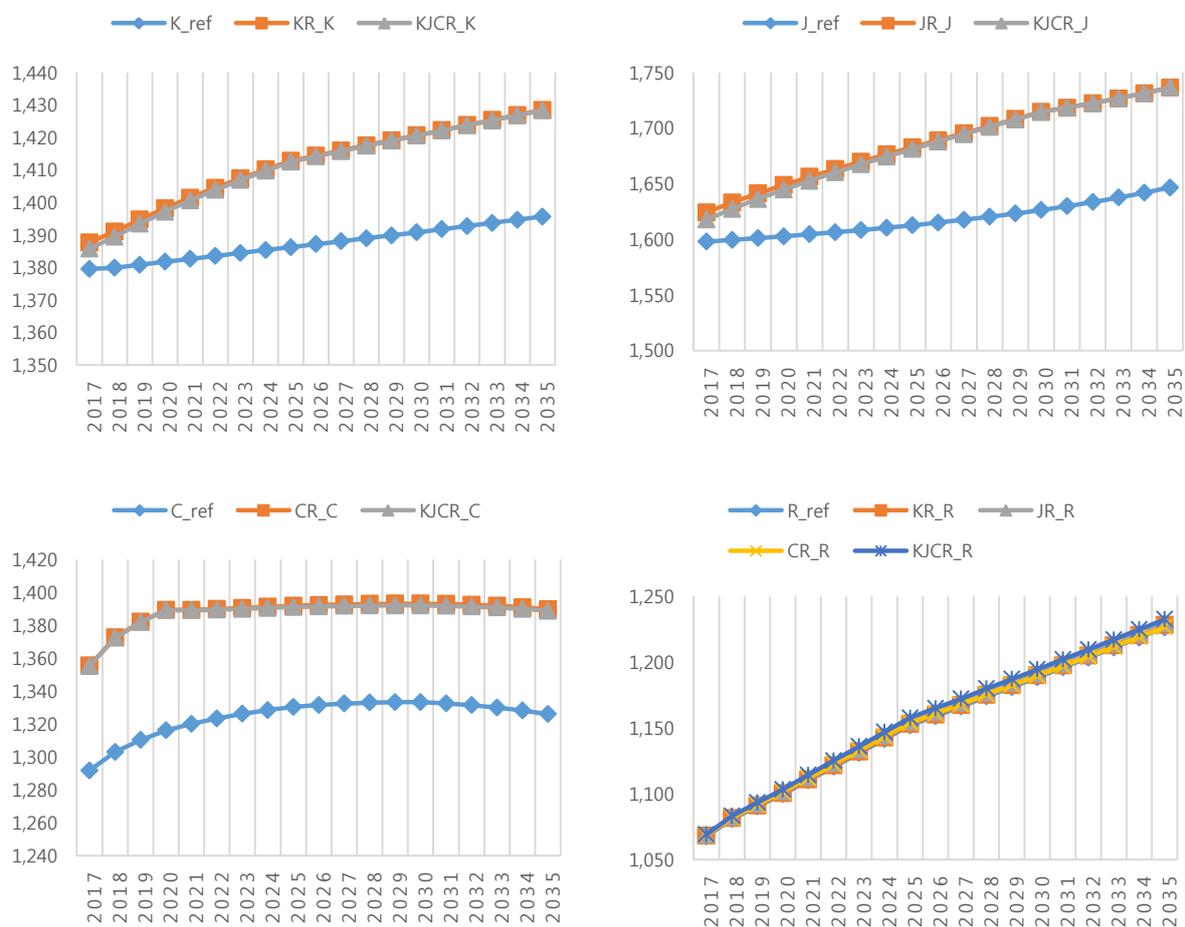
До сих пор прогноз динамики индекса ESC и индекса ESS до 2035 года в Корее, Японии, Китае и России происходит по сценариям, основанным на оптимизации объема импорта российской нефти и газа, которые нацелены на максимизацию общего среднего темпа роста.

Результаты таковы.

Во-первых, энергетическое сотрудничество, основанное на совместных выгодах (т. е. на общем среднем темпе роста значения индекса), приносит дискриминационные выгоды для каждой страны. Увеличение выгоды от энергетического сотрудничества

(темпы роста индексов ESC и ESS в сценарии <Reference>) Кореи, Японии и России показывают положительное значение в рамках <Fossil coop. 1> и <Fossil coop. 2>, но в случае Китая ESC и ESS показывают отрицательный темп роста в сценариях, за исключением ESS в <Fossil coop. 2>. Кроме того, выгоды от сотрудничества, которые представляют собой повышение значения индексов ESS и ESC, по-разному распределяются странами в рамках рассматриваемых сценариев. Другими словами, максимизация совместных выгод не гарантирует максимальной выгоды отдельных стран, и для Китая целесообразно не выбирать сотрудничество.

[Рисунок 3-3-2] Сравнение индекса энергетической устойчивости при <Coop_trans> с индексом при <Reference> сценарии и индексом при условии двустороннего сотрудничества



*KJCR_K (CJR): индекс энергетической устойчивости Кореи (Китай, Япония, Россия), рассчитанный путем оптимизации общей выгоды от сотрудничества по сценарию <Coop trans>
**K (J, C, R)_ref.: индекс энергетической устойчивости Кореи (Китай, Япония, Россия) по сценарию <Reference>
*** KR (JR, CR)_K (J, C, R): индекс энергетической устойчивости Кореи (Китай, Японии, России) в условиях двустороннего сотрудничества

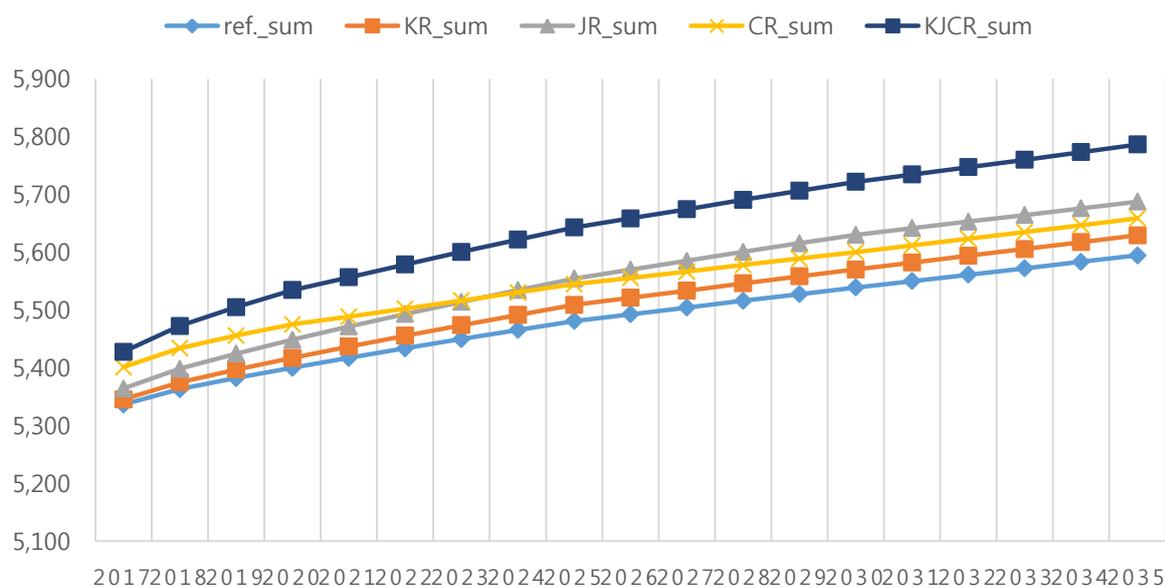
Во-вторых, улучшение внутренней энергетической структуры может быть более эффективным, чем международное сотрудничество в области повышения энергетической безопасности и энергетической устойчивости. Как видно, переход энергобаланса в Корею, Японию и Китай оказывает большее влияние на индексы ESS и ESC, чем увеличение импорта и ценовых скидок на сырую нефть и природный газ из России. Это свидетельствует о том, что качественное улучшение структурных факторов, таких как разнообразие энергобаланса и зависимость от импорта энергоносителей, является более эффективным, чем внешние факторы.

В-третьих, традиционная форма энергетического сотрудничества и увеличение использования ВИЭ в ОППЭ не являются взаимоисключающими. При сравнении индекса ESS сценария <Reference> с индексом ESS сценария <Fossil coop. 2> и <Coop trans> эффект увеличения дисконтированного по цене российского импорта нефти и газа и эффект перехода энергобаланса в сценарии <Coop trans> оказываются кумулятивными, и такая особенность особенно заметна в Корею и Японию. Эти три результата указывают на то, что энергетическое сотрудничество между странами является эффективным, когда оно основано на внутренних улучшениях, таких как переход к энергетическому балансу, и может быть реализовано, когда выгоды от сотрудничества, т. е. увеличение индекса ESS каждой страны за счет сотрудничества, распределяются разумным образом.

На [Рисунке 3-3-2] показан индекс ESS каждой страны в ранее оцененном сценарии <Reference>, сценарии <Coop trans> и условиях двустороннего сотрудничества соответственно. Индекс ESS сценария <Reference> предполагает, что нет никаких изменений в текущем состоянии. Это означает, что нет никаких изменений в таких условиях, как энергозатраты российских ископаемых энергетических ресурсов и энергобаланс. Следовательно, если энергетическое сотрудничество между странами эффективным индекс ESS каждой страны в сценарии <Coop trans> и условиях двустороннего сотрудничества соответственно должен быть выше, чем у сценария

<Reference>. Значит, это минимум эффективности энергетического сотрудничества. С другой стороны, разница между индексом ESS в сценарии <Coop. trans> и индексом в условиях двустороннего сотрудничества представляет собой разницу эффективности между многосторонним сотрудничеством и двухсторонним сотрудничеством. Индекс ESS в сценарии <Coop trans> выше, чем у сценария <Reference> в Корее, Японии, Китае и России. В Корее индекс ESS в сценарии <Coop trans>, по прогнозам, увеличится с 1,386 в 2017 году до 1,428 в 2035 году. Это в среднем на 1,7% выше индекса ESS сценария <Reference> и на 0,04% ниже значения оптимизации сценария в условиях двустороннего сотрудничества. Это наименьшая разница среди Кореи, Японии и Китая, поэтому можно сказать, что для Кореи ожидается относительно малая выгода сотрудничества. В Японии индекс в сценарии <Coop trans> увеличится с 1,618 в 2017 году до 1,737 в 2035 году – в среднем на 0,37% в год. Среднее значение примерно на 4,12% выше индексного значения сценария <Reference>, а среднее значение примерно на 0,12% ниже значения сценария в условиях двустороннего сотрудничества. В Китае значение индекса в сценарии <Coop trans> увеличится с 1,355 в 2017 году до 1,389 в 2035 году – в среднем на 0,13% в год. Это на 4,78% выше среднего значения индекса <Reference> и на 0,05% ниже среднего результата в условиях двустороннего сотрудничества. Российский индекс в сценарии <Coop trans> вырастет с 1,069 в 2017 году до 1,232 в 2035 году, показав среднегодовой темп роста около 0,75%. Это на 0,44% выше значения индекса <Reference> и на 0,33% выше результата в условиях двустороннего сотрудничества.

[Рисунок. 3-3-3] Сравнение суммы индексов <Coop trans> с суммой индексов ESS в двустороннем сотрудничестве



* ref._sum: сумма индексов ESS в сценарии <Reference>

** KJCR_sum: сумма индексов ESS, рассчитанный путем оптимизации общей выгоды от сотрудничества по сценарию <Coop trans>

***KR (JR, CR)_sum: сумма индексов ESS стран с учетом двустороннего сотрудничества между Кореей (Японией, Китаем) и Россией

В случае Китая и Японии разница между индексом в сценарии <Coop trans> и значением индекса <Reference> высока по сравнению с показателем Кореи и России. В частности, в Китае значение индекса <Coop trans> на 4,8% выше, чем у сценария <Reference>, и значительно выше, чем в Корее и России. С другой стороны, Россия имеет характеристики, отличные от Кореи, Японии и Китая. Как уже упоминалось выше, индекс <Coop trans> в Корее, Японии и Китае в среднем на 0,1%, 0,1% и 0,05% ниже, чем у результата в условиях двустороннего сотрудничества, в то время как в России этот показатель в среднем на 0,3% выше. Хотя это малая разница, можно сказать, что Корея, Япония и Китай предпочитают двустороннее сотрудничество, а Россия предпочитает многостороннее.

Наше основное ожидание, упомянутое в предыдущей главе, состоит в том, что общие выгоды от энергетического сотрудничества и выгоды отдельных стран в многостороннем сотрудничестве будут больше, чем в двустороннем сотрудничестве. Другими словами, сумма индексов <Coop trans> выше суммы индексов ESS в двустороннем сотрудничестве. Сумма выгод, т. е. сумма индекса ESS Кореи, Японии,

Китая и России, в многосторонних условиях всегда выше суммы энергетической устойчивости при условии двустороннего сотрудничества. На [Рисунке 3-3-3] показано сравнение суммы индекса <Coop trans> с суммой индекса ESS каждой страны в двустороннем энергетическом сотрудничестве Кореи и России (KR_sum), Японии и России (JR_sum) и Китая и России (CR_sum) при одном и том же сценарном условии.

Индекс энергетической устойчивости России и стран-партнеров по двустороннему сотрудничеству рассчитывался с использованием ранее применявшегося метода оптимизации, а индекс стран, не включенных в сотрудничество, следовал значению сценария <Reference>. Как показано на [Рисунке 3-3-3], сумма выгод в ситуации многостороннего сотрудничества достигает 1,6% в минимуме и 2,4% в максимуме в среднем по сравнению с двусторонним сотрудничеством. Иными словами, можно сказать, что многостороннее сотрудничество является более эффективным, чем двустороннее, в том объеме общей выгоды, которую приносит энергетическое сотрудничество. Это совпадает с нашими ожиданиями. Как показано на [Рисунке 3-3-2], выгоды Кореи, Японии и Китая в двустороннем сотрудничестве больше, чем в многостороннем, но Россия демонстрирует противоположный результат. Разница между этими совокупными выгодами и выгодами отдельных стран по спектру сотрудничества по годам свидетельствует о фундаментальном стратегическом характере энергетического сотрудничества, которое включает ряд стран-импортеров энергии и одну страну-поставщика энергии.

Мы можем подтвердить следующий результат.

Во-первых, энергетическое сотрудничество между Кореей, Японией, Китаем и Россией выгодно для всех стран-участниц, но уровень выгод варьируется. Как мы уже видели, индекс <Coop trans> во всех странах выше, чем у сценария <Reference> и оптимизированного сценария <Fossil coop. 2>, что свидетельствует об эффективности реализации энергетического сотрудничества. Однако значение индекса <Fossil coop. 1 и 2> Кореи, Японии и Китая, которое ниже индекса ESS <Non-coop trans>, показывает, что улучшение энергетического баланса и его переход более эффективны для повышения энергетической устойчивости, чем традиционное энергетическое сотрудничество с Россией. Иными словами, приоритетами политики повышения энергетической устойчивости таких стран-импортеров энергоносителей, как Корея,

Япония и Китай, являются не традиционное энергетическое сотрудничество с Россией, а переход энергобаланса.

Во-вторых, многостороннее энергетическое сотрудничество является более эффективным, чем двустороннее энергетическое сотрудничество. Как мы уже видели, общая выгода от многостороннего сотрудничества, т. е. сумма индекса <Coop trans> для каждой страны, предполагающей многостороннее энергетическое сотрудничество, больше, чем сумма индекса ESS страны для любого сценария, предполагающего двустороннее сотрудничество. В частности, несмотря на то, что индекс ESS стран, кроме России, максимизируется в двустороннем сотрудничестве, общая сумма двустороннего сотрудничества ниже, чем у многостороннего сотрудничества. Хотя многостороннее сотрудничество и не гарантирует максимальной выгоды для отдельных стран, тем не менее оно обеспечивает максимальную выгоду для стран-участниц в целом.

В-третьих, масштабы выгоды от сотрудничества в области энергетики представляются асимметричными для разных стран. Как видно из индекса <Coop. trans> по странам [Рисунок 3-3-2], масштабы выгоды сотрудничества различаются, т. е. индекс при возможном энергетическом сотрудничестве имеет разное значение.

Заключение

В результате проведенного исследования мы получили следующие выводы.

Во-первых, традиционное энергетическое сотрудничество дает эффективные, но относительно ограниченные выгоды, в отличие от общих ожиданий. Традиционная модель энергетического сотрудничества, т. е. увеличение поставок Россией сырой нефти и природного газа в страны СВА, имеет ограниченные выгоды от сотрудничества как с точки зрения энергетической безопасности, которая является традиционной выгодой энергетического сектора, так и с точки зрения энергетической устойчивости. Индекс ESC и расчетное изменение индекса ESS Кореи, Японии, Китая и России в сценариях <Reference> и <Fossil coop. 1 & 2>, представленные в Главе 3, показывают, что энергетическое сотрудничество традиционным способом эффективно для всех четырех стран. Однако по сравнению с результатами в сценарии <Non-coop trans>, по крайней мере для Кореи, Японии и Китая, переход энергобаланса дает большую выгоду, чем сотрудничество в сфере ископаемых источников энергии с Россией. В частности, индекс ESC и индекс ESS Китая и Японии в сценарии <Non-coop trans> значительно выше, чем у сценария <Fossil coop. 1 & 2>. Это связано с тем, что сотрудничество в области ископаемых энергоресурсов с Россией, которое не включает в себя переход энергобаланса, лишь частично улучшает разнообразие импорта энергоносителей и экономическую эффективность энергоснабжения этих стран. С другой стороны, переход энергобаланса влияет на зависимость импорта энергоносителей, прямо или косвенно затрагивая энерго-экологическую и энерго-социальную устойчивость, а также такие факторы энергетической безопасности, как энергетическое разнообразие и экономическая эффективность. Здесь мы должны отметить: эти результаты не означают, что энергетическое сотрудничество между Кореей, Японией, Китаем и Россией не является эффективным для развития энергетического сектора в этих странах. Переход энергобаланса в другие страны, кроме России, явно более эффективен, чем сотрудничество с Россией в области ископаемых энергоресурсов. В сценарии <Coop trans> индексы ESC и ESS каждой страны выше, чем в других сценариях. Так, традиционное сотрудничество в области ископаемой энергетики и энергетический переход не имеют взаимоисключающих эффектов, а

скорее носят накопительный характер. Эти результаты весьма показательны для энергетического сотрудничества между странами СВА. Переход энергобаланса не может быть осуществлен в короткие сроки. С другой стороны, использование таких источников может оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду, требуя не только немалых инвестиций для внедрения, но и дополнительных расходов на купирование рисков и их последствий [3]. Ввиду этого для расширения использования ВИЭ необходимо международное сотрудничество, а также развитие технологий, капиталовложения, политическая поддержка через институты и нормативные акты. Кроме того, стабильное снабжение существующими ископаемыми энергетическими ресурсами также имеет большое значение для плавного перехода энергобаланса на возобновляемые источники энергии. Следовательно, энергетический переход стран СВА не только стабилен при сотрудничестве с Россией в области ископаемых энергоресурсов, но и сам переходный процесс может быть частью энергетического сотрудничества. Таким образом, мы подтвердили нашу гипотезу.

Во-вторых, обоснована гипотеза нашего исследования о том, что многостороннее сотрудничество является более эффективным, чем двустороннее. В работе показано, что валовая выгода в двустороннем энергетическом сотрудничестве Кореи, Японии и Китая с Россией, т. е. сумма индекса ESS в двустороннем сотрудничестве, ниже суммы индекса ESS каждой страны в сценарии <Coop. trans>, предполагающего многостороннее сотрудничество. Другими словами, многостороннее энергетическое сотрудничество является более эффективным с точки зрения валовой выгоды. Как мы уже видели, хотя это малая разница, индекс ESS стран-импортеров в двустороннем сотрудничестве выше, чем в многостороннем. С другой стороны, индекс ESS России выше в многостороннем сотрудничестве. Другими словами, наше исследовательское предположение кажется отчасти верным. Прежде всего результат, в котором общая выгода многостороннего сотрудничества больше общей выгоды двустороннего сотрудничества, означает, что среднее значение возросшей выгоды отдельных стран в многостороннем сотрудничестве выше, чем в двустороннем. Другими словами, средние темпы роста выгоды Кореи, Японии, Китая и России в многостороннем сотрудничестве больше, чем средние темпы роста выгоды России и страны-партнера «А» в двустороннем сотрудничестве. На данном этапе важны

изменения в пользу России. Как уже было сказано выше, выгода России больше в многостороннем сотрудничестве. Большую часть возросших выгод от двустороннего сотрудничества получают страны-партнеры, а не Россия, поэтому многостороннее сотрудничество является не только более эффективным, чем двустороннее сотрудничество, но и представляется той формой сотрудничества, которая может быть реализована.

В-третьих, в энергетическом сотрудничестве стран СВА структура выгоды и система преференций каждой страны отличаются друг от друга, а также расходятся с общепринятыми представлениями. В ходе анализа мы установили, что максимальный объем поставок сырой нефти и природного газа из России в Корею, Китай и Японию по сравнению с 2015 годом в 2,2 раза больше по сырой нефти и в 9 раз больше по природному газу, что является целевым значением «Энергетической стратегии России до 2035 года». Кроме того, поставки природного газа были центральной темой дискуссий по вопросам энергетического сотрудничества между странами СВА и Россией. В частности, Корея и Япония занимают 2-е место среди крупнейших импортеров СПГ в мире. Это объясняется тем, что потребление природного газа в Корею и Японии относительно больше, и они являются крупнейшими импортерами на международном рынке природного газа. Однако наш анализ показывает, что спрос на природный газ в Корею, Японии и Китае может оказаться не таким высоким, как ожидалось. Напротив, обнаружилась возможность того, что спрос на российскую сырую нефть может быть выше. В результате оптимизации во всех условиях всех сценариев объемы импорта сырой нефти из России в Корею, Японию и Китай практически совпадают с максимальными поставками России. Однако объем импорта природного газа составляет около 61% от максимального объема поставок России в качестве максимального общего объема импорта. Эти результаты обусловлены тем, что структура импорта природного газа в Корею и Японию является более стабильной, чем структура импорта нефти. Как показано в работе, Корея и Япония в меньшей степени зависят от конкретных стран и регионов в импорте природного газа, чем в импорте сырой нефти. Это также отражено в индексе разнообразия импорта. Индекс разнообразия импорта природного газа в Корею на 59% выше, а в Японии – на 89% выше, чем индекс разнообразия импорта сырой нефти в среднем с 2000 по 2015 год.

Другими словами, Корея и Япония уже имеют относительно диверсифицированную структуру импорта природного газа, а доля импорта российского природного газа выше, чем нефти. Это означает, что объем импорта природного газа Кореей и Японией из России для увеличения разнообразия и стабильности импорта энергоносителей ограничен. Кроме того, сырая нефть по-прежнему составляет большую долю в структуре ОППЭ Кореи и Японии, чем природный газ. Эти особенности показывают, что система предпочтений Кореи, Японии и Китая в энергетическом сотрудничестве отличается от российской. Между тем разница в увеличении индекса ESS каждой страны по сценариям показывает, что структура выгоды стран СВА имеет различные особенности в энергетическом сотрудничестве. Более того, учитывая тенденции индекса ESS стран, объем изменений индекса за счет увеличения объема импорта российской сырой нефти и природного газа, перехода энергобаланса, а также ценового дисконтирования российской сырой нефти и природного газа ситуация по странам складывается по-разному. В Корее, Японии и Китае эффект от энергетического перехода намного больше, чем от увеличения импорта российской сырой нефти и природного газа или снижения цен. Темпы роста индекса ESS в сценарии <Non-coop trans> по сравнению с <Reference> составляют 1,45% в Корее, 3,88% в Японии и 4,74% в Китае, что больше, чем в сценарии <Fossil coop. 1> (0,32% в Корее, 0,36% в Японии и 0,04% в Китае). С другой стороны, ценовые скидки на российскую сырую нефть и природный газ увеличили индекс ESS примерно на 0,03% в Корее и Китае и примерно на 0,002% в Японии, поэтому ценовое влияние на улучшение индекса не столь существенно. Между тем на индекс энергетической устойчивости России в наибольшей степени влияет увеличение экспорта сырой нефти и природного газа в Корею, Японию и Китай, а также энергетический переход в Корее, Японии и Китае. Эффект ценовых скидок для России не является существенным. Кроме того, как уже упоминалось выше, структура выгоды Кореи, Японии, Китая и России представляется противоположной в ситуации многостороннего сотрудничества и в ситуации двустороннего сотрудничества. Такое различие между структурой выгоды и системой предпочтений стран Северо-Восточной Азии свидетельствует о структурной сложности энергетического сотрудничества между странами СВА и Россией.

В-четвертых, для осуществления многостороннего сотрудничества между странами СВА и Россией необходимы многосторонние рамки сотрудничества для координации и обсуждения масштабов выгоды от сотрудничества, а также методов сотрудничества. Эффективность многостороннего сотрудничества не является достаточным условием для осуществления многостороннего сотрудничества. Кроме того, различия в структуре выгоды каждой страны в области энергетического сотрудничества и сложность его реализации не позволяют автоматически достичь энергетического сотрудничества в странах СВА. Другими словами, необходимо иметь механизм для обсуждения выгоды от сотрудничества, средств сотрудничества и объектов сотрудничества между странами СВА, чтобы энергетическое сотрудничество могло быть реализовано. В диссертационном исследовании мы оценили баланс энергетического сотрудничества (индекс энергетической устойчивости), используя основные переменные, такие как экспортные цены на российскую сырую нефть и природный газ, объем экспорта по странам и соотношение энергобаланса по странам, а также уровень колебания индекса ESS по уровню международных цен на энергоносители. Среди них изменение энергетического баланса, т. е. энергетический переход с акцентом на ВИЭ, оказывает наибольшее влияние на общую выгоду, а также на выгоду от энергетического сотрудничества для каждой страны. В настоящей работе целевые значения в энергетических планах стран применяются к изменениям энергетического баланса в Корее, Японии, Китае и России. Иными словами, в результате анализа отражается изменение удельной доли энергобаланса, поэтому политика, инвестиции и технологическое развитие каждой страны для достижения этих целей в процессе актуального энергетического сотрудничества остаются объектами сотрудничества. До сих пор в вопросе энергетического сотрудничества между Россией и странами СВА не удавалось уйти от поставок традиционных ископаемых топливно-энергетических ресурсов. Однако важность энергетического перехода в рамках такого энергетического сотрудничества указывает на необходимость расширения сферы и объекта энергетического сотрудничества между странами СВА. Другими словами, энергетический переход, который оказывает сильное влияние на индекс энергетической устойчивости, эффективен в продвижении энергетического сотрудничества между странами СВА с учетом связей с различными другими областями, такими как

экономика, наука и техника, окружающая среда. В работе отмечено, что Корея, Япония и Китай, а также Россия стремятся увеличить долю неископаемых источников энергии, главным образом возобновляемых, в долгосрочных энергетических планах и стратегиях. Страны ставят перед собой такие задачи, как развитие НИОКР, увеличение капиталовложений, международное сотрудничество. Кроме того, они также ищут решения вопросов, связанных с управлением спросом на энергию, повышением энергоэффективности, сокращением выбросов парниковых газов и иных вредных веществ. Ввиду этого расширение сферы сотрудничества в нетрадиционных энергетических и неэнергетических секторах в рамках энергетического сотрудничества между странами СВА является не только эффективным, но и необходимым. Кроме того, энергетические планы и стратегии стран СВА уже основаны на концепции энергетической устойчивости, поэтому крайне важно иметь расширенную форму энергетического сотрудничества, которая признает энергетическую устойчивость в качестве совместной выгоды. Такое расширенное энергетическое сотрудничество, основанное на энергетической устойчивости, требует многостороннего взаимодействия в области энергетической устойчивости, отличного от традиционных форм двустороннего сотрудничества. Обсуждение конкретного метода или структуры механизма многостороннего сотрудничества выходит за рамки нашего исследования. Кроме того, крайне затруднено формирование механизмов многостороннего сотрудничества между странами в условиях фактически конкурентной среды. Однако наличие многосторонних каналов экономического сотрудничества, в рамках которых обсуждается сотрудничество в области экономики, науки, техники, образования и окружающей среды, а также международных организаций экономического сотрудничества, в которых участвуют страны, может стать основой для открытия возможности формирования такого механизма.

Наше исследование по энергетическому сотрудничеству в странах СВА, основанное на понятии энергетической устойчивости, дает следующие научные результаты и политические выгоды.

Во-первых, в работе по-новому проанализировано энергетическое сотрудничество Кореи, Японии, Китая и России. Наш подход отличается от подходов, принятых в более ранних исследованиях, посвященных проблемам энергетического

сотрудничества стран СВА, которые в основном анализируют проблему снабжения ископаемыми топливно-энергетическими ресурсами на основе концепции энергетической безопасности с позиций международной политики. Хотя и существуют некоторые экономические работы, но они также анализируют рентабельность отдельных проектов, связанных с сырой нефтью и природным газом, на основе концепции энергетической безопасности. Наше исследование сделало шаг вперед от концепции энергетической безопасности – концепции ископаемых энергетических ресурсов и прикладной концепции энергетической устойчивости, основанной на устойчивом развитии, как выгоды от энергетического сотрудничества. Наше исследование рассматривается как первое, в котором анализируется энергетическое сотрудничество между странами СВА на основе концепции энергетической устойчивости. Результаты проведенного исследования показали, что энергетическое сотрудничество Кореи, Японии, Китая и России оказывает влияние на энергетический сектор, окружающую среду и общество в каждой из стран. В XXI веке парадигма развития перешла от концепции традиционного экономического роста к концепции устойчивого развития, которая делает упор на экономический рост в условиях сбалансированного воздействия на окружающую среду и в условиях социального равенства. Как показано в работе, последние национальные энергетические планы или долгосрочные энергетические стратегии направлены на повышение энергетической устойчивости, вытекающей из концепции устойчивого развития как цели национального энергетического сектора. В связи с этим преимущества энергетического сотрудничества анализируются в диссертации на основе этой недавно появившейся концепции. Кроме того, наше исследование охватывало переход энергобаланса, который тесно связан с ВИЭ, а также основными ископаемыми энергетическими ресурсами, в пользу энергетического сотрудничества и анализ равновесия выгоды от сотрудничества там, где это сотрудничество осуществляется. Изменение энергобаланса является важным фактором, определяющим общий спрос страны-импортера энергоносителей в рамках энергетического сотрудничества, поскольку оно влияет на общий спрос по источникам энергии. Кроме того, в своих долгосрочных энергетических национальных стратегиях Корея, Япония, Китай и Россия планируют увеличить долю неископаемых источников энергии, главным образом возобновляемых

источников. Вследствие этого факторы влияния увеличения доли ВИЭ в ОППЭ на спрос на ископаемые источники энергии, воздействие на окружающую среду и внутренние розничные цены должны быть включены в модель энергетического сотрудничества. Таким образом, в исследовании был использован новый подход к понятию выгоды от энергетического сотрудничества и определению ее состава, что отличает данное исследование от проводившихся ранее.

Во-вторых, наше исследование обеспечило аналитическую основу для изучения энергетического сотрудничества в Корее, Японии, Китае и России путем разработки индекса ESS на основе модели энергетического сотрудничества, опирающейся на теории и обширные статистические данные. Мы определили понятие энергетического сотрудничества, рассмотрев теорию сотрудничества в международной политике и теорию сотрудничества в экономике. Среди существующих исследований по энергетическому сотрудничеству в странах СВА это специфическая модель энергетического сотрудничества с наиболее прочной теоретической базой. В то же время мы составили индекс энергетической устойчивости в наиболее конкретной форме, основанной на концепции устойчивого развития, и разработали индекс в такой форме, которая оценена с помощью эмпирического анализа, основанного на широком спектре статистических данных. В частности, факторы, которые не были учтены в индексе ESC или которые остаются в абстрактном обсуждении: оценка разнообразия ископаемых энергетических ресурсов в каждой стране с использованием индекса разнообразия; оценка уровня развития ВИЭ с использованием индекса RCA в индексе устойчивости энергетической среды; оценка энергетической адекватности в индексе ESO, – встраиваются в конкретные индексы оцениваемых форм. Эти результаты имеют значение в том смысле, что эффекты увеличения импорта сырой нефти и природного газа из России, которые рассмотрены на абстрактном уровне в предыдущих исследованиях, а также изменение доли источников энергии в результате перехода к возобновляемой энергетике были количественно оценены. Такая индексация производится за счет использования широкого спектра статистических данных из различных областей. Измерение энергетической устойчивости требует базовых данных в различных областях, таких как экономика, общество, торговля, окружающая среда и технологии. В нашем исследовании использовались статистические данные

международных организаций, таких как Всемирный банк, МЭА, ОЭСР, IRENA и UN Comtrade, а также данные международных компаний, таких как BP. Кроме того, мы использовали статистические данные различных национальных статистических управлений. Использование широкого спектра статистических данных из Кореи, Японии, Китая и России является неотъемлемой чертой предыдущих исследований по этой теме.

В-третьих, наше исследование на основании конкретных фактических данных подтвердило структуру динамического взаимодействия выгод Кореи, Японии, Китая и России в энергетическом сотрудничестве. Мы рассмотрели изменения в индексе ESS каждой страны с точки зрения общей оптимизации выгод Кореи, Японии, Китая и России. Таким образом, мы видим, что выгоды от энергетического сотрудничества рассмотренных стран взаимосвязаны, а основные факторы: общее потребление энергии, структура энергобаланса, зависимость от импорта энергоносителей и разнообразие экспорта и импорта энергоносителей – зависят от энергетического сотрудничества. В процессе разработки индекса ESS мы спрогнозировали индексы ESC, EES и ESO. Кроме того, мы сделали каждый из этих компонентов оцениваемым и анализируемым с помощью статистической оценки и расчета индексов. Это позволило нам детально описать, в какой степени энергетическая устойчивость каждой страны зависит от определенных индивидуальных факторов, и выявить взаимосвязи между каждым фактором и субиндексами. В результате рассмотрения кооперативных теорий мы установили одно из условий реализации энергетического сотрудничества, состоящее в том, чтобы отдельные страны, участвующие в энергетическом сотрудничестве, точно понимали структуру выгод участвующих стран, в том числе и самих себя. Представляется, что выявленные в нашем исследовании закономерности будут способствовать активному обсуждению актуальных вопросов энергетического сотрудничества между странами СВА и Россией. Кроме того, поскольку существующие исследования абстрактно определяют выгоды отдельных стран в энергетическом сотрудничестве или рассматривают только часть выгод, то конкретный анализ и структурирование выгод от такого сотрудничества способствуют дальнейшей разработке данного предмета.

Несмотря на этот вклад в разработку предмета исследования, наша работа имеет некоторые ограничения. Во-первых, есть проблема с данными. Представленное исследование основано на статистических данных из широкого спектра экономических, торговых, экологических и социальных секторов Кореи, Японии, Китая и России. Это объясняется всеобъемлющим характером энергетической устойчивости. Как отмечено в работе, энергетическая устойчивость связана не только с национальным энергетическим сектором, но и со всеми секторами, к которым она относится и на которые оказывает воздействие: экономикой, окружающей средой и социальными системами. Следовательно, для измерения такой устойчивости необходимы не только экономические и торговые данные, как в концепции энергетической безопасности, но и данные из других областей. Проблема заключается в том, что экологические и социальные данные не так широко доступны, как экономические. Ограничения анализа, обусловленные проблемой доступности статистических данных, можно разделить на два вида. Во-первых, данные существуют, но их недостаточно в Китае и России. Например, данные по экспорту сырьевых товаров, связанных с ВИЭ, для оценки RCA в Китае и России имеются с 1995 и 1996 годов соответственно, и они едва ли удовлетворяют минимальным требованиям для коинтеграционного регрессионного анализа. Кроме того, существует проблема длины данных о внутренней розничной цене топлива (Россия: имеются данные с 1997 по 2016 год) или отсутствия данных (Китай: 1988, 1989, 1992 годы) о доле расходов на потребление энергии по квинтилям доходов в Китае и России. В связи с этим с трудом было выполнено требование коинтеграционного регрессионного анализа или использовалось оценочное значение. Другой тип проблемы статистических данных – это пропущенные факторы из индекса ESS из-за недостаточности данных. Эти проблемы возникают в тех видах статистики, данные по которым стали собираться относительно недавно – статистика окружающей среды и ВИЭ. В последнее время в дополнение к парниковым газам самыми большими загрязнителями окружающей среды, вызванными потреблением энергии, являются ТЧ-10 (мелкие твердые частицы менее 10 мкм) и ТЧ-2,5 (мелкие твердые частицы менее 2,5 мкм). В частности, проблемы качества воздуха, вызванные ТЧ-10 и ТЧ-2,5 в Кореи и Китае, являются вопросами энергетики и окружающей среды, которые влияют на политику перехода к энергетическому балансу этих стран. Однако проблема

заключается в том, что даже в Корее и Японии, где экологическая статистика хорошо работает, статистические данные, связанные с ТЧ-10 и ТЧ-2,5, начали собираться только с 2000-е годов, в связи с чем в нашем исследовании выбросы ТЧ-10 и ТЧ-2,5 не были включены в состав компонентов индекса ESS. Эта проблема должна быть решена в следующих исследованиях в соответствии с кумулятивностью соответствующей статистики каждой страны в будущем. Технологический уровень возобновляемых источников энергии также опускается из-за отсутствия данных. Сектор возобновляемой энергетики – это новая промышленная область, где сосредоточены различные материалы и технологии, и уровень развития соответствующих технологий играет важную роль в расширении использования возобновляемых источников энергии. Но, к сожалению, нет никаких статистических данных или данных, позволяющих оценить технологический уровень сектора возобновляемых источников энергии в отдельных странах. Трудно разработать показатели или индексы, которые могли бы всесторонне оценить различные инженерные и химические технологии, применяемые к различным возобновляемым источникам энергии с различными характеристиками. Индекс RCA, используемый в нашем исследовании, может частично отражать уровень технологий в этом секторе возобновляемой энергетики, но в следующих исследованиях необходимо разработать более конкретные и независимые показатели или индексы.

Еще одно ограничение в нашем исследовании связано с уровнем анализа. Мы проанализировали отдельные страны как субъекты энергетического сотрудничества. При изучении энергетического сотрудничества между странами эта установка вполне естественна. Однако в действительности страна представляет собой сложную структуру, совокупность множества взаимосвязанных компонентов, различных подразделений, а действующие лица в энергетическом секторе выступают на различных уровнях, таких как правительство, государственные учреждения, предприятия и частные лица. Например, в российском экспорте природного газа фактическим действующим лицом является не абстрактная единица страны, а такая компания, как «Газпром». Аналогичным образом, в странах-импортерах – Корее, Японии и Китае – фактическими участниками являются такие компании, как «KOGAS» и «Sinopet». Конечно, это государственные корпорации, но они в основном имеют характер частного предпринимательства, т. е. ориентированы на извлечение выгоды.

Кроме того, в случае стран с высоким уровнем маркетизации, таких как Корея и Япония, участие частных компаний в импорте, переработке и реализации энергоресурсов является высоким. В нашем исследовании, где в качестве субъекта сотрудничества рассматривается абстрактная совокупность стран, не учитываются такие микроакторы, как компании, являющиеся внутренними субъектами энергетического сектора и затрагиваемые энергетическим сотрудничеством в этом отношении. На увеличение экспорта российских энергоресурсов в страны СВА будут оказывать влияние производственные мощности и транспортные возможности российских энергоресурсных компаний, а также инвестиции в эту производственную деятельность. В случае стран-импортеров это может быть вопрос финансовой выгоды отдельных энергетических компаний, поэтому наше исследование должно быть дополнено анализом динамики каждого энергетического сектора на микроуровне.

Список литературы

- [1] Экономика природопользования: Учебник. - 2-е издание / С. Н. Бобылев. – Москва: ИНФРА-М. –2014. –400 с.
- [2] Бобылев С. Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего: современные проблемы развития // Мировая экономика и международные отношения. – 2017. – том.61. –№ 3. –с.107-111.
- [3] Василев С.С. Значение вторично-возобновляемых источников энергии (ВВИЭ) для целей устойчивого развития / С.С.Василев, С.З.Жизнин // Казанский экономический вестник. — №4. — 2017. — С. 36-42.
- [4] Шестопалов П.В. Особенности обеспечения энергетической безопасности России // Проблемы экономики и юридической практики. – 2012. –том.6. –С. 309-310.
- [5] Никоноров С. М., Барабошкина А. В. *Цели устойчивого развития и система зеленых финансов в Китае и в России* // Менеджмент и бизнес-администрирование. — 2018. — № 2. — С. 136–145.
- [6] Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю. Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. – 2016. – том.12. – №.4. –С.1167-1177.
- [7] Грачёв И.Д. и Некрасов С.А. Стратегический аспект энергетической безопасности России // Национальные интересы приоритеты и безопасность. – 2012. – том.41. –С. 2-9.
- [8] Жизнин С.З. Влияние энергетики на устойчивое развитие / С.З.Жизнин, В.М.Тимохов // Мировая экономика и международные отношения. — Том 61, №11. — 2017. — С. 34-39.
- [9] Конопляник А. А. Региональное энергетическое сотрудничество в Северо-Восточной Азии // Нефть, Газ и Право. – 2007. –том.6. –С.51-58.
- [10] Кузовкин А. И. ПРОГНОЗ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ВВП РОССИИ И РАЗВИТЫХ СТРАН НА 2020 Г // Проблемы прогнозирования. – 2012. –том.144. – №.2. –С.144-148.
- [11] Морулева Л.А. Анализ факторов, оказывающих влияние на энергоэффективность экономики // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. –том.6 – №.37. –С.75-77.
- [12] Энергетическая Стратегия России до 2035 года / Министерство энергетики Российской Федерации. Москва, 2010.
- [13] Краковская И.Н. Об устойчивой конкурентоспособности, ресурсосбережении и возобновляемой энергетике // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. –том. 24. – №.4. –С.52-64.
- [14] Маликова О.И. Злотникова М.А. Государственная политика в области развития возобновляемой энергетики // Государственное управление. Электронный вестник. – 2017. –том.72. –С.5-30.
- [15] Пляскина Н.И. Развитие топливно-энергетического комплекса России и

энергетическая безопасность // Мир экономики и управления. – 2003. – том.3. – №.2. – С.24-47.

[16] Хабибрахманов Р.Р., Рыжкова Л.В. Факторы, определяющие энергоёмкость отечественной экономики // Управление Экономическими Системами. – 2012. – том.12. – №.48. – С.112-121.

[17] Сафина Т.А. Ценообразование на рынке бензина в России // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2017. – том.4. – №12. – С.78-86.

[18] Филимонова И. В., Немов В. Ю., Проворный И. А. Добыча , переработка и экспорт нефти и нефтепродуктов в России // Вестник Тюменского государственного университета. – 2014. – том.4. – С. 83–97.

[19] Учебное пособие Управление природопользованием под редакцией профессора С.М. Никонорова, доцента М.В. Палта / С. М. Никоноров, М. В. Палт, С. Н. Бобылев и др. — Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ, Экономический факультет г. Москва, 2018. — 200 с.

[20] Шестопалов П. В. Энергетическая безопасность: определение понятия и сущность // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2012. – том.4. – С. 200-201.

[21] Ховавко И.Ю. Концепция устойчивого развития в контексте глобализации // Век глобализации. – 2016. – №3. – С.71-84.

[22] Afgan, N. H. Sustainability Paradigm: Intelligent Energy System // Sustainability. – 2010. – Vol.2. – №12. – С. 3520–3548.

[23] Energy White Book 2005 / Agency for Natural Resources and Energy of Japan. – Tokyo. – 2005.

[24] Agras, J., & Chapman, D. A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis // Ecological Economics. – 1999. – Vol. 28. – № 2. – С. 267–277.

[25] Alhajji, A. F. What Is Energy Security? Definitions And Concepts // Middle East Economic Survey. – 2007. – Vol. 45. – № 5.

[26] Amable, B., & Verspagen, B. The Role of Technology in Market Shares Dynamics // Applied Economics. – 1995. – Vol.27. – С. 197–204.

[27] Ang, B. W., Choong, W. L., & Ng, T. S. Energy security: Definitions, dimensions and indexes // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – vol. 42(Supplement C). – С. 1077–1093.

[28] Antoine Magnier, & Toujas-Bernate, J. Technology and Trade: Empirical Evidence for the Major Five Industrialized Countries // Weltwirtschaftliches Archiv. – 1994. – Vol. 130. – С. 494–520.

[29] Atsumi, M. Japanese Energy Security Revisited // Asia-Pacific Review. – 2007. – Vol.14. – №1. – С. 28–43.

- [30] Auten, G., & Carroll, R. The Effect of Income Taxes on Household Income // The Review of Economics and Statistics. –1999. –Vol.81. –№4. –С.681–693.
- [31] Estimating Household Income to Monitor and Evaluate Public Investment Programs in Sub-Saharan Africa / International Food Policy Research Institute. –Benin, Samuel and Josee Randriamamonj. –Washington, DC. –2008. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/6388489.pdf> (дата обращения 12.09.2019).
- [32] Blejer, M. I., & Guerrero, I. The Impact of Macroeconomic Policies on Income Distribution: An Empirical Study of the Philippines // The Review of Economics and Statistics, –1990. –Vol.72. –№ 3. –С.414–423.
- [33] Bobylev, S. N. Sustainable Development and Energy Indicators // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences. –2010. –Vol.6.–№3. –С.834–843.
- [34] BOLTHO, A. THE ASSESSMENT: INTERNATIONAL COMPETITIVENESS // Oxford Review of Economic Policy. –1996. –Vol.12. –№3. –С.1–16.
- [35] BP Statistical review of world energy 2016 / BP. –London. –2016. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения 21.03.2018).
- [36] Brown, M. A., & Sovacool, B. K. Developing an “energy sustainability index” to evaluate energy policy // Interdisciplinary Science Reviews. –2007. –Vol.32. –№4. –С.335–349.
- [37] Brown, M. A., Wang, Y., Sovacool, B. K., & D’Agostino, A. L. Forty years of energy security trends: A comparative assessment of 22 industrialized countries // Energy Research & Social Science. –2014. –Vol.4. –С. 64–77.
- [38] Carlin, W. A. G., & Reene, J. Export Market Performance of OECD Countries: An Empirical Examination of the Role of Cost Competitiveness // The Economic Journal. –2001. –Vol.111(Jan). –С.128–162.
- [39] Chambers, M. J. Cointegration and Sampling Frequency // Econometrics Journal. –2011. –Vol.14. –№2. –С.156–185.
- [40] Cherp, A., & Jewell, J. The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration // Current Opinion in Environmental Sustainability. –2011. –Vol.3. –№4. –С.202–212.
- [41] Cherp, A., & Jewell, J. The concept of energy security: Beyond the four As // Energy Policy. –2014. –Vol.75. –С.415–421.
- [42] Cho, Jung-won. The Change of Russo – China Energy Relation : Cooperation, Conflict and Competition // Slav newspaper. –2011. –Vol.26. –№3. –С.123–153.
- [43] Choi, Yongrok. Conceptual Characteristics of Sustainability Science and Its Promotion Issues // Journal of Sustainability Research. –2010. –Vol.1. –№1. –С.1–13.
- [44] Do Households Smooth Small Consumption Shocks? Evidence from Anticipated and Unanticipated Variation in Home Energy Costs / Center for the Study of Energy Markets. –Cullen, J. B, Friedberg, L., & Wolfram, C. –UC Berkeley. –2005.

- [45] Economic research and data / Federal Reserve Bank. -St. Louis. URL: <https://fred.stlouisfed.org> (дата обращения 21.03.2019).
- [46] Study on future strategy of Korean oil sector / Korea Energy Economics Institute. – Dalsuk Lee & Seshin Oh. –Seoul. –2011. URL: <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201300026415> (дата обращения 15.03.2018).
- [47] Our common future / World Commission on Environment and Development. –New York: Oxford University Press. –1987. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/139811> (дата обращения 09.06.2018).
- [48] Dubois, U., & Meier, H. Energy affordability and energy inequality in Europe: Implications for policymaking // Energy Research & Social Science. –2016. –Vol.18. –С.21–35.
- [49] Alexander Wednt and Raymond Duvall. Institution and International Order // Global Changes and Theoretical Changes: Approaches to World Politics for the 1990s / James R. Rosenau. eds. Lexington: Lexington Books. –1989.
- [50] Eder, L., Andrews-Speed, P., & Korzhubaev. Russia’s evolving energy policy for its eastern regions, and implications for oil and gas cooperation between Russia and China // The Journal of World Energy Law & Business. –2009. –Vol.2. –№3. –С.219–242.
- [51] International Energy Outlook 2014. / EIA. –2014. URL: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2014\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2014).pdf) (дата обращения 09.04.2018).
- [52] Country Overview: China. / EIA. –2015. URL: <https://www.eia.gov/international/analysis/country/CHN> (дата обращения 18.06.2016).
- [53] Country Report: China. / EIA. –2015. URL: <https://www.eia.gov/international/analysis/country/CHN> (дата обращения 18.06.2016).
- [54] Country Report: Russia. / EIA. –2015. URL: <https://www.eia.gov/international/analysis/country/RUS> (дата обращения 18.06.2016).
- [55] Engle, R. F., & Granger, C. W. J. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing // Econometrica. –1987. –Vol.55. –№2. –С.251–276.
- [56] Fagerberg, J. International Competitiveness // The Economic Journal. –1988. –Vol.98. –№391. –С.355–374.
- [57] Gicheva, D., Villas-Boas, S., & Hastings, J. Investigating Income Effects in Scanner Data: Do Gasoline Prices Affect Grocery Purchases? // American Economic Review. –2010. – Vol.10. –С.480–484.
- [58] World energy assessment : energy and the challenge of sustainability / UNDP. New York. –2000.
- [59] Goldthau, A. Rhetoric versus reality: Russian threats to European energy supply // Energy Policy. –2008. –Vol.36. –№2. –С.686–692.
- [60] Greenhalgh, C., Taylor, P. and Willison, R. Innovation and Export Volumes and Prices:

A Disaggregated Study // Oxford Economic Papers. –1984. –Vol.46, –C.102–134.

[61] Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. Grossman, G., & Krueger, A. –1991. URL: <https://econpapers.repec.org/RePEc:nbr:nberwo:3914> (дата обращения 14.03.2019).

[62] Gupta, E. Oil vulnerability index of oil-importing countries // Energy Policy. –2008. –Vol.36. –№ 3. –C.1195–1211.

[63] Hacatoglu, K., Rosen, M. A., & Dincer, I. An Approach to Assessment of Sustainability of Energy Systems // Causes, Impacts and Solutions to Global Warming / I. Dincer, C. O. Colpan, & F. Kadioglu Eds. New York: Springer. –2013.

[64] Han, Joon. Study on Energy Indicators for Sustainable Development // Environmental Policies. –2014. –Vol.22. –№4. –C.1–26.

[65] Hassan, R. M., & Babu, S. C. Measurement and determinants of rural poverty: Household consumption patterns and food poverty in rural Sudan // Food Policy. –1991. –Vol.16. –№6. –C.451–460.

[66] Henderson, J. Key Determinants for the Future of Russian Oil Production and Exports. / The Oxford Institute for Energy Studies.–2015. URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2014/07/Executive-Summary-Key-Determinants-for-the-Future-of-Russian-Oil-Production-and-Exports.pdf>

[67] Hendry, David. Econometric Modelling with Cointegrated Variables: An Overview // Long-Run Economic Relationships: Readings in Cointegration / R. F. Engle and C. W. J. Granger, eds. New York: Oxford Press. –1991.

[68] Higashi, N.. Natural Gas in China. / IEA/OECD.–2009. URL:<papers2://publication/uuid/3C97FAAF-8206-4EB8-B997-67652F4DCE9B> (дата обращения 04.10.2018).

[69] Huh, Eun Young, Oh, Sun-A. International Comparison of the Dynamics of International Crude Oil Price and Petroleum Product Consumer Price Fluctuations / Weekly Oil News. 6. –2005. URL: [http://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/F560353BC49EF4A8492576BE003BFC78/\\$file/%EA%B8%B0%EB%B3%B809-03.pdf](http://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/F560353BC49EF4A8492576BE003BFC78/$file/%EA%B8%B0%EB%B3%B809-03.pdf) (дата обращения 20.08.2018).

[70] Hulst, N., R. M. and L. S. Export and Technology in Manufacturing Industry. Weltwirtschaftliches Archiv.–1991. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02707985> (дата обращения 02.09.2019).

[71] Hwang, Kwang-Soo. Slowing down of Chinese growth rate in natural gas-consumption and its influence // Quaterly Review of Center for Gas Economics & Management. –2015. –Vol.14. –№1. –C. 8-21.

[72] Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development // Renewable and Sustainable Energy Reviews. –2015. –Vol.50(Supplement C). –C.513–530.

[73] Energy policies beyond IEA countries: Russia 2014. / IEA. –2014. URL:

<https://webstore.iaea.org/energy-policies-beyond-iaea-countries-russia-2014> (дата обращения 15.12.2018).

[74] Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.–2005 URL: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/7201/Energy-Indicators-for-Sustainable-Development-Guidelines-and-Methodologies> (дата обращения 02.09.2019).

[75] Renewable energy prospects: China. / International Renewable Energy Agency. – 2014. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/Nov/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf?la=en&hash=D589453FBF4A05973E5D0B73803B2A85759F8F2A (дата обращения 02.12.2018).

[76] Itoh, S. China's surging energy demand: Trigger for conflict or cooperation with Japan? // East Asia. –2008. –Vol.25. –№1. –С.79–98.

[77] Jacobson, A., Milman, A. D., & Kammen, D. M. Letting the (energy) Gini out of the bottle: Lorenz curves of cumulative electricity consumption and Gini coefficients as metrics of energy distribution and equity // Energy Policy. –2005. –Vol.33. –№14. –С.1825–1832.

[78] Jansen, J. C., & Seebregts, A. J. Long-term energy services security: What is it and how can it be measured and valued? // Energy Policy. –2010. –Vol.38. –№4. –С.1654–1664.

[79] The IEA Model of Short-term Energy Security (MOSES) - Primary Energy Sources and Secondary Fuels / IEA/OECD (Jewell, J.)–2011. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5k9h0wd2ghlv-en.pdf?expires=1614833754&id=id&accname=guest&checksum=194ED4316C23DED64C6A4557CD28C4A2> (дата обращения 28.03.2018).

[80] Trade flows, barriers and market drivers in renewable energy supply goods: The need to level the playing field / ICTSD Trade and Environment Issue Paper. Jha, V. –2009. URL: <https://www.files.ethz.ch/isn/111197/veena-jha-paper.pdf> (дата обращения 09.07.2019).

[81] Johansen, S. Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models // Econometrica. –1991. –Vol.59. –№6. –С.1551–1580.

[82] Jung, Yonghoon, & Kim, Sooy. Analysis on the Relationship between CO2 Emissions, Economic Growth and Energy Mix // Environmental and Resource Economics Review. –2012. –Vol.21. –№2. –С.271–297.

[83] Kaufmann, R. K., & Laskowski, C. Causes for an asymmetric relation between the price of crude oil and refined petroleum products // Energy Policy. –2005. –Vol.33. –№12. –С.1587–1596.

[84] Kim, Young Duk, M. Y. S. Oil Price Liberalization and Adjustment of Oil Product Prices // Korea Energy Economics Review. –2004. –Vol.3. –№2. –С.87–134.

[85] Kim, Hana & Lim, Miyoung. The Study of Fuel Poverty of the Elderly Households in South Korea // Environmental Sociology Studies ECO. –2015. –Vol.19. –№2. –С.133–164.

[86] Kim, Kwan-ok. Theoretical Approach to Energy Resource Competition in Northeast

Asia: ESPO Case and CNOOC; Focusing on the case of UNOCAL merger // *International Politics*. –2014. –Vol.17. –№2. –С.99–114.

[87] Kim, Mi-gon. Trend and Forecast of Poverty and Inequality in Korea // *HEALTH AND WELFARE POLICY FORUM*. –2014. –№1. –С.6–16.

[88] Kim, Wonkyu. Comparative Analysis on the Determinants of CO2 Emission Per Capita of Main Countries // *KIET Monthly Industrial Economics*. –2011. –Vol.4. –С.41–53.

[89] Kim, Youngse. Economic rationality, knowledge and information // *Journal of Econometrics*. – 2000. –Vol.11. –№3. –С.71–115.

[90] Russia's best ally / *OSW Studies*(No. 39). Konończuk, W. –2012. URL: https://www.osw.waw.pl/sites/default/files/prace_39_en_0.pdf (дата обращения 22.01.2018).

[91] Kruyt, B., van Vuuren, D. P., de Vries, H. J. M., & Groenenberg, H. Indicators for energy security // *Energy Policy*. –2009. –Vol.37. –№6. –С.2166–2181.

[92] Lahiri, K., & Mamingi, N. Testing for cointegration: Power versus frequency of observation — another view // *Economics Letters*. –1995. –Vol.49. –№2. –С.121–124.

[93] Lanjouw, P., & Ravallion, M. Poverty and Household Size // *The Economic Journal*. –1995. –Vol.105. –№433. –С.1415–1434.

[94] Lee, Sungkyu, Yoon, Ik-jung. Study of the Possible Cooperation between China and Japan regarding Russia's Energy Issue in Northeast Asia: Applying for the Game Theory // *Studies on Social Science*. –2007. –Vol.15. –№2. –С.348–380.

[95] Lee, Daesik The limit and possibility of EU's Policy of independence from Russia's Natural Gas // *Slavic Studies*. –2015. –Vol.30. –№3. –С.165–194.

[96] Lee, Gwang Hoon. Estimation and Comparison of Regional Environmental Kuznets Curves for CO2 emissions in Korea // *Studies on Environmental Policy*. –2010. –Vol.9. –С.53–76.

[97] Lee, Gwang hoon & Li, Chun Hua. Searching for an Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions in the Seoul Metropolitan Area and Its Policy Implications // *Seoul City Research*. –2009. –Vol.10. –№3. –С.83–95.

[98] Lee, Hyun-Ju. An Analysis of Determinants of Chinese Electricity Demand Using Panel GLS // *Northeast Asian Economic Research*. –2013. –Vol.25. –С.171–204.

[99] Lee, Jae Seung. Issues and Approaches in Northeast Asian Energy Cooperation: Agenda-Setting in International Political Economy // *Studies on Korean Politics*. –2007. – Vol.16. –№2. –С.137–164

[100] Lee, Jung Woo. Globalization, Inequality, and the Welfare State // *Korean Association for Political Economy*. –2008. –Vol.20. –С.157–190.

[101] Lee, Ki-Hoon. Conceptual Characteristics of Sustainability Science and Its Approaches // *Journal of Sustainability Research*. –2010. –Vol.1. –№1. –С.27–42.

[102] Lee, Keun-Wook. Thirty-Years` Development: International Relations Theory After Kenneth A. Waltz // *Studies on Social Science*. –2009. –Vol.17. –№2. –С.94–127.

- [103] Lee Yeoung-Hyeong. Possibility and Limitation of Project for Connection to the gas pipelines among South Korea, North Korea and Russia - Mainly Relation between North Korea and Russia // *Journal of Asia-Pacific Studies*. –2011. –Vol.18. –№3. –С.65–87.
- [104] Li, H. Xu, L.C. and Zou, H. Corruption, Income Distribution and Growth // *Economics and Politics*. –2000. –Vol.12. –№2. –С.155–185.
- [105] Lo, Andreas Loschel, Ulf Moslener, D. T. G. R. Indicators of energy security in industrialized countries // *Energy Policy*. –2010. –Vol.38. –№4. –С.1665–1671.
- [106] Lobova, Svetlana Vladislavlevna, Bogoviz, A. V., Ragulina, ulia V., & Alekseev, A. N. The Fuel and Energy Complex of Russia: Analyzing Energy Efficiency Policies at the Federal Level // *International Journal of Energy Economics and Policy*. –2019. –Vol.9. –№1. –С.205–211.
- [107] *Climate Change 2007:Impacts, Adaptation and Vulnerability / Martin Parry, Osvaldo Canziani, Jean Palutikof, Paul van der Linden, C. H.* –Cambridge: Cambridge University Press. –2007. –С. 987.
- [108] Masaya Ishida. Forecast by the Ministry of the Environment, which does not stick to nuclear power, to 33% renewable energy in 2030(2030年に再生可能エネルギー33%へ、原子力にこだわらない環境省の予測). / Masaya Ishida // *Smart Japan*. –2015. April. URL: <https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1504/07/news033.html> (дата обращения 15.05.2018).
- [109] Mazneva. Russia 2014 Gas Export Seen Lowest in Decade as Demand Falls. / Mazneva, E. // *Bloomberg*. –2015, January 13. URL: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-01-13/russia-2014-gas-exports-seen-lowest-in-decade-as-nations-cut-use> (дата обращения 15.05.2018).
- [110] McFaul, M. A Precarious Peace: Domestic Politics in the Making of Russian Foreign Policy // *International Security*. –1997. –Vol.22. –№3. –С.5–35.
- [111] 11th Long-term Natural Gas Supply Plan / Ministry of Trade, Industry and Energy of Korea. –2013. URL: https://www.motie.go.kr/motie/py/td/energeitem/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=104485&bbs_cd_n=37 (дата обращения 16.12.2017).
- [112] 2nd National Energy Master Plan / Ministry of Trade, Industry and Energy of Korea –2014. URL: <http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2005html/1-1-1.html> (дата обращения 16.12.2017).
- [113] 4th national new and renewable energy master plan of Korea / Ministry of Trade, Industry and Energy of Korea. –2014. URL: https://www.index.go.kr/com/cmm/fms/FileDown.do?apnd_file_id=1171&apnd_file_seq=6 (дата обращения 16.12.2017).
- [114] Narula, K., & Reddy, B. S. A SES (sustainable energy security) index for developing countries // *Energy*. –2016. –Vol.94 –С.326–343.
- [115] Newnham, R. Oil, carrots, and sticks: Russia’s energy resources as a foreign policy tool

// Journal of Eurasian Studies. –2011. –Vol.2. –№2. –С.134–143.

[116] The study on the strategy of energy sector for the sustainable development / Oh, Jinkyu // Korea Energy Economics Institute. –2005. 1–109.

[117] Oh, Kyung-taek. Conflict and Cooperation among Northeast Asian Countries Regarding Energy Resources // Journal of World Area Studies. –2006. –Vol.24. –№1. –С.155–173.

[118] Otero, J., & Smith, J. Testing for cointegration: Power versus frequency of observation - Further Monte Carlo results // Economics Letters. –2000. –Vol.67. –С.5–9.

[119] Otsuka, A. Regional determinants of energy efficiency: Residential energy demand in Japan // Energies. –2018. –Vol.11. –№6. –С.1–14.

[120] Paltsev, S. Scenarios for Russia's natural gas exports to 2050 // Energy Economics. –2014. –Vol.42(2014). –С. 262–270.

[121] The study on energy expenditure and inequality. Korea energy economics institute, Park, Gwang-su & Park, Ju-hun. –2017. URL: [http://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/D3D21D03ABE4C939492582D3002D0456/\\$file/17-10%EC%88%98%EC%8B%9C%EC%97%90%EB%84%88%EC%A7%80%20%EC%86%8C%EB%B9%84%EC%A7%80%EC%B6%9C%EA%B3%BC%20%EB%B6%88%ED%8F%89%EB%93%B1%20%EC%97%B0%EA%B5%AC.pdf](http://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/D3D21D03ABE4C939492582D3002D0456/$file/17-10%EC%88%98%EC%8B%9C%EC%97%90%EB%84%88%EC%A7%80%20%EC%86%8C%EB%B9%84%EC%A7%80%EC%B6%9C%EA%B3%BC%20%EB%B6%88%ED%8F%89%EB%93%B1%20%EC%97%B0%EA%B5%AC.pdf) (дата обращения 28.11.2019).

[122] Selecting Indicators to Measure Energy Poverty. European Commission / Trinomics B.V., Rademaekers, K., Yearwood, J., Ferreira, A., Pye, S., Ian Hamilton, P., Agnolucci, D. G., Anisimova, N. –2016. URL: <http://trinomics.eu/project/selecting-indicators-to-measure-energy-poverty/> (дата обращения 19.09.2019).

[123] Radovanović, M., Filipović, S., & Pavlović, D. Energy security measurement – A sustainable approach // Renewable and Sustainable Energy Reviews. –2017. –Vol.68(Part 2). –С.1020–1032.

[124] Ragulina, Y. V., Bogoviz, A. V., Lobova, S. V., & Alekseev, A. N. An Aggregated Energy Security Index of Russia, 1990–2015 // International Journal of Energy Economics and Policy. –2019. –Vol.9. –№1. –С.212–217.

[125] Reagan, P. B. and M. L. W. Asymmetries in Prices and Quantity Adjustments by the Competitive Firm // Journal of Economic Theory. –1982. –Vol.42. –С.410–420.

[126] Romanova, T. The Russian Perspective on the Energy Dialogue // Journal of Contemporary European Studies. –2008. –Vol.16. –№2. –С.219–230.

[127] Romero, J. C., Linares, P., & López, X. The policy implications of energy poverty indicators // Energy Policy. –2018. –Vol.115. –С.98–108.

[128] S. N. Bobylev, & S. V. Solovyeva. Sustainable Development Goals for the Future of Russia // MACROECONOMIC PROBLEMS. –2017. –Vol.28. –№3. –С.259–265.

[129] Saneev, B. G. Energy cooperation between Russia and Northeast Asian countries: Prerequisites, directions and problems // Global Economic Review. –2003. –Vol.32. –№1. –

C.39–55.

[130] Santoyo-Castelazo, E., & Azapagic, A. Sustainability assessment of energy systems: integrating environmental, economic and social aspects // *Journal of Cleaner Production*. – 2014. –Vol.80. –C.119–138.

[131] Shadrina, E., & Bradshaw, M. Russia's energy governance transitions and implications for enhanced cooperation with China, Japan, and South Korea // *Post-Soviet Affairs*. –2013. –Vol.29. –№6. –C.461–499.

[132] Sharples, J. D. Russian approaches to energy security and climate change: Russian gas exports to the EU // *Environmental Politics*. –2013. –Vol.22. –№4. –C.683–700.

[133] Rebuilding after War: Micro-level Determinants of Poverty Reduction in Mozambique. / Simler, Kenneth, Sanjukta Mukherjee, G. D. and G. D. – (IFPRI research report. –2004. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/6289662.pdf> (дата обращения 08.11.2018).

[134] Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies // *Ecological Indicators*. –2009. –Vol.9. –№2. –C.189–212.

[135] Slade, M. E. Interfirm Rivalry in a Repeated Game: An Empirical Test of Tacit Collusion // *The Journal of Industrial Economics*. –1987. –Vol.35. –№4. –C.499–516.

[136] Sovacool, B. K., & Brown, M. A. Competing Dimensions of Energy Security: An International Perspective // *Annual Review of Environment and Resources*. –2010. –Vol.35. –№1. –C.77–108.

[137] Suk Ha Shin. An Error-correction Model on the Determinants of CO2 Emissions of Korea // *Study on Economics*. –2014. –Vol.62. –№3. –C.5–28.

[138] Global and Russian Energy outlook to 2040 / The Energy Research Institute of the Russian Academy of Science. –2013. URL: https://www.eriras.ru/files/2014/forecast_2040_en.pdf (дата обращения 16.09.2018).

[139] Eom, Gu-ho. Northeast Asian Multilateral Security: Russian Policies and South Korea-Russia Cooperation // *Slavic Studies*. –2013. –Vol.29. –№2. –C.77–103.

[140] Eom, Gu-ho. Russia's East-siberian, Far Eastern Gas and Energy Security of the Northeast Asian Countries // *Sino-Soviet Studies*. –2015. –Vol.39. –№1. –C.231–269.

[141] The Transportation Energy Data Book edition 34 / US Department of Energy. –2015. URL: <http://cta.ornl.gov/data/index.shtml> (дата обращения 16.12.2017).

[142] Vera, I., & Langlois, L. Energy indicators for sustainable development // *Energy*. – 2007. –Vol.32. –№6. –C.875–882.

[143] von Hippel, D., Suzuki, T., Williams, J. H., Savage, T., & Hayes, P. Energy security and sustainability in Northeast Asia // *Energy Policy*. –2011. –Vol.39. –№11. –C.6719–6730.

[144] Theory of International Politics / Waltz, K. N. –Reading: Addison-Wesley Pub. Co., –1979. –251 С.

- [145] Analysis on the Evolution Process of Typical International Cooperation System and the Inspiration to Energy Cooperation in Northeast / Wang, H., & Guo, X. // Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference. –2010. URL: <https://www.worldcat.org/title/international-conference-on-management-and-service-science-mass-2010-wuhan-china-24-26-aug-2010/oclc/837655930> (дата обращения 25.04.2019).
- [146] Wu, S., Zheng, X., & Wei, C. Measurement of inequality using household energy consumption data in rural China // Nature Energy. –2017. –Vol.2. –№10. –С.795–803.
- [147] Yamano, K. O. T. Introduction to the special issue on the role of nonfarm income in poverty reduction: evidence from Asia and East Africa // Agricultural Economics. –2006. – Vol.35(s3). –С.393–397.
- [148] Yergin, D. Energy, security and markets // Energy and Security: Strategies for A World in Transition. Washington, D.C.: Woodrow Wilson Center Press with Johns Hopkins University Press. –2005.
- [149] Youngsoo Bae. Estimation and Forecast of Long-run Energy Demand Function : A Cointegration Approach // Korean Energy Economic Review. –2015. –Vol.14. –№2. –С.21–50.
- [150] Yuming, W. (2009). An Empirical Study on the Determinants of Regional Power Consumption Demand in China // Economic Geography (经济地理). –2009. –Vol.29. –№8. – С.95-103.
- [151] Yun Sun-Jin. Korea's Energy System and Sustainability - Focused on an Analysis of Continuance of Unsustainability // ECONOMY AND SOCIETY. –2008. –Vol. 6. –С.12–56.
- [152] Zaman, K., Khan, M. M., Ahmad, M., & Rustam, R. Determinants of electricity consumption function in Pakistan: Old wine in a new bottle // Energy Policy. –2012. –Vol.50. –С.623–634.
- [153] 5th Strategic Energy Plan / Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan – 2018. URL: https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11663694/www.meti.go.jp/english/press/2018/0703_002.html (дата обращения 16.10.2020)
- [154] 14th 5-years Plan of China / National Development and Reform Commission of China – 2021. URL: http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm (дата обращения 24.10.2021)

**Приложение А. Результаты единичного корня ADF, Теста коинтеграции Johansen и коинтеграционной регрессионной модели
Модель индекса RCA**

[Приложение А.1] Результат единичного корня ADF

Переменные	лаг				Корея	Япония	Китай	Россия
	К	J	С	R				
RCA_{all_t}	0	0	0	0	-1.731137	-2.142889	-0.157300	-0.986090
$lres_{pc_t}$	0	0	0	0	-2.883063	-3.313882	1.715661	-3.508023
$ltpat_t^{****}$	6	0	0	0	-1.399913	-0.890224	-3.116175	-1.525793
$lulc_t$	0	0	4	1	-2.995109	-2.596134	-3.139514	-2.974965
$indust_t$	0	0	0	1	-1.641679	-1.101537	0.368765	-3.330403
ΔRCA_{all_t}	0	0	0	0	-5.115832***	-4.896406***	-2.941618*	-2.895342*
$\Delta lres_{pc_t}$	0	0	0	3	-5.777666***	-6.767825***	-3.549271*	-4.579416***
$\Delta ltpat_t$	2	0	0	0	-2.648132*	-3.824293***	-4.347753***	-3.369020**
$\Delta lulc_t$	0	0	0	0	-2.864355**	-3.410306**	-2.245558*	-4.197125***
$\Delta indust_t$	0	0	0	1	-5.342540***	-4.775640	-2.903930*	-3.849040**

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

**** НТЕХ для России

[Приложение А.2] Тест коинтеграции Johansen для модели ВИЭ RCA

Country	Rank(k)	λ_{trace}	5% Critical Value*	λ_{max}	5% Critical Value
	0	64.67147	47.85613	35.45052	27.58434
Корея	1	29.22094	29.79707	23.37794	21.13162
	2	5.843002	15.49471	5.724572	14.26460
	3	0.118429	3.841466	0.118429	3.841466
	0	27.24790	27.06695	20.27172	18.89282
Япония	1	6.976174	13.42878	6.289036	12.29652
	2	0.687139	2.705545	0.687139	2.705545
	0	118.5529	69.81889	54.66163	33.87687
	1	63.89129	47.85613	37.99160	27.58434
Япония	2	25.89969	29.79707	15.35990	21.13162
	3	10.53978	15.49471	10.13016	14.26460
	4	0.409618	3.841466	0.409618	3.841466
	0	48.44361	47.85613	19.92532	27.58434
Россия	1	28.51829	29.79707	15.26549	21.13162
	2	13.25280	15.49471	9.539742	14.26460
	3	3.713056	3.841466	3.713056	3.841466

Примечание: Лаг 2 на AIC

* в случае Японии применяется критическое значение 10%

[Приложение А.3] Результат коинтеграционной регрессионной модели индекса RCA

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
Корея	$lres_{pc_t}$	0.903463 (0.056966)	0.0001	0.999785
	$ltpat_t$	2.932032 (0.220896)	0.0002	
	$lulc_t$	-11.95372 (0.501520)	0.0000	

Япония	$lres_{pc_t}$	2.636615 (0.702247)	0.0024	0.792411
	$ltpat_t$	2.519577 (0.477006)	0.0001	
Китай	$lres_{pc_t}$	6.467735 (2.016264)	0.0013	0.999463
	$ltpat_t$	0.269141 (0.071981)	0.0002	
	$lulc_t$	-0.812912 (0.236108)	0.0006	
	$indus_t$	0.309500 (0.073191)	0.0000	
Россия	$lres_{pc_t}$	0.642320 (0.237462)	0.0269	0.951826
	$htex_t$	0.025076 (0.002444)	0.0000	
	$indus_t$	0.021515 (0.007000)	0.0153	

Примечание: цифры в круглых скобках - это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае DOL порядок временного лага и опережения переменной устанавливается равным 2 на основе SIC для Кореи и Японии и устанавливается 1 для Китая и России.

Выбросы Co2 на душу населения

[Приложение А.4] Результат теста единичного корня ADF для выбросов Co2 на душу населения, ВВП на душу населения, международной цены на нефть, общей факторной производительности и доли источников ископаемого топлива в ТПЭ Кореи, Японии, Китая и России

Переменные	Лаг				Корея	Япония	Китай	Россия
	К	J	C	R				
$lco2_{pc_t}$	0	0	1	1	-1.395594	-2.251944	-2.267458	-3.128498
$lgdp_{pc_t}$	0	0	1	0	0.086144	-0.672634	-3.189166	-3.546056
$lprice_t$	0	0	0	1	-2.323358	-2.188269	-2.188269	-2.762455
tfp_t	0	0	1	1	-2.646055	-1.846104	-1.725812	-1.947463
$ftpes_t$	4	0	0	0	-2.413727	0.235061	-3.197111	-1.659853
$\Delta lco2_{pc_t}$	0	0	0	0	-6.530227***	-6.575078***	-3.448202***	-4.750948***
$\Delta lgdp_{pc_t}$	0	0	1	0	-4.825120***	-4.632194***	-3.005688**	-3.648976**
$\Delta lprice_t$	0	0	0	1	-5.992479***	-6.515698***	-6.515698***	-4.737780***
Δtfp_t	0	0	0	0	-7.114423***	-6.168443***	-4.617566***	-3.646974**
$\Delta ftpes_t$	0	0	0	0	-5.212171***	-5.170679***	-10.83996***	-5.872562***

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

[Приложение А.5] Тест коинтеграции Johansen для модели выбросов CO2

страна	Rank(k)	λ_{trace}	5%	λ_{max}	5%
			критическое значение		критическое значение
	0	86.13110	69.81889	33.19865	33.87687
	1	52.93245	47.85613	27.56616	27.58434
Корея	2	25.36629	29.79707	14.53551	21.13162
	3	10.83078	15.49471	7.436467	14.26460
	4	3.394312	3.841466	3.394312	3.841466
Япония	0	73.81247	69.81889	29.88424	33.87687

	1	43.92823	47.85613	25.11525	27.58434
	2	18.81298	29.79707	12.11448	21.13162
	3	6.698503	15.49471	5.898416	14.26460
	4	0.800087	3.841466	0.800087	3.841466
	0	100.6762	69.81889	60.44989	33.87687
Китай	1	40.22633	47.85613	19.87148	27.58434
	2	20.35485	29.79707	14.32057	21.13162
	3	6.034281	15.49471	5.081692	14.26460
	4	0.952589	3.841466	0.952589	3.841466
	0	49.18596	47.85613	23.93574	27.58434
Россия	1	25.25021	29.79707	15.06741	21.13162
	2	10.18281	15.49471	6.375509	14.26460
	3	3.807297	3.841466	3.807297	3.841466

Примечание: Лаг 2 на AIC

[Приложение А.6] Результат коинтеграционной регрессионной модели для модели выбросов CO₂

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
Корея	<i>lgdp_pc_t</i>	0.927476 (0.050199)	0.0000	0.997673
	<i>lprice_t</i>	-0.050978 (0.015655)	0.0025	
	<i>tfp_t</i>	-0.808843 (0.276125)	0.0059	
	<i>ftpes_t</i>	0.019088 (0.002992)	0.0000	
Япония	<i>lgdp_pc_t</i>	0.497511 (0.055144)	0.0000	0.974041
	<i>lprice_t</i>	-0.072866 (0.008916)	0.0000	
	<i>tfp_t</i>	-0.774162 (0.194324)	0.0007	
	<i>ftpes_t</i>	0.020815 (0.003976)	0.0000	
Китай	<i>lgdp_pc_t</i>	0.443976 (0.027999)	0.0000	0.998980
	<i>lprice_t</i>	0.236714 (0.016285)	0.0000	
	<i>tfp_t</i>	0.777487 (0.168029)	0.0002	
	<i>ftpes_t</i>	0.000030 (0.000002)	0.0000	
Россия	<i>lgdp_pc_t</i>	0.827250 (0.139351)	0.0000	0.937083
	<i>tfp_t</i>	-0.864055 (0.253039)	0.0042	
	<i>ftpes_t</i>	0.117241 (0.013397)	8.751007	

Примечание: цифры в круглых скобках - это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае DOLS порядок временного лага и опережения переменной устанавливается 2 на основе SIC для Кореи, Японии и Китая. В случае с Россией он установлен 1 из-за небольшой длины данных

Потребления электроэнергии на душу населения

[Приложение А.7] Результат теста единичного корня ADF для потребления электроэнергии на душу населения, ВВП на душу населения, цена единицы электроэнергии, плотность населения, доля промышленности в ВВП и коэффициент Gini

Переменные	Лаг				Корея	Япония	Китай	Россия
	К	J	С	R				
$le_consume_pc_t$	0	4	3	0	0.249221	-2.957160	-2.024567	-2.909633
$lgdp_pc_t$	0	0	2	0	-1.882771	-2.663812	-2.400068	-1.102132
le_price_t	3	0	1	4	-2.789806	-1.267955	-0.634561	0.146592
$lpop_den_t$	0	6	7	1	-3.115030	4.546262	-8.633041***	-3.274010
$indust_t$	0	0	1	1	-1.558462	-2.037804	-2.513066	-2.241480
$gini_t$	0	0	1	0	-1.479182	-2.576726	-2.148989	-2.489809
$\Delta le_consume_pc_t$	0	4	0	0	-2.006334**	-2.561079***	-2.720137**	-4.297592***
$\Delta lgdp_pc_t$	0	0	1	0	-5.020056***	-3.608182***	-4.314718***	-3.057677**
Δle_price_t	0	0	0	3	-3.823413***	-4.650241***	-2.919033**	-56.87751***
$\Delta lpop_den_t$	2	0	1	1	-1.876483**	-2.431924***	n.a	-0.780986
$\Delta indust_t$	0	0	0	1	-5.279761***	-5.249814***	-3.677724***	-3.634621**
$\Delta gini_t$	0	1	0	0	-5.055139***	-4.852105***	-4.354135***	-4.891134***

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

[Приложение А.8] Тест коинтеграции Johansen для модели потребления электроэнергии

страна	Rank(k)	λ_{trace}	5% критическое значение	λ_{max}	5% критическое значение
Корея	0	53.93066	47.85613	26.97297	27.58434
	1	26.95769	29.79707	19.05954	21.13162
	2	7.898147	15.49471	7.827331	14.26460
	3	0.070816	3.841466	0.070816	3.841466
Япония	0	54.92981	47.85613	33.86548	27.58434
	1	21.06433	29.79707	12.28755	21.13162
	2	8.776780	15.49471	8.735796	14.26460
	3	0.040984	3.841466	0.040984	3.841466
Китай	0	60.25636	47.85613	31.06725	27.58434
	1	29.18911	29.79707	25.34396	21.13162
	2	3.845144	15.49471	3.825826	14.26460
	3	0.019318	3.841466	0.019318	3.841466
Россия	0	49.86532	47.85613	23.36540	27.58434
	1	26.49992	29.79707	15.32293	21.13162
	2	11.17699	15.49471	11.06329	14.26460
	3	0.113706	3.841466	0.113706	3.841466

Примечание: Лаг 2 на AIC

[Приложение А.9] Результат коинтеграционной регрессионной модели для потребления электроэнергии на душу населения

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
Корея	$lgdp_pc_t$	0.380390 (0.191170)	0.0665	0.997806
	le_price_t	-0.698716 (0.150844)	0.0004	
	$lpop_den_t$	9.677268	0.0001	

		(1.682247)		
	$lgdp_pc_t$	0.875329 (0.099527)	0.0000	
Япония	le_price_t	-0.747007 (0.181496)	0.0006	0.961345
	$gini_t$	-0.320078 (0.075527)	0.0005	
	$lgdp_pc_t$	1.149094 (0.020954)	0.0000	
Китай	le_price_t	-0.286585 (0.043259)	0.0000	0.999680
	$indus_t$	0.025891 (0.012280)	0.0567	
	$lgdp_pc_t$	0.604082 (0.082375)	0.0002	
Россия	$indus_t$	0.036299 (0.013770)	0.0336	0.987726
	$gini_t$	-1.708800 (0.863301)	0.0883	

Примечание: цифры в круглых скобках - это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае золота порядок временного лага и опережения переменной устанавливается 2 на основе SIC для Кореи, Японии и Китая. В случае с Россией он установлен 1 из-за небольшой длины данных

Розничной цены бензина

[Приложение А.10] Результат теста единичного корня ADF для розничной цены бензина, ВВП на душу населения, международной цены на нефть, официального обменного курса, CPI, среднемесячного дохода на душу населения и объема добычи нефти

Переменные	Лаг				Корея	Япония	Китай	Россия
	К	Ж	С	Р				
$lfprice_dom_t$	1	0	0	4	-1.330181	-2.702785	0.138997	-2.155165
$lgdp_pc_t$	0	0	3	-	-1.830856	-0.796172	-3.174255	-
$lprice_t$	0	0	0	-	-1.991344	-2.308385	-1.980833	-
$lexcr_t$	0	1	0	1	-1.976788	-2.263830	-0.603735	-1.907482
cpi	0	1	1	0	-1.230279	-3.124500	-3.542523**	-0.194682
$lincome_avg_t$	-	-	-	1	-	-	-	-2.413628
$loil_prod_t$	-	-	-	1	-	-	-	-2.745943
$\Delta lfprice_dom_t$	0	0	0	2	-2.878659**	-4.913734***	-3.652106***	-2.962760*
$\Delta lgdp_pc_t$	0	0	1	-	-4.872380***	-4.702363***	-4.701016***	-
$\Delta lprice_t$	0	0	0	-	-4.341033***	-6.069102***	-5.349056	-
$\Delta lexcr_t$	0	0	0	0	-4.590659***	-4.655055***	-4.269485	-3.646587**
Δcpi_t	0	0	-	0	-4.191823***	-2.013637***	n.a	-2.919636*
$\Delta lincome_avg_t$	-	-	-	1	-	-	-	-3.406642**
$\Delta loil_prod_t$	-	-	-	3	-	-	-	-2.902844*

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

[Приложение А.11] Тест коинтеграции Johansen для модели для внутренних цен на топливо

страна	Rank(k)	λ_{trace}	5% критическое значение	λ_{max}	5% критическое значение
Корея	0	62.56444	47.85613	26.83826	27.58434

	1	35.72618	29.79707	16.64475	21.13162
	2	19.08143	15.49471	16.31741	14.26460
	3	2.764022	3.841466	2.764022	3.841466
	0	51.52799	47.85613	22.82940	27.58434
Япония	1	28.69859	29.79707	16.09455	21.13162
	2	12.60404	15.49471	7.433105	14.26460
	3	5.170934	3.841466	5.170934	3.841466
	0	50.65845	47.85613	24.73964	27.58434
Китай	1	25.91880	29.79707	16.36110	21.13162
	2	9.557701	15.49471	8.806356	14.26460
	3	0.751345	3.841466	0.751345	3.841466
	0	63.95082	47.85613	25.27932	27.58434
Россия	1	38.67149	29.79707	20.63221	17.56175
	2	18.03929	15.49471	17.56175	14.26460
	3	0.477531	3.841466	0.477531	3.841466

Примечание: Лаг 2 на АІС

[Приложение А.12] Результат коинтеграционной регрессионной модели за розничную цену бензина

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
	$lgdp_{pc_t}$	0.768336 (0.127859)	0.0000	
Корея	$lprice_t$	0.140051 (0.054308)	0.0175	0.982722
	$lexcr_t$	1.018328 (0.171003)	0.0000	
	$lgdp_{pc_t}$	-0.547896 (0.123742)	0.0001	
Япония	$lprice_t$	0.254412 (0.026340)	0.0000	0.946192
	cpi_t	0.014819 (0.001558)	0.0000	
	$lgdp_{pc_t}$	0.465830 (0.125679)	0.0009	
Китай	$lprice_t$	0.286853 (0.165165)	0.0930	0.971062
	$lexcr_t$	0.813254 (0.215174)	0.0007	
	$lincome_{avg_t}$	0.897395 (0.023425)	0.0000	
Россия	$loil_{prod_t}$	-0.661644 (0.253200)	0.0241	0.998278
	$lexcr_t$	-0.295996 (0.086444)	0.0057	

Примечание: цифры в круглых скобках - это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае золота порядок временного лага и опережения переменной устанавливается 2 на основе SIC для Кореи, Японии и Китая. В случае с Россией он установлен 1 из-за небольшой длины данных

Квнтильного дохода

[Приложение А.13] Результат теста единичного корня ADF для квинтильного дохода, ВВП на душу

населения, коэффициента Джини, доли торговли в ВВП и доли высокотехнологичных товаров в экспорте обрабатывающей промышленности

Переменные	Лар				Корея	Япония	Китай	Россия
	К	J	С	R				
$lincom_{1st_t}$	0	0	2	2	-2.184411	-2.685189	-3.123500	7.310936
$lincom_{5th_t}$	1	1	0	0	-2.381766	-1.951031	-0.800381	-3.422764
$lgdp_{pc_t}$	1 st	2	4	0	-0.455063	-3.140157	-2.623330	-0.060877
	5 th	0	0	0	-1.882771		-2.591360	
$gini_t$	1 st	0	1	0	-2.452742	-2.475232	-2.106603	-2.126428
	5 th	0	1	0	-1.479182		-2.015235	
$trade_t$	1 st	0	1	0	-1.054870	-3.060224	-1.886236	-4.708084***
	5 th	0	1	0	-2.096641		-1.372442	
$htex_t$	1 st	0	1	0	-2.073287	-1.915060	-0.525320	-1.949684
	5 th	0	1	0	-1.522990		-2.131275	
$\Delta lincom_{1st_t}$	0	0	0	1	-3.919454***	-4.10151***	-2.732200**	-26.67250***
$\Delta lincom_{5th_t}$	0	0	0	1	-3.307042***	-4.76294***	-3.64403***	-54.66063***
$\Delta lgdp_{pc_t}$	1 st	0	0	0	-5.468784***	-5.38874***	-2.82314**	-3.247825**
	5 th	0	0	0	-5.020056***		-2.721715**	
$\Delta gini_t$	1 st	2	0	0	-3.209302***	-4.82084***	-3.59928***	-3.602438**
	5 th	0	0	0	-5.055139***		-3.75068***	
$\Delta trade_t$	1 st	0	0	-	-4.249558***	-4.63231***	-3.36605***	-
	5 th	0	0	-	-4.819620***		-3.31564***	
$\Delta htex_t$	1 st	1	0	0	-3.719428***	-3.96328***	-3.40188***	-3.689499***
	5 th	0	1	0	-5.136809***		-2.805333**	

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

[Приложение А.14] Тест коинтеграции Johansen для модели квинтильного дохода 1-й и 5-й групп

страна	Rank(k)	λ_{trace}	5% критическое значение	λ_{max}	5% критическое значение	
Корея*	1 st	0	65.62866	47.85613	30.54806	27.58434
	5 th	0	58.59414	47.85613	29.04936	27.58434
	1 st	1	35.08060	29.79707	23.32446	21.13162
	5 th	1	29.54478	29.79707	18.54194	21.13162
	1 st	2	11.75613	15.49471	9.192357	14.26460
	5 th	2	11.00283	15.49471	7.539497	14.26460
	1 st	3	2.563775	3.841466	2.563775	3.841466
	5 th	3	3.463335	3.841466	3.463335	3.841466
	1 st	0	50.26867	47.85613	24.31009	27.58434
	5 th	0	52.38792	47.85613	25.15251	27.58434
Япония**	1 st	1	25.95858	29.79707	16.50905	21.13162
	5 th	1	27.23541	29.79707	17.57570	21.13162
	1 st	2	9.449528	15.49471	8.088132	14.26460
	5 th	2	9.659709	15.49471	8.061862	14.26460
	1 st	3	1.361396	3.841466	1.361396	3.841466
	5 th	3	1.597847	3.841466	1.597847	3.841466
	1 st	0	30.12853	29.79707	20.71829	21.13162
	5 th	0	68.75348	47.85613	40.18353	27.58434
	1 st	1	9.410246	15.49471	9.220504	14.26460
	5 th	1	28.56995	29.79707	17.88567	21.13162
Китай***	1 st	2	0.189742	3.841466	0.189742	3.841466
	5 th	2	10.68428	15.49471	9.333599	14.26460

	1 st		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	5 th	3	1.350683	3.841466	1.350683	3.841466
	1 st		166.1748	47.85613	132.3196	27.58434
	5 th	0	171.2108	47.85613	137.2136	27.58434
	1 st		33.85518	29.79707	19.65158	21.13162
	5 th	1	33.99725	29.79707	19.78876	21.13162
Россия****	1 st		14.20360	15.49471	8.809005	14.26460
	5 th	2	14.20849	15.49471	8.819070	14.26460
	1 st		5.394598	3.841466	5.394598	3.841466
	5 th	3	5.389423	3.841466	5.389423	3.841466

Примечание: лаг 2 на AIC

* , * * * * Тест Johansen для квинтильного дохода 1-й (5-й) группы, ВВП на душу населения, коэффициента Gini и доли торговли в ВВП

** , * * * * * Тест Johansen для квинтильного дохода 1-й (5-й) группы, ВВП на душу населения, коэффициента Gini (коэффициент квинтильного дохода для Японии) и доли высокотехнологичного товара в экспорте обрабатывающей промышленности

[Приложение А.15] Результат коинтеграционной регрессионной модели для квинтильных доходов 1 - й и 5-й групп

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
	<i>lgdp_pc_t</i>	1.206173 (0.035637)	0.0000	
	1 st <i>gini_t</i>	-0.084889 (0.014384)	0.0002	0.997430
Корея	<i>trade_t</i>	0.001220 (0.000611)	0.0736	
	<i>lgdp_pc_t</i>	1.428237 (0.061443)	0.0000	
	5 th <i>gini_t</i>	-0.034098 (0.008567)	0.0014	0.998195
	<i>trade_t</i>	0.001480 (0.000526)	0.0139	
	<i>lgdp_pc_t</i>	0.459724 (0.147416)	0.0098	
	1 st <i>l5th_ratio_t</i>	-1.277431 (0.216539)	0.0001	0.959602
Япония	<i>htex_t</i>	0.011770 (0.001763)	0.0000	
	<i>lgdp_pc_t</i>	0.495917 (0.146790)	0.0062	
	5 th <i>l5th_ratio_t</i>	-0.407850 (0.224828)	0.0970	0.925088
	<i>htex_t</i>	0.012080 (0.001653)	0.0000	
	1 st <i>lgdp_pc_t</i>	1.422832 (0.101858)	0.0000	
Китай	<i>gini_t</i>	-0.066399 (0.014332)	0.0003	0.996330
	5 th <i>lgdp_pc_t</i>	1.691179 (0.091186)	0.0000	0.998111
	<i>gini_t</i>	-0.067739	0.0011	

			(0.016239)		
		$trade_t$	0.019119	0.0001	
			(0.003412)		
		$lgdp_pc_t$	4.178755	0.0000	
			(0.115797)		
	1 st	$gini_t$	-7.509024	0.0019	0.997643
			(1.650600)		
		$htex_t$	0.023183	0.0062	
			(0.006293)		
Россия		$lgdp_pc_t$	4.335254	0.0000	
			(0.096770)		
	5 th	$gini_t$	-5.692301	0.0036	0.998412
			(1.397123)		
		$htex_t$	0.021998	0.0036	
			(0.005405)		

Примечание: цифры в круглых скобках - это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае золота порядок временного лага и опережения переменной устанавливается 2 на основе SIC для Кореи, Японии и Китая. В случае России он установлен на 1 из-за небольшой длины данных

Разрыва в нагрузке энергопотребления между доходными группами

[Приложение А.16] Результат теста единичного корня ADF для разрыва в нагрузке энергопотребления между доходными группами, ВВП на душу населения, коэффициент Gini, розничной цены бензина, социального вклада неправительственных организаций и энергоёмкость

Переменные	лаг				Корея	Япония	Китай	Россия
	К	J	С	R				
$qexp_d_t$	0	2	0	0	-2.539904	-1.897629	-2.077121	-0.273258
$lgdp_pc_t$	0	0	3	0	-2.080767	-1.581705	-3.268219	-0.060877
$gini_t$	0	0	1	0	-2.335956	-2.735076	-2.356664	-0.481820
$lfprice_dom_t$	1	0	1	3	-2.277489	-2.091693	-1.981238	-2.011359
sco_exp_t	4	0	3	0	-3.904914**	-1.789144	-3.141884	-3.037009
$eint_t$	7	0	1	0	-3.487574	-2.429207	-1.981238	0.655323
$\Delta qexp_d_t$	0	1	0	0	-6.870389***	-8.424213***	-5.834076***	-2.880631***
$\Delta lgdp_pc_t$	0	0	0	0	-4.240594***	-4.143925***	-2.150130	-3.247825**
$\Delta gini_t$	0	0	0	0	-5.403782***	-7.185132	-3.122149**	-3.549221**
$\Delta lfprice_dom_t$	0	0	0	0	-2.802217**	-5.072992***	-3.266014**	-68.25668***
Δsco_exp_t	-	0	0	0	-	-7.034042***	-2.887751*	-4.329676***
$\Delta eint_t$	0	0	0	0	-4.868090***	-4.291699**	-3.266014**	-2.288162**

Примечание: ***, **, * относится к уровню значимости на уровне 1%, 5%, 10%

[Приложение А.17] Тест коинтеграции Johansen для модели разрыва в нагрузке энергопотребления между доходными группами

страна	Rank(k)	λ_{trace}	5% критическое значение	λ_{max}	5% критическое значение
	0	53.72732	47.85613	27.67034	27.58434
Корея*	1	26.05698	29.79707	14.27558	21.13162
	2	11.78140	15.49471	7.984238	14.26460
	3	3.797162	3.841466	3.797162	3.841466
Япония*	0	47.20057	47.85613	25.53176	27.58434

	1	21.66881	29.79707	11.05045	21.13162
	2	10.61836	15.49471	8.257773	14.26460
	3	2.360587	3.841466	2.360587	3.841466
	0	39.97353	29.79707	25.91491	21.13162
Китай**	1	14.05862	15.49471	9.093260	14.26460
	2	4.965356	3.841466	4.965356	3.841466
	0	41.76795	29.79707	34.65496	21.13162
Россия**	1	7.112996	15.49471	6.850481	14.26460
	2	0.262515	3.841466	0.262515	3.841466

Примечание: отставание 2 на АИС

* коинтеграционный тест, включающий разрыв в нагрузке энергопотребления между доходными группами, ВВП на душу населения, коэффициент Gini, розничную цену бензина.

** коинтеграционный тест, включающий разрыв в нагрузке энергопотребления между доходными группами, ВВП на душу населения, коэффициент Gini, разрыв в нагрузке энергопотребления между доходными группами, различные цены на бензин и энергоёмкость

[Приложение А.18] Результат коинтеграционной регрессионной модели разрыва в нагрузке энергопотребления между доходными группами

страна	Переменные	Коэффициент	Prob.	R-квадрат
	<i>lgdp_pc_t</i>	0.009265 (0.003252)	0.0088	
Корея	<i>lfprice_dom_t</i>	0.007999 (0.003123)	0.0171	0.935626
	<i>gini_t</i>	0.000687 (0.000363)	0.0704	
	<i>lgdp_pc_t</i>	0.023662 (0.002922)	0.0000	
Япония	<i>lfprice_dom_t</i>	0.021547 (0.002799)	0.0000	0.950270
	<i>l5th_ratio_t</i>	0.048045 (0.014692)	0.0034	
	<i>lfprice_dom_t</i>	0.041909 (0.004750)	0.0000	
Китай	<i>eint_t</i>	0.125273 (0.021787)	0.0001	0.942112
	<i>lfprice_dom_t</i>	0.011301 (0.004329)	0.0311	
Россия	<i>gini_t</i>	1.426254 (0.240850)	0.0004	0.980162

Примечание: цифры в круглых скобках – это оценки стандартной ошибки Newey-West HAC. В случае золота порядок временного лага и опережения переменной устанавливается 2 на основе SIC для Кореи, Японии и Китая. В случае России он установлен 1 из-за небольшой длины данных

Приложение Б. Таблицы дополнительных показателей

[Приложение Б.1] Обобщены национальные энергетические стратегии России, Кореи, Китая и Японии

	ES-2035 России	2-ый МП Кореи	14-5 План	5-ый СП Японии
Год создания	2015	2014	2021	2018
Целевой год	2015-2035	2015-2035	2021-2025(2035)	2014-2030
предположение				
Рост ВВП	1.90%	2.80%	6.5	1.7
Цена на нефть	81	139.8	-	100
Население	147.7	51.9	-	117
ИПЦ	4.7	-	-	2%
Валютный курс	55.2	-	-	-
Цели и Главные задачи	Цели			
	Энергетическая безопасность	Контроль потребления	Приоритет энергосбережения	Стабильной структуры в энергетических поставках
	Энерго-эффективность и энергосбережение	Развитие распределенной системы генерации	Создании низкоуглеродной энергетической структуры	реализация энергосберегающего общества
	Диверсификации экспортных рынков энергоресурсов	Устойчивость энергетической политики	Обеспечение энергетической безопасности	развитие ВИЭ в сфере энергоснабжения
	Развитие Восточной Сибири и ДВ	Укрепление энергетической безопасности	Главные задачи Увеличение доля неископаемой энергии от общего потребления энергии примерно до 20 %	Реформа ядерной политики Развитие норм устойчивого использования ископаемых видов топлива
	Минимизация негативных последствий деятельности энергетического сектора	Разработка стабильной структуры поставок по источникам энергии	Регулирование потребления ископаемой энергии и развитие внутреннего нефтегазового рынка	Реализации водородного общества Всестороннее энергетическое сотрудничество
	Конкурентная среда на энергетическом рынке	Энергетическая политика с голосами народов	Разработка смарт-инфраструктуры электросетей	Реформа энергетического рынка
	Эффективная нормативная база	Главные задачи Налоговая реформа энергетики Реформа цен на энергоносители Контроль	Сильная углеродно-нейтральная политика в энергетическом секторе	Укрепление внутренней цепочки энергоснабжения Создание энергетических конгломератов

	потребления с помощью ICT	
Главные задачи Социально-экономическое развитие в сфере энергетических услуг и продуктов	Минимизация высоковольтных линий электропередачи Расширение распределенной генерации	Разработка вторичных источников энергии
Переход региональной производственной структуры на энергоносители	Применение технологий снижения выбросов парниковых газов Усиление контроля безопасности на атомных электростанциях Реформа атомной энергетики Развитие энергетических технологий	Главные задачи Укрепление сотрудничества с богатыми энергоресурсами странами Северной Америки, Африки и Евразии Стимулирование развития отечественных энергетических ресурсов (метан-гидрат)
Технологическое развитие для устойчивого развития энергетического сектора	Расширение использования ВИЭ	Содействие накоплению запасов редких металлов Распространение высокоэффективных ламп накаливания (LED, OLED)
		Развития геотермальной и гидроэнергетической энергии Подготовка плана восстановления и возрождения Фукусимы Разработка IGCC** и технологии CCS*** к 2020 году Повышение использования водородного в секторе транспорта

Источник: Энергетическая стратегия России до 2035, 2nd Национальный энергетический план Кореи, 14-ый пятилетний план национального экономического и социального развития КНР и план долгосрочных целей на 2035 год, 5-й Стратегический Энергетический план Японии

* Zero Energy Building

** Integrated Gasification Combined Cycle

*** Carbon Capture and Storage

**** Впервые явной цели роста не было. В Плане только указано, что рост ВВП следует удерживать «в разумных пределах» с учетом обстоятельств. Так как мы следуем цели в «Плане действия для стратегии развития энергетического сектора КНР».

[Приложение Б.2] Основные целевые показатели энергетического плана Кореи

Млн тнэ	2011	2025	2030	2035	Среднегодовое значение (%)
BAU	205.9	248.7	254.3	254.1	0.88
Цель	205.9	226.7	226	220.5	0.29
Скорость сокращения по источникам	-	8.9	11.1	13.3	-
	2011	2025	2030	2035	Среднегодовое значение (%)
Уголь	33.5(16.3)	34.7(15.3)	35.3(15.6)	34.4(15.6)	0.1
Нефть	102.0(49.5)	96.2(42.4)	88.8(39.3)	80.3(36.4)	0.99
Бытовой газ	23.7(11.5)	31.4(13.8)	33.0(14.6)	33.8(15.4)	1.5
Электричество	39.1(19.0)	53.3(23.5)	57.1(25.3)	59.9(27.2)	1.79
потепление	1.7(0.8)	2.8(1.2)	3.0(1.3)	3.2(1.5)	2.72
ВИЭ(без электричества)	5.8(2.8)	8.3(3.7)	8.7(3.8)	8.8(4.0)	1.71

Источник: 2nd Национальный энергетический план Кореи

[Приложение Б.3] Основные целевые показатели энергетической стратегии России до 2035 года

Год	2014	2020	2035	
Потребление				
	ОППЭ (млн тнэ)	999	1044	1185
	Электричество			36
	Энергоемкость	100	85(2025)	62
	Электроемкость	100	88(2025)	72
общий				
	Производство (млн тнэ)	1868	1989	2276
	Экспорт			20
	Доля АТР в общем объеме			39
Нефть				
	Производство (млн тнэ)	525	525	525
	Объем переработки нефти (млн тнэ)	294	227	240
	Доля переработки нефти	71	83	90
	% добычи светлой нефти			74
	Экспорт нефти (млн тнэ)	223	252	276
Природный газ				
	Производство (млрд куб. м)	639	723	885
	Доля природного газа в общем объеме производства			34
	производство СПГ (млрд куб. м)	14	41	74
	% СПГ в общем объеме экспорта газа	7	19	24
	Объем экспорта газа (млрд куб. м)	209	244	317
	Доля АТР в общем объеме экспорта	7	19	44
Уголь				
	Производство	358	370	445

электроэнергия	Экспорт	155	168	206
	Производство (млрд кВт * ч)	1062	1129	1514
	% атомная энергетика в общем объеме производства электроэнергии	17		21
	% ВИЭ в общем объеме производства			700
	Экспорт электроэнергии (млрд кВт * ч)	-	-	74

Источник: Министерство энергетики Российской Федерации, Энергетическая стратегия до 2035 года

[Приложение Б.4] Код ТН ВЭД по типу ВИЭ, 6-значный

Тип ВИЭ	Код ТН ВЭД
Биомасса	730900, 761100, 840681, 840682, 841620, 841931, 841940, 841989, 842129, 842139, 847920, 847989, 220710, 220720, 380210, 382490, 741999, 841182
Гидро	841011, 841012, 841013, 850161, 850162, 850163, 850164, 850421, 850422, 850423, 850431, 850432, 850433, 850434, 382450, 681091, 841090
Геотермальный	841861, 841950, 730431, 730441, 730451, 741121, 741122, 741129
Солнечный	711590, 732290, 830630, 841280, 841919, 850239, 850440, 900580, 901380, 700991, 700992, 730890, 761090, 900190, 900290, 841990, 854140
Ветер	850231, 890790, 902830, 903020, 903031, 903039, 903289, 730820, 841290, 848210, 848220, 848230, 848240, 848250, 848280, 848340, 850300, 853710, 853720
Океан	854449, 854460

Источник: Jha(2009)

[Приложение Б.5] Условия по сценариям

Сценария	Импорт от России	Русская Цена	ОППЭ	Международная ' цена
Reference	2015 уровень	0%	2015 mix	low, mid, high
Fossil coop 1	по ES-2035	0%	2015 mix	low, mid, high
Fossil coop 2	по ES-2035	5%	2015 mix	low, mid, high
Non-coop trans	2015 уровень	0%	Planned mix	low, mid, high
Coop trans	по ES-2035	5%	Planned mix	low, mid, high

[Приложение Б.6] Прогнозы международных цен на основные ископаемые топливные ресурсы

год	нефть (usd/баррель)			газ (usd/млн btu)			угол (usd/тонн)		
	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High
2016	43.7	43.7	43.7	7.1	7.1	7.1	79.5	79.5	79.5
2017	46.6	52.8	53.6	7.5	8.0	8.1	81.6	83.1	84.4
2018	49.4	61.9	63.4	7.9	9.0	9.2	83.7	86.7	89.2
2019	52.2	70.9	73.2	8.4	10.0	10.3	85.9	90.4	94.1
2020	55.0	80.0	83.0	8.8	11.0	11.4	88.0	94.0	99.0
2021	56.5	83.3	87.7	9.0	11.2	11.8	88.9	94.8	100.6
2022	58.0	86.6	92.4	9.2	11.4	12.1	89.8	95.6	102.2
2023	59.5	89.9	97.1	9.4	11.6	12.5	90.7	96.4	103.8

2024	61.0	93.2	101.8	9.6	11.8	12.8	91.6	97.2	105.4
2025	62.5	96.5	106.5	9.8	12.0	13.2	92.5	98.0	107.0
2026	64.0	99.8	111.2	9.9	12.2	13.5	93.4	98.8	108.6
2027	65.5	103.1	115.9	10.1	12.4	13.9	94.3	99.6	110.2
2028	67.0	106.4	120.6	10.3	12.6	14.2	95.2	100.4	111.8
2029	68.5	109.7	125.3	10.5	12.8	14.6	96.1	101.2	113.4
2030	70.0	113.0	130.0	10.7	13.0	14.9	97.0	102.0	115.0
2031	71.5	114.5	132.0	10.9	13.1	15.0	97.5	102.6	115.8
2032	73.0	116.0	134.0	11.0	13.2	15.1	98.0	103.2	116.6
2033	74.5	117.5	136.0	11.2	13.3	15.2	98.5	103.8	117.4
2034	76.0	119.0	138.0	11.4	13.4	15.3	99.0	104.4	118.2
2035	77.5	120.5	140.0	11.6	13.6	15.5	99.5	105.0	119.0
2036	79.0	122.0	142.0	11.7	13.7	15.6	100.0	105.6	119.8
2037	80.5	123.5	144.0	11.9	13.8	15.7	100.5	106.2	120.6
2038	82.0	125.0	146.0	12.1	13.9	15.8	101.0	106.8	121.4
2039	83.5	126.5	148.0	12.2	14.0	15.9	101.5	107.4	122.2
2040	85.0	128.0	150.0	12.4	14.1	16.0	102.0	108.0	123.0
Avg.	2.69%	4.38%	5.05%	2.28%	2.80%	3.32%	1.00%	1.23%	1.76%

Источник: МЭА World Energy Outlook 2015

* Low : низкий уровень сценария цены на нефть, Mid: новые политики сценарию, High: текущая политика сценарий

Приложение В. Индексы энергетической устойчивости по сценариям и международным ценам на энергоносители

Цена	Базовый сценарий												Сценарий <Fossil cooperation 1>											
	Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая			
Страна	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ
2017	1.380	1.598	1.292	1.067	1.379	1.597	1.291	1.067	1.379	1.597	1.291	1.067	1.382	1.600	1.292	1.067	1.382	1.600	1.291	1.069	1.382	1.599	1.291	1.069
2018	1.380	1.599	1.303	1.081	1.380	1.598	1.302	1.081	1.380	1.597	1.302	1.081	1.383	1.602	1.303	1.081	1.383	1.601	1.302	1.083	1.383	1.600	1.302	1.084
2019	1.381	1.601	1.310	1.090	1.380	1.599	1.309	1.091	1.380	1.598	1.308	1.091	1.383	1.604	1.310	1.090	1.384	1.602	1.308	1.094	1.384	1.601	1.308	1.094
2020	1.382	1.603	1.316	1.100	1.381	1.599	1.314	1.100	1.381	1.598	1.313	1.101	1.385	1.607	1.316	1.103	1.385	1.604	1.313	1.104	1.385	1.602	1.312	1.105
2021	1.383	1.605	1.320	1.110	1.382	1.600	1.317	1.111	1.382	1.599	1.316	1.112	1.386	1.609	1.320	1.114	1.386	1.605	1.316	1.115	1.386	1.603	1.315	1.116
2022	1.384	1.606	1.324	1.120	1.383	1.602	1.319	1.122	1.383	1.600	1.318	1.123	1.387	1.611	1.323	1.125	1.387	1.607	1.319	1.126	1.386	1.605	1.317	1.127
2023	1.384	1.608	1.326	1.131	1.384	1.603	1.321	1.133	1.383	1.601	1.319	1.134	1.389	1.614	1.326	1.136	1.388	1.608	1.320	1.138	1.387	1.606	1.318	1.139
2024	1.385	1.610	1.329	1.141	1.384	1.604	1.322	1.144	1.384	1.602	1.320	1.145	1.390	1.616	1.328	1.146	1.389	1.610	1.322	1.149	1.388	1.608	1.319	1.150
2025	1.386	1.613	1.330	1.152	1.385	1.606	1.323	1.155	1.385	1.603	1.320	1.156	1.391	1.619	1.330	1.157	1.390	1.612	1.322	1.160	1.389	1.609	1.320	1.162
2026	1.387	1.615	1.332	1.159	1.386	1.608	1.323	1.162	1.386	1.605	1.320	1.164	1.392	1.621	1.331	1.164	1.391	1.614	1.323	1.167	1.390	1.611	1.319	1.169
2027	1.388	1.618	1.333	1.166	1.387	1.609	1.323	1.170	1.386	1.606	1.320	1.172	1.393	1.624	1.332	1.171	1.392	1.616	1.322	1.175	1.391	1.613	1.319	1.177
2028	1.389	1.620	1.333	1.174	1.388	1.611	1.322	1.178	1.387	1.608	1.318	1.180	1.394	1.627	1.333	1.179	1.393	1.618	1.322	1.183	1.392	1.615	1.318	1.186
2029	1.390	1.623	1.333	1.181	1.388	1.614	1.321	1.185	1.388	1.610	1.317	1.188	1.395	1.630	1.333	1.186	1.393	1.621	1.321	1.191	1.393	1.617	1.316	1.194
2030	1.391	1.626	1.333	1.188	1.389	1.616	1.320	1.193	1.388	1.612	1.315	1.196	1.396	1.634	1.333	1.194	1.394	1.623	1.320	1.199	1.394	1.619	1.315	1.202
2031	1.392	1.630	1.333	1.196	1.390	1.619	1.318	1.201	1.389	1.615	1.313	1.204	1.397	1.637	1.332	1.201	1.395	1.626	1.318	1.207	1.395	1.622	1.312	1.210
2032	1.393	1.634	1.332	1.203	1.391	1.622	1.316	1.209	1.390	1.618	1.310	1.212	1.398	1.641	1.331	1.209	1.396	1.630	1.315	1.214	1.395	1.625	1.309	1.218
2033	1.394	1.638	1.330	1.211	1.392	1.625	1.313	1.217	1.391	1.621	1.307	1.221	1.399	1.645	1.330	1.216	1.397	1.633	1.312	1.222	1.396	1.628	1.306	1.226
2034	1.395	1.642	1.328	1.219	1.392	1.629	1.310	1.225	1.391	1.624	1.303	1.229	1.400	1.649	1.328	1.224	1.398	1.637	1.309	1.230	1.397	1.632	1.302	1.234
2035	1.396	1.647	1.326	1.226	1.393	1.633	1.306	1.233	1.392	1.628	1.299	1.237	1.402	1.654	1.326	1.232	1.399	1.641	1.306	1.239	1.398	1.636	1.298	1.243
Цена	Сценарий <Fossil cooperation 2>												Сценарий <Non-cooperative transition >											
	Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая			
Страна	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ
2017	1.383	1.601	1.292	1.069	1.383	1.600	1.291	1.069	1.382	1.599	1.291	1.069	1.382	1.616	1.355	1.067	1.382	1.615	1.355	1.067	1.382	1.614	1.354	1.067

2018	1.383	1.603	1.303	1.083	1.383	1.601	1.302	1.083	1.383	1.600	1.302	1.083	1.386	1.625	1.372	1.081	1.386	1.623	1.371	1.081	1.386	1.622	1.370	1.081
2019	1.384	1.605	1.310	1.093	1.384	1.602	1.309	1.094	1.384	1.601	1.308	1.094	1.390	1.633	1.382	1.090	1.390	1.631	1.379	1.091	1.389	1.630	1.378	1.091
2020	1.386	1.607	1.316	1.103	1.385	1.603	1.314	1.104	1.385	1.602	1.313	1.104	1.393	1.641	1.389	1.100	1.393	1.638	1.385	1.100	1.393	1.637	1.384	1.101
2021	1.387	1.609	1.320	1.114	1.386	1.605	1.317	1.115	1.386	1.603	1.315	1.116	1.397	1.649	1.389	1.110	1.396	1.645	1.384	1.111	1.396	1.643	1.383	1.112
2022	1.388	1.611	1.323	1.124	1.387	1.607	1.319	1.126	1.387	1.605	1.317	1.127	1.400	1.656	1.389	1.120	1.399	1.652	1.384	1.122	1.399	1.650	1.382	1.123
2023	1.389	1.614	1.326	1.135	1.388	1.608	1.321	1.137	1.388	1.606	1.319	1.138	1.403	1.663	1.390	1.131	1.402	1.658	1.384	1.133	1.402	1.656	1.381	1.134
2024	1.390	1.616	1.328	1.146	1.389	1.610	1.322	1.148	1.389	1.608	1.320	1.150	1.406	1.670	1.390	1.141	1.405	1.664	1.383	1.144	1.405	1.662	1.381	1.145
2025	1.391	1.619	1.330	1.156	1.390	1.612	1.323	1.159	1.390	1.609	1.320	1.161	1.409	1.677	1.391	1.152	1.408	1.670	1.383	1.155	1.407	1.667	1.380	1.156
2026	1.392	1.621	1.331	1.163	1.391	1.614	1.323	1.167	1.391	1.611	1.320	1.169	1.410	1.684	1.391	1.159	1.409	1.676	1.382	1.162	1.409	1.673	1.379	1.164
2027	1.393	1.624	1.332	1.171	1.392	1.616	1.323	1.174	1.391	1.613	1.319	1.177	1.412	1.690	1.392	1.166	1.411	1.682	1.382	1.170	1.410	1.679	1.378	1.172
2028	1.394	1.627	1.333	1.178	1.393	1.618	1.322	1.183	1.392	1.615	1.318	1.185	1.414	1.697	1.392	1.174	1.412	1.688	1.381	1.178	1.412	1.684	1.377	1.180
2029	1.395	1.630	1.333	1.186	1.394	1.621	1.321	1.190	1.393	1.617	1.317	1.193	1.415	1.704	1.392	1.181	1.414	1.694	1.380	1.185	1.413	1.690	1.375	1.188
2030	1.396	1.634	1.333	1.193	1.395	1.624	1.320	1.198	1.394	1.620	1.315	1.201	1.417	1.710	1.392	1.188	1.415	1.700	1.378	1.193	1.415	1.696	1.373	1.196
2031	1.398	1.637	1.333	1.201	1.396	1.626	1.318	1.206	1.395	1.622	1.313	1.209	1.418	1.714	1.392	1.196	1.417	1.703	1.377	1.201	1.416	1.699	1.372	1.204
2032	1.399	1.641	1.332	1.208	1.397	1.630	1.316	1.214	1.396	1.625	1.310	1.217	1.420	1.718	1.391	1.203	1.418	1.706	1.375	1.209	1.417	1.702	1.369	1.212
2033	1.400	1.645	1.330	1.216	1.398	1.633	1.313	1.222	1.397	1.629	1.307	1.226	1.421	1.723	1.390	1.211	1.420	1.710	1.373	1.217	1.419	1.705	1.367	1.221
2034	1.401	1.650	1.328	1.223	1.398	1.637	1.310	1.230	1.397	1.632	1.303	1.234	1.423	1.727	1.389	1.219	1.421	1.714	1.371	1.225	1.420	1.709	1.364	1.229
2035	1.402	1.655	1.326	1.231	1.399	1.641	1.306	1.238	1.398	1.636	1.299	1.242	1.425	1.732	1.388	1.226	1.422	1.719	1.368	1.233	1.422	1.713	1.361	1.237

Сценарий <Cooperative transition>

Цена	Низкая				Средняя				Высокая			
	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ	РК	ЯП	КНР	РФ
2017	1.386	1.618	1.355	1.069	1.386	1.617	1.355	1.069	1.386	1.616	1.355	1.069
2018	1.389	1.627	1.373	1.083	1.389	1.626	1.371	1.083	1.389	1.625	1.370	1.083
2019	1.393	1.636	1.382	1.093	1.393	1.634	1.379	1.094	1.393	1.633	1.378	1.094
2020	1.397	1.645	1.389	1.103	1.397	1.641	1.386	1.104	1.397	1.640	1.384	1.104
2021	1.401	1.653	1.389	1.114	1.400	1.649	1.385	1.115	1.400	1.647	1.383	1.116
2022	1.404	1.660	1.390	1.125	1.403	1.655	1.384	1.127	1.403	1.654	1.382	1.127
2023	1.407	1.667	1.390	1.136	1.406	1.662	1.384	1.138	1.406	1.660	1.382	1.139

2024	1.410	1.674	1.391	1.147	1.409	1.668	1.384	1.149	1.409	1.666	1.381	1.151
2025	1.413	1.681	1.391	1.158	1.412	1.674	1.383	1.161	1.411	1.672	1.380	1.162
2026	1.414	1.688	1.392	1.165	1.413	1.680	1.382	1.168	1.413	1.677	1.379	1.170
2027	1.416	1.695	1.392	1.172	1.415	1.686	1.382	1.176	1.414	1.683	1.378	1.178
2028	1.417	1.701	1.392	1.180	1.416	1.692	1.381	1.184	1.416	1.689	1.377	1.186
2029	1.419	1.708	1.392	1.187	1.418	1.698	1.380	1.192	1.417	1.694	1.375	1.194
2030	1.421	1.715	1.392	1.194	1.419	1.704	1.379	1.199	1.418	1.700	1.374	1.202
2031	1.422	1.718	1.392	1.202	1.420	1.707	1.377	1.207	1.420	1.703	1.372	1.210
2032	1.424	1.722	1.392	1.210	1.422	1.711	1.376	1.215	1.421	1.706	1.370	1.218
2033	1.425	1.727	1.391	1.217	1.423	1.714	1.374	1.223	1.423	1.710	1.368	1.227
2034	1.427	1.732	1.390	1.225	1.425	1.718	1.372	1.231	1.424	1.713	1.365	1.235
2035	1.428	1.737	1.389	1.232	1.426	1.723	1.369	1.239	1.425	1.718	1.362	1.243

Приложение Г. Планируемая доля ОПСЭ по источникам

Год	РК					Япония					КНР					РФ				
	Уголь	Нефть	Газ	Атомная	ВИЭ	Уголь	Нефть	Газ	Атомная	ВИЭ	Уголь	Нефть	Газ	Атомная	ВИЭ	Уголь	Нефть	Газ	Атомная	ВИЭ
2015	29.7%	38.1%	15.2%	12.1%	4.9%	24.6%	44.7%	22.3%	0.4%	8.0%	66.7%	17.8%	5.3%	1.5%	8.7%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2016	27.8%	40.1%	15.4%	11.6%	5.1%	25.4%	39.7%	23.8%	0.8%	10.3%	64.8%	18.4%	5.8%	1.9%	9.2%	15.4%	23.6%	50.6%	7.0%	3.3%
2017	27.9%	38.9%	15.8%	12.3%	5.1%	24.7%	43.1%	21.7%	1.8%	8.7%	63.2%	16.8%	7.2%	1.7%	11.2%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2018	27.9%	37.9%	16.2%	12.9%	5.1%	24.7%	42.4%	21.4%	2.5%	9.0%	61.5%	16.2%	8.1%	1.8%	12.4%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2019	28.0%	36.8%	16.5%	13.6%	5.1%	24.7%	41.6%	21.1%	3.2%	9.4%	59.7%	15.6%	9.1%	1.9%	13.7%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2020	28.0%	35.8%	16.8%	14.2%	5.2%	24.8%	40.8%	20.8%	3.9%	9.7%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2021	28.1%	34.8%	17.2%	14.7%	5.2%	24.8%	40.0%	20.6%	4.6%	10.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2022	28.1%	33.9%	17.5%	15.3%	5.2%	24.8%	39.2%	20.3%	5.3%	10.3%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2023	28.2%	33.0%	17.8%	15.8%	5.2%	24.8%	38.5%	20.0%	6.0%	10.7%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2024	28.2%	32.2%	18.0%	16.3%	5.2%	24.9%	37.7%	19.7%	6.8%	11.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2025	28.3%	31.3%	18.3%	16.8%	5.2%	24.9%	36.9%	19.4%	7.5%	11.3%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2026	28.5%	30.9%	18.4%	17.0%	5.3%	24.9%	36.1%	19.1%	8.2%	11.7%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2027	28.6%	30.4%	18.5%	17.2%	5.3%	24.9%	35.3%	18.9%	8.9%	12.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2028	28.8%	29.9%	18.7%	17.3%	5.3%	25.0%	34.6%	18.6%	9.6%	12.3%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2029	29.0%	29.4%	18.8%	17.5%	5.4%	25.0%	33.8%	18.3%	10.3%	12.7%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2030	29.1%	29.0%	18.9%	17.7%	5.4%	25.0%	33.0%	18.0%	11.0%	13.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2031	29.2%	28.5%	19.0%	17.8%	5.4%	25.0%	33.0%	18.0%	11.0%	13.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2032	29.4%	28.1%	19.1%	18.0%	5.4%	25.0%	33.0%	18.0%	11.0%	13.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%

2033	29.5%	27.7%	19.2%	18.2%	5.5%	25.0%	33.0%	18.0%	11.0%	13.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2034	29.6%	27.3%	19.3%	18.3%	5.5%	25.0%	33.0%	18.0%	11.0%	13.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%
2035	29.7%	26.9%	19.4%	18.5%	5.5%	25.0%	33.0%	18.0%	11.0%	13.0%	58.0%	15.0%	10.0%	2.0%	15.0%	16.4%	22.0%	51.2%	7.2%	3.1%

Источник: «2-й Национальный Энергетический план» Кореи, «Энергетическая Стратегия до 2035 года» России, «4-й Стратегический Энергетический план» Японии, «План действий по стратегии развития энергетического сектора» Китая

Приложение Д. Прогнозы Суб-элементов индекса энергетической устойчивости по международной цене энергоносителей

Индекс разнообразия энергетической системы по сценариям и международной цене на энергоносители

Цена	Базовый сценарий												Сценарий «Fossil cooperation 1»												Сценарий «Fossil cooperation 2»											
	Низкая			Средняя			Высокая			Низкая			Средняя			Высокая			Низкая			Средняя			Высокая											
	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD	K_SD	J_SD	C_SD	R_SD				
2000	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440	1.340	1.117	0.986	1.440				
2001	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530	1.279	1.076	1.262	1.530				
2002	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659	1.352	1.120	1.150	1.659				
2003	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699	1.215	1.115	1.086	1.699				
2004	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828	1.273	1.077	1.164	1.828				
2005	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814	1.182	1.055	1.017	1.814				
2006	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840	1.214	1.101	0.877	1.840				
2007	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879	1.271	1.175	0.829	1.879				
2008	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843	1.193	1.180	0.884	1.843				
2009	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050	1.239	1.135	1.093	2.050				
2010	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066	1.383	1.206	1.299	2.066				
2011	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056	1.388	1.295	1.252	2.056				
2012	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989	1.428	1.395	1.377	1.989				
2013	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007	1.362	1.348	1.357	2.007				
2014	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999	1.404	1.323	1.278	1.999				
2015	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990	1.401	1.545	1.180	1.990				
2016	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966	1.395	1.280	1.226	1.966				
2017	1.404	1.192	1.120	1.933	1.405	1.192	1.115	1.933	1.405	1.192	1.114	1.933	1.453	1.249	1.111	1.997	1.453	1.249	1.110	1.997	1.459	1.241	1.116	1.997	1.459	1.241	1.116	1.997	1.459	1.241	1.110	1.997				
2018	1.401	1.192	1.085	1.924	1.402	1.192	1.080	1.924	1.402	1.192	1.078	1.924	1.456	1.263	1.072	2.011	1.456	1.263	1.071	2.011	1.462	1.254	1.077	2.010	1.462	1.254	1.072	2.010	1.462	1.255	1.071	2.010				
2019	1.398	1.192	1.065	1.914	1.399	1.192	1.061	1.914	1.399	1.193	1.059	1.914	1.457	1.273	1.052	2.021	1.458	1.273	1.048	2.021	1.464	1.264	1.052	2.021	1.464	1.265	1.048	2.021	1.464	1.265	1.047	2.021				
2020	1.395	1.192	1.052	1.905	1.396	1.193	1.048	1.905	1.396	1.193	1.047	1.905	1.458	1.281	1.037	2.024	1.459	1.282	1.032	2.025	1.465	1.283	1.031	2.025	1.465	1.273	1.037	2.023	1.465	1.274	1.033	2.024				
2021	1.392	1.192	1.044	1.896	1.393	1.193	1.040	1.896	1.393	1.193	1.039	1.896	1.458	1.290	1.028	2.021	1.460	1.291	1.024	2.022	1.461	1.291	1.022	2.023	1.465	1.281	1.029	2.020	1.466	1.282	1.024	2.021				
2022	1.389	1.192	1.037	1.888	1.390	1.193	1.033	1.888	1.390	1.193	1.032	1.888	1.460	1.298	1.021	2.018	1.461	1.299	1.017	2.019	1.462	1.300	1.015	2.020	1.466	1.289	1.022	2.017	1.467	1.291	1.017	2.018				
2023	1.386	1.192	1.032	1.880	1.387	1.193	1.028	1.880	1.388	1.194	1.027	1.880	1.461	1.305	1.016	2.014	1.462	1.307	1.011	2.016	1.463	1.307	1.009	2.017	1.466	1.296	1.016	2.013	1.467	1.298	1.012	2.015				
2024	1.383	1.192	1.027	1.872	1.384	1.194	1.023	1.872	1.385	1.194	1.022	1.872	1.461	1.312	1.011	2.011	1.463	1.314	1.006	2.013	1.463	1.314	1.004	2.014	1.467	1.303	1.011	2.010	1.468	1.305	1.007	2.012				
2025	1.380	1.192	1.023	1.865	1.382	1.194	1.019	1.865	1.382	1.195	1.018	1.865	1.462	1.318	1.007	2.007	1.463	1.320	1.002	2.010	1.464	1.321	1.000	2.011	1.467	1.310	1.007	2.006	1.468	1.312	1.002	2.009				
2026	1.377	1.192	1.018	1.865	1.379	1.194	1.015	1.865	1.380	1.195	1.014	1.865	1.462	1.324	1.003	2.009	1.463	1.326	0.998	2.013	1.464	1.327	0.996	2.014	1.467	1.316	1.003	2.008	1.468	1.318	0.998	2.012				
2027	1.374	1.193	1.015	1.865	1.376	1.195	1.011	1.865	1.377	1.195	1.010	1.865	1.462	1.329	0.999	2.011	1.464	1.332	0.994	2.015	1.464	1.333	0.993	2.017	1.466	1.321	1.000	2.010	1.468	1.324	0.995	2.014				
2028	1.371	1.193	1.012	1.866	1.373	1.195	1.008	1.866	1.374	1.196	1.007	1.866	1.462	1.335	0.997	2.012	1.464	1.337	0.991	2.017	1.465	1.338	0.990	2.019	1.466	1.327	0.997	2.011	1.468	1.330	0.992	2.016				
2029	1.368	1.193	1.009	1.866	1.370	1.195	1.005	1.866	1.371	1.196	1.004	1.866	1.462	1.339	0.994	2.013	1.464	1.342	0.989	2.018	1.465	1.343	0.987	2.020	1.466	1.321	0.994	2.013	1.467	1.335	0.989	2.017				
2030	1.365	1.193	1.006	1.866	1.368	1.196	1.003	1.866	1.369	1.197	1.001	1.866	1.462	1.343	0.992	2.014	1.464	1.347	0.986	2.019	1.465	1.348	0.984	2.022	1.465	1.336	0.992	2.013	1.368	1.196	0.999	1.856				
2031	1.362	1.194	1.004	1.866	1.365	1.196	1.001	1.866	1.366	1.197	0.999	1.866	1.462	1.347	0.990	2.014	1.464	1.351	0.985	2.020	1.465	1.352	0.983	2.022	1.465	1.340	0.991	2.013	1.365	1.196	0.997	1.856				
2032	1.360	1.194	1.002	1.867	1.363	1.197	0.999	1.867	1.364	1.198	0.997	1.867	1.462	1.351	0.989	2.013	1.464	1.354	0.983	2.020	1.465	1.356	0.981	2.022	1.464	1.344	0.989									

Цена	Сценарий «Non-cooperative transition»																Сценарий «Cooperative transition»																			
	Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая															
	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2	K_CO2	J_CO2	C_CO2	R_CO2								
2030	7.0	5.1	34.8	4.8	6.9	5.1	36.8	4.8	6.9	5.0	37.5	4.8	7.0	5.1	34.8	4.8	6.9	5.1	36.8	4.8	6.9	5.0	37.5	4.8	7.0	5.1	34.7	4.8	6.9	5.1	36.7	4.8	6.9	5.0	37.4	4.8
2031	6.5	4.8	39.4	4.5	6.5	4.7	41.7	4.5	6.4	4.6	42.7	4.5	6.5	4.8	39.4	4.5	6.5	4.7	41.7	4.5	6.4	4.6	42.7	4.5	6.5	4.8	39.2	4.5	6.5	4.7	41.7	4.5	6.4	4.6	42.5	4.5
2032	6.1	4.4	44.7	4.1	6.0	4.3	47.6	4.1	6.0	4.3	48.7	4.1	6.1	4.4	44.7	4.1	6.0	4.3	47.6	4.1	6.0	4.3	48.7	4.1	6.1	4.4	44.6	4.1	6.0	4.3	47.5	4.1	6.0	4.3	48.6	4.1
2033	5.7	4.0	51.0	3.7	5.6	3.9	54.5	3.7	5.6	3.9	55.9	3.7	5.7	4.0	51.0	3.7	5.6	3.9	54.5	3.7	5.6	3.9	55.9	3.7	5.7	4.0	50.8	3.7	5.6	3.9	54.4	3.7	5.6	3.9	55.7	3.7
2034	5.3	3.7	58.5	3.4	5.2	3.6	62.7	3.4	5.2	3.5	64.4	3.4	5.3	3.7	58.5	3.4	5.2	3.6	62.7	3.4	5.2	3.5	64.4	3.4	5.3	3.7	58.3	3.4	5.2	3.6	62.6	3.4	5.2	3.5	64.2	3.4
2035	4.9	3.3	67.4	3.1	4.8	3.2	72.5	3.1	4.8	3.2	74.6	3.1	4.9	3.3	67.4	3.1	4.8	3.2	72.5	3.1	4.8	3.2	74.6	3.1	4.9	3.3	67.2	3.1	4.8	3.2	72.5	3.1	4.8	3.2	74.4	3.1

Энергоёмкость по сценариям и международной цене на энергоносители

Цена	Базовый сценарий												Сценарий «Fossil cooperation 1»												Сценарий «Fossil cooperation 2»															
	Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая							
	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI	K_EI	J_EI	C_EI	R_EI
2000	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651	0.265	0.097	0.507	0.651
2001	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626	0.257	0.095	0.487	0.626
2002	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595	0.249	0.095	0.477	0.595
2003	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574	0.247	0.092	0.495	0.574
2004	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537	0.242	0.093	0.513	0.537
2005	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509	0.235	0.092	0.509	0.509
2006	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484	0.227	0.090	0.494	0.484
2007	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447	0.224	0.088	0.467	0.447
2008	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435	0.223	0.085	0.440	0.435
2009	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443	0.223	0.086	0.429	0.443
2010	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451	0.228	0.087	0.429	0.451

Индекс адекватности в использовании энергетических услуг по сценариям и международной цене на энергоносители

Цена	Базовый сценарий												Сценарий «Fossil cooperation 1»												Сценарий «Fossil cooperation 2»											
	Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая				Низкая				Средняя				Высокая			
	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ	К_Е АФФ	J_EA FF	C_E АФФ	R_E АФФ
2000	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82	3.61	28.27	7.65	0.82
2001	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82	3.87	27.74	7.67	1.82
2002	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47	4.30	28.63	6.85	1.47
2003	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48	4.35	26.91	7.73	1.48
2004	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11	4.11	24.73	8.54	1.11
2005	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48	3.96	20.63	6.89	1.48
2006	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69	3.95	19.69	5.64	1.69
2007	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88	4.05	20.55	9.43	1.88
2008	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41	3.63	17.26	10.04	2.41
2009	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31	4.30	30.61	10.30	2.31
2010	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50	3.85	19.75	12.97	2.50
2011	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94	3.48	18.19	14.71	1.94
2012	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22	3.95	20.18	16.48	2.22
2013	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45	4.47	18.78	18.76	2.45
2014	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35	5.12	17.50	18.92	2.35
2015	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77	7.51	26.26	20.72	2.77
2016	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68	4.01	29.95	19.85	3.68
2017	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99	5.67	26.40	19.38	1.99
2018	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82	5.57	26.37	21.29	2.82
2019	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87	5.62	26.35	22.13	2.87
2020	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92	5.66	26.32	23.33	2.92
2021	5.71	26.29	24.59	2.97	5.63	25.64	23.91	2.97	5.60	25.39	23.65	2.97	5.71	26.29	24.59	2.97	5.63	25.64	23.91	2.97	5.60	25.39	23.65	2.97	5.72	26.35	24.66	2.97	5.64	25.70	23.97	2.97	5.61	25.45	23.71	2.97
2022	5.76	26.26	25.92	3.02	5.67	25.50	23.08	3.02	5.63	25.21	24.76	3.02	5.76	26.26	25.92	3.02	5.67	25.50	23.08	3.02	5.63	25.21	24.76	3.02	5.77	26.32	25.99	3.02	5.67	25.56	25.15	3.02	5.64	25.28	24.83	3.02
2023	5.81	26.22	27.32	3.07	5.70	25.36	26.31	3.07	5.66	25.04	25.93	3.07	5.81	26.22	27.32	3.07	5.70	25.36	26.31	3.07	5.66	25.04	25.93	3.07	5.82	26.29	27.40	3.07	5.71	25.43	26.39	3.07	5.67	25.10	26.01	3.07
2024	5.86	26.18	28.80	3.12	5.74	25.22	27.61	3.12	5.69	24.86	27.16	3.12	5.86	26.18	28.80	3.12	5.74	25.22	27.61	3.12	5.69	24.86	27.16	3.12	5.86	26.25	28.88	3.12	5.74	25.29	27.69	3.12	5.70	24.92	27.24	3.12
2025	5.91	26.15	30.36	3.17	5.77	25.08	28.96	3.17	5.72	24.68	28.44	3.17	5.91	26.15	30.36	3.17	5.77	25.08	28.96	3.17	5.72	24.68	28.44	3.17	5.91	26.21	30.45	3.17	5.72	25.15	29.05	3.17	5.73	24.74	28.53	3.17
2026	5.96	26.11	32.00	3.23	5.81	24.94	30.38	3.23	5.75	24.50	29.78	3.23	5.96	26.11	32.00	3.23	5.81	24.94	30.38	3.23	5.75	24.50	29.78	3.23	5.96	26.18	32.09	3.23	5.82	25.00	30.48	3.23	5.76	24.56	29.87	3.23
2027	6.01	26.06	33.73	3.28	5.84	24.79	31.88	3.28	5.78	24.32	31.19	3.28	6.01	26.06	33.73	3.28	5.84	24.79	31.88	3.28	5.78	24.32	31.19	3.28	6.01	26.13	33.83	3.28	5.85	24.86	31.98	3.28	5.79	24.38	31.29	3.28
2028	6.06	26.02	35.55	3.33	5.88	24.65	33.44	3.33	5.81	24.13	32.66	3.33	6.06	26.02	35.55	3.33	5.88	24.65	33.44	3.33	5.81	24.13	32.66	3.33	6.07	26.09	35.66	3.33	5.89	24.72	33.55	3.33	5.82	24.20	32.77	3.33
2029	6.11	25.97	37.47	3.39	5.91	24.50	35.09	3.39	5.84	23.95	34.20	3.39	6.11	25.97	37.47	3.39	5.91	24.50	35.09	3.39	5.84	23.95	34.20	3.39	6.12	26.04	37.59	3.39	5.92	24.57	35.20	3.39	5.85	24.02	34.32	3.39
2030	6.16	25.92	39.50	3.45	5.95	24.35	36.81	3.45	5.87	23.77	35.82	3.45	6.16	25.92	39.50	3.45	5.95	24.35	36.81	3.45	5.87	23.77	35.82	3.45	6.17	26.00	39.63	3.45	5.94	24.31	36.74	3.45	5.88	23.64	35.94	3.45
2031	6.21	25.87	41.63	3.50	5.99	24.20	38.62	3.50	5.90	23.58	37.51	3.50	6.21	25.87	41.63	3.50	5.99	24.20	38.62	3.50	5.90	23.58	37.51	3.50	6.22	25.95	41.77	3.50	5.99	24.22	38.64	3.50	5.91	23.66	37.64	3.50
2032	6.26	25.82	43.88	3.56	6.02	24.05	40.51	3.56	5.93	23.40	39.28	3.56	6.26	25.82	43.88	3.56	6.02	24.05	40.51	3.56	5.93	23.40	39.28	3.56	6.27	25.90	44.03	3.56	6.02	24.06	40.54	3.56	5.94	23.47	39.42	3.56
2																																				

Приложение Е. Расчетный объем импорта нефти и природного газа из России в Корею, Японию и Китай на основе результатов оптимизации по сценариям и международным ценам на энергоносители, млн тнэ

Сценарий	Reference / non-cooperative transformation																							
	Низкая								Средняя								Высокая							
	Нефть				Газ				Нефть				Газ				Нефть				Газ			
Цена	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого
2017	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2018	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2019	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2020	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2021	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2022	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2023	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2024	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2025	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2026	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2027	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2028	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2029	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2030	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2031	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2032	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2033	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2034	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14
2035	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14	8.31	7.81	42.43	58.55	8.31	7.57	0.26	16.14

Сценарий	Fossil cooperation 1																							
	Низкая								Средняя								Высокая							
	Нефть				Газ				Нефть				Газ				Нефть				Газ			
Цена	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого
2017	16.72	13.52	35.34	65.58	7.50	17.34	4.19	29.03	16.71	13.52	35.34	65.58	7.49	17.31	4.23	29.03	16.71	13.52	35.34	65.58	7.48	17.30	4.25	29.03
2018	17.97	15.78	35.34	69.09	8.87	20.81	5.80	35.48	17.96	15.79	35.34	69.09	8.83	20.70	5.95	35.48	17.96	15.79	35.34	69.09	8.81	20.66	6.00	35.48
2019	19.32	17.94	35.34	72.60	10.01	23.96	7.96	41.92	19.31	17.96	35.34	72.60	9.92	23.71	8.30	41.92	19.30	17.96	35.34	72.60	9.88	23.61	8.43	41.92
2020	20.66	20.11	35.34	76.12	10.73	25.48	9.16	45.38	20.64	20.14	35.34	76.12	10.64	25.23	9.86	45.73	20.63	20.15	35.34	76.12	10.60	25.13	10.14	45.87
2021	22.01	22.28	35.34	79.63	11.14	25.85	9.27	46.26	21.97	22.32	35.34	79.63	11.00	25.53	10.22	46.76	21.96	22.33	35.34	79.63	10.95	25.40	10.60	46.95
2022	23.36	24.44	35.34	83.14	11.56	26.19	9.42	47.17	23.32	24.49	35.34	83.14	11.39	25.79	10.65	47.83	23.30	24.50	35.34	83.14	11.32	25.63	11.14	48.10
2023	24.74	26.58	35.34	86.66	11.98	26.48	9.55	48.01	24.68	26.63	35.34	86.66	11.77	25.99	11.09	48.86	24.66	26.66	35.34	86.66	11.69	25.80	11.70	49.20
2024	26.14	28.69	35.34	90.17	12.41	26.71	9.67	48.79	26.07	28.76	35.34	90.17	12.16	26.14	11.54	49.84	26.05	28.78	35.34	90.17	12.06	25.92	12.28	50.27
2025	27.57	30.77	35.34	93.68	12.84	26.90	9.76	49.51	27.50	30.85	35.34	93.68	12.55	26.24	11.99	50.78	27.47	30.88	35.34	93.68	12.43	25.98	12.88	51.30
2026	29.05	32.81	35.34	97.20	13.28	26.94	9.79	50.01	28.96	32.89	35.34	97.20	12.94	26.19	12.35	51.48	28.93	32.93	35.34	97.20	12.80	25.90	13.38	52.08
2027	30.56	34.81	35.34	100.71	13.68	26.85	9.73	50.27	30.47	34.90	35.34	100.71	13.28	26.02	12.63	51.93	30.43	34.94	35.34	100.71	13.13	25.70	13.79	52.62
2028	32.11	36.77	35.34	104.22	14.08	26.75	9.68	50.51	32.01	36.87	35.34	104.22	13.62	25.84	12.91	52.37	31.97	36.91	35.34	104.22	13.45	25.48	14.21	53.14
2029	33.71	38.68	35.34	107.73	14.50	26.66	9.65	50.82	33.61	38.79	35.34	107.73	13.99	25.66	13.25	52.90	33.56	38.83	35.34	107.73	13.79	25.28	14.70	53.77
2030	35.36	40.54	35.34	111.25	14.93	26.55	9.61	51.09	35.25	40.66	35.34	111.25	14.35	25.47	13.58	53.41	35.20	40.70	35.34	111.25	14.13	25.05	15.21	54.40
2031	37.02	42.40	35.34	114.76	15.32	26.48	9.00	50.80	36.90	42.52	35.34	114.76	14.68	25.32	13.30	53.30	36.85	42.57	35.34	114.76	14.43	24.87	15.05	54.35
2032	38.73	44.21	35.34	118.27	15.73	26.41	8.39	50.53	38.60	44.33	35.34	118.27	15.02	25.17	13.01	53.20	38.55	44.39	35.34	118.27	14.74	24.69	14.90	54.34
2033	40.48	45.96	35.34	121.79	16.15	26.33	7.77	50.24	40.35	46.10	35.34	121.79	15.36	25.01	12.71	53.09	40.30	46.15	35.34	121.79	15.06	24.50	14.76	54.31
2034	42.29	47.67	35.34	125.30	16.57	26.24	7.14	49.95	41.91	47.44	35.95	125.30	15.73	24.87	12.22	52.82	41.66	47.20	36.44	125.30	15.38	24.30	14.61	54.29
2035	43.76	48.73	36.32	128.81	17.01	26.15	6.51	49.67	43.02	48.00	37.78	128.81	16.07	24.68	12.11	52.86	42.66	47.75	38.40	128.81	15.75	24.23	13.42	53.41

Сценарий	Fossil cooperation 2																							
	Низкая								Средняя								Высокая							
	Нефть				Газ				Нефть				Газ				Нефть				Газ			
Цена	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого
2017	18.18	12.06	35.34	65.58	7.51	17.34	4.18	29.03	18.19	12.05	35.34	65.58	7.50	17.31	4.22	29.03	18.19	12.05	35.34	65.58	7.49	17.30	4.24	29.03
2018	19.77	13.98	35.34	69.09	8.88	20.80	5.79	35.48	19.76	13.99	35.34	69.09	8.84	20.70	5.94	35.48	19.75	14.00	35.34	69.09	8.82	20.66	5.99	35.48
2019	21.30	15.96	35.34	72.60	10.03	23.94	7.95	41.92	21.26	16.01	35.34	72.60	9.94	23.69	8.29	41.92	21.24	16.02	35.34	72.60	9.90	23.60	8.42	41.92
2020	22.79	17.99	35.34	76.12	10.70	25.23	8.99	44.92	22.71	18.06	35.34	76.12	10.60	24.99	9.67	45.26	22.69	18.09	35.34	76.12	10.56	24.90	9.93	45.39

2021	24.27	20.02	35.34	79.63	11.10	25.60	9.10	45.80	24.17	20.12	35.34	79.63	10.97	25.29	10.03	46.28	24.13	20.16	35.34	79.63	10.92	25.16	10.39	46.47
2022	25.76	22.04	35.34	83.14	11.51	25.94	9.25	46.70	25.64	22.17	35.34	83.14	11.35	25.54	10.45	47.34	25.59	22.21	35.34	83.14	11.28	25.39	10.92	47.60
2023	27.28	24.04	35.34	86.66	11.94	26.22	9.38	47.54	27.12	24.19	35.34	86.66	11.73	25.75	10.88	48.36	27.07	24.25	35.34	86.66	11.65	25.56	11.47	48.69
2024	28.82	26.01	35.34	90.17	12.37	26.46	9.50	48.32	28.64	26.19	35.34	90.17	12.12	25.90	11.32	49.34	28.57	26.26	35.34	90.17	12.02	25.68	12.04	49.74
2025	30.39	27.95	35.34	93.68	12.80	26.64	9.59	49.04	30.18	28.16	35.34	93.68	12.51	26.00	11.77	50.27	30.11	28.24	35.34	93.68	12.39	25.74	12.63	50.77
2026	31.99	29.86	35.34	97.20	13.24	26.68	9.63	49.55	31.76	30.10	35.34	97.20	12.89	25.96	12.10	50.98	31.67	30.18	35.34	97.20	12.76	25.67	13.12	51.55
2027	33.64	31.73	35.34	100.71	13.63	26.60	9.57	49.81	33.38	31.99	35.34	100.71	13.24	25.79	12.40	51.43	33.29	32.08	35.34	100.71	13.08	25.48	13.53	52.08
2028	35.33	33.55	35.34	104.22	14.03	26.50	9.52	50.05	35.04	33.84	35.34	104.22	13.58	25.61	12.68	51.87	34.94	33.94	35.34	104.22	13.40	25.26	13.94	52.60
2029	37.06	35.33	35.34	107.73	14.45	26.42	9.50	50.37	36.76	35.64	35.34	107.73	13.94	25.45	13.01	52.40	36.65	35.75	35.34	107.73	13.74	25.07	14.42	53.23
2030	38.85	37.06	35.34	111.25	14.87	26.31	9.46	50.65	38.52	37.38	35.34	111.25	14.30	25.26	13.35	52.91	38.41	37.50	35.34	111.25	14.08	24.85	14.90	53.83
2031	40.65	38.77	35.34	114.76	15.27	26.24	8.87	50.38	40.30	39.12	35.34	114.76	14.63	25.11	13.08	52.82	40.18	39.24	35.34	114.76	14.38	24.67	14.77	53.82
2032	42.50	40.44	35.34	118.27	15.67	26.18	8.27	50.12	42.13	40.80	35.34	118.27	14.97	24.97	12.80	52.74	42.00	40.93	35.34	118.27	14.70	24.49	14.64	53.83
2033	44.40	42.04	35.34	121.79	16.09	26.10	7.66	49.85	44.02	42.43	35.34	121.79	15.31	24.82	12.51	52.64	43.88	42.57	35.34	121.79	15.01	24.31	14.50	53.82
2034	46.36	43.60	35.34	125.30	16.51	26.02	7.05	49.58	45.96	44.00	35.34	125.30	15.66	24.66	12.22	52.54	45.82	44.14	35.34	125.30	15.33	24.12	14.35	53.81
2035	48.38	45.09	35.34	128.81	16.94	25.93	6.43	49.31	47.97	45.51	35.34	128.81	16.02	24.50	11.91	52.43	47.81	45.66	35.34	128.81	15.66	23.93	14.20	53.79
Сценарий	cooperative transformation																							
Цена	Низкая										Средняя										Высокая			
Источник	Газ				Нефть				Газ				Нефть				Газ				Natural gas			
Страна	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	РК	Япония	КНР	Итого	korea	japan	china	total
2017	19.14	11.09	35.34	65.58	7.53	15.08	6.43	29.03	19.15	11.09	35.34	65.58	7.51	15.06	6.46	29.03	19.15	11.09	35.34	65.58	7.51	15.05	6.47	29.03
2018	20.35	13.40	35.34	69.09	8.33	16.15	11.00	35.48	20.34	13.41	35.34	69.09	8.31	16.12	11.05	35.48	20.33	13.42	35.34	69.09	8.30	16.11	11.07	35.48
2019	21.88	15.39	35.34	72.60	9.02	16.84	16.07	41.92	21.82	15.44	35.34	72.60	8.99	16.80	16.13	41.92	21.80	15.46	35.34	72.60	8.97	16.79	16.16	41.92
2020	23.34	17.44	35.34	76.12	9.66	17.27	21.43	48.37	23.25	17.53	35.34	76.12	9.62	17.22	21.53	48.37	23.21	17.57	35.34	76.12	9.28	16.31	16.33	41.92
2021	24.81	19.48	35.34	79.63	10.34	17.77	26.70	54.81	24.67	19.62	35.34	79.63	10.28	17.70	26.84	54.81	24.62	19.67	35.34	79.63	9.96	16.88	21.53	48.37
2022	26.30	21.50	35.34	83.14	11.05	18.24	31.97	61.26	26.12	21.68	35.34	83.14	10.96	18.11	32.19	61.26	26.05	21.75	35.34	83.14	10.65	17.34	26.83	54.81
2023	27.81	23.50	35.34	86.66	11.76	18.61	37.33	67.71	27.59	23.73	35.34	86.66	11.64	18.43	37.64	67.71	27.50	23.82	35.34	86.66	11.32	17.71	32.23	61.26
2024	29.35	25.48	35.34	90.17	12.48	18.91	42.77	74.15	29.07	25.76	35.34	90.17	12.32	18.67	43.17	74.15	28.98	25.85	35.34	90.17	11.99	17.99	37.73	67.71
2025	30.92	27.42	35.34	93.68	13.20	19.14	48.25	80.60	30.59	27.75	35.34	93.68	12.87	18.57	49.16	80.60	30.47	27.88	35.34	93.68	13.00	18.92	48.68	80.60
2026	32.66	29.20	35.34	97.20	13.82	19.22	50.94	83.98	32.27	29.59	35.34	97.20	13.57	18.87	51.62	84.05	32.13	29.72	35.34	97.20	13.39	18.56	53.60	85.55
2027	34.46	30.90	35.34	100.71	14.27	18.98	50.90	84.14	34.02	31.35	35.34	100.71	13.98	18.58	51.74	84.30	33.86	31.51	35.34	100.71	13.87	18.42	52.04	84.33
2028	36.32	32.56	35.34	104.22	14.72	18.72	50.92	84.36	35.81	33.07	35.34	104.22	14.39	18.28	51.91	84.59	35.63	33.25	35.34	104.22	14.27	18.10	52.28	84.65
2029	38.22	34.18	35.34	107.73	15.19	18.48	51.03	84.70	37.65	34.74	35.34	107.73	14.82	17.99	52.18	85.00	37.45	34.94	35.34	107.73	14.68	17.80	52.60	85.08
2030	40.17	35.74	35.34	111.25	15.66	18.23	51.16	85.05	39.55	36.36	35.34	111.25	15.25	17.70	52.46	85.41	39.32	36.59	35.34	111.25	15.09	17.49	52.92	85.50
2031	41.70	37.72	35.34	114.76	16.07	18.29	50.86	85.22	40.79	37.90	36.07	114.76	16.34	18.87	40.11	75.32	40.29	37.79	36.68	114.76	15.45	17.49	52.82	85.76
2032	42.85	38.86	36.56	118.27	16.50	18.21	50.64	85.35	41.46	38.48	38.33	118.27	16.00	17.58	52.32	85.90	40.97	38.33	38.97	118.27	15.81	17.34	52.81	85.96
2033	43.69	39.42	38.67	121.79	16.93	18.12	50.41	85.46	42.19	39.00	40.60	121.79	16.38	17.46	52.19	86.02	41.66	38.83	41.29	121.79	16.17	17.20	52.81	86.17
2034	44.54	39.95	40.81	125.30	17.36	18.02	50.27	85.65	42.93	39.47	42.89	125.30	16.77	17.32	52.14	86.23	42.36	39.29	43.65	125.30	16.54	17.05	52.81	86.39
2035	45.41	40.44	42.97	128.81	17.80	17.93	50.09	85.81	43.69	39.91	45.21	128.81	17.16	17.19	52.09	86.44	43.08	39.72	46.02	128.81	16.91	16.90	52.80	86.61

Приложение 3. Структура индекса энергетической устойчивости

Индекс	№ Структура	Формула	Компонент
Индекс энергетической устойчивости	1	$ESS = \omega_{eq}(ESC + EES + ESO)$ $\omega_{eq} = 1$ $- stdev(ESC, EES, ESO)$	
Индекс энергетической безопасности импортеров (РК, Япония, Китай)	2	<p>2-1 Разнообразие энергетической системы</p> $SD = \frac{D_{import} + D_{supply}}{2}$ $D_{import} = \omega_{oil} \cdot D_{oil} + \omega_{gas} \cdot D_{gas} + \omega_{coal} \cdot D_{coal}$ $D_{supply} = - \sum_i^N k_i \ln k_i$	$\omega_{oil(gas, coal)}$: доля нефти(газа, угля) в ОППЭ $D_{oil(gas, coal)}$: разнообразие импорта нефти(газа, угля) = $(-\sum_i^N s_i \ln s_i) \cdot (-\sum_k^N r_k \ln r_k)$ где $-\sum_i^N s_i \ln s_i$: разнообразие импорта энергетического ресурса j на уровне страны s_i : доля экспортирующей страны i в общем объеме импорта энерг. ресурса j $-\sum_k^N r_k \ln r_k$: разнообразие импорта энергетического ресурса j на уровне региона r_i : доля экспортирующего региона i в общем объеме импорта энерг. ресурса j k_i : Доля энергетических ресурса i в ОППЭ
		<p>2-2 Стабильность энергетической системы</p> $SS = (\omega_{oil} STR_{oil} + \omega_{gas} STR_{gas}) \cdot (1 - ID_{import})$ $STR_{oil} = \sum_{i=1}^N (CHPK_{i,oil} \cdot CRISK_{i,oil} \cdot SHARE_{i,oil})$ $STR_{gas} = \sum_{i=1}^N (CHPK_{i,gas} \cdot CRISK_{i,gas} \cdot SHARE_{i,gas})$ $ID_{import} = \frac{eimpt_pc}{euse_pc}$	$STR_{oil(gas)}$: стабильность маршрутов импорта нефти(газа) $CHKP_{i,oil(gas)}$: балл-узких мест нефть(газ)-экспортирующей страны $i = 1 - \frac{1}{(\text{Number of passing Chokepoints})}$ $CRISK_{i,oil(gas)}$: риск-стран нефть(газ)-экспортирующей страны i $SHARE_{i,oil(gas)}$: доля нефть(газ)-экспортирующей страны i в общем объеме импорта нефти(газа)
		<p>2-3 Экономическая эффективность энергоснабжения</p> $EF = 1 - \left(\frac{C_{imp}}{gdp} \cdot ID_{import} \right)$	C_{imp} : общий расход на импорт энергоресурсов gdp : ВВП ID_{import} : зависимость от импорта $eimpt_pc$: общий объем импорта энергоресурсов на душу населения $euse_pc$: потребление энергии на душу населения

Индекс энергетической безопасности экспортеров (Россия)	3	$ESC_{export} = \frac{SD' + SS' + EF'}{3}$	<p>3-1 Разнообразие энергетической системы</p> $SD = \frac{D_{supply} + D_{export}}{2}$ $D_{export} = \omega_{oil} \cdot D_{oil} + \omega_{gas} \cdot D_{gas} + \omega_{coal} \cdot D_{coal}$ $D_{supply} = - \sum_i^N k_i \ln k_i$	$D_{export} = \omega_{oil} \cdot D_{oil} + \omega_{gas} \cdot D_{gas} + \omega_{coal} \cdot D_{coal}$ <p>$\omega_{oil(gas,coal)}$: доля нефти(газа, угля) в общем объеме экспорта энергоресурсов</p> <p>$D_{oil(gas,coal)}$: разнообразие экспорта нефти(газа, угля) = $(-\sum_i^N s_i \ln s_i) \cdot (-\sum_k^N r_k \ln r_k)$</p> <p>где</p> <p>$-\sum_i^N s_i \ln s_i$: разнообразие экспорта энергетического ресурса j на уровне страны</p> <p>s_i: доля импортирующей страны i в общем объеме экспорта энерг. ресурса j</p> <p>$-\sum_k^N r_k \ln r_k$: разнообразие экспорта энергетического ресурса j на уровне региона</p> <p>r_i: доля импортирующего региона i в общем объеме экспорта энерг. ресурса j</p>
		$SS = \frac{(prod'_{fossil} + rp_{ratio}'_{fossil} + ex_{vol}'_{fossil})}{3}$ $rp_{ratio}_{fossil} = \sum_i w_i \cdot RPR_i$ <p>w_i : доля ресурса i в общем объеме производства</p> <p>RPR_i: коэффициент R/P энергетического ресурса i</p>	<p>$prod_{fossil}$: общий объем производства ископаемых энергетических ресурсов</p> <p>rp_{ratio}_{fossil} : коэффициент резерва к производству</p> <p>$prod_{oil(gas,coal)}$: общая добыча нефти (газа, угля)</p> <p>$reserve_{oil(gas,coal)}$: доказанный запас нефти (газа, угля)</p> <p>ex_{vol}_{fossil}: общий объем экспорта ископаемых энергетических ресурсов</p>	
		<p>3-3 Экономическая эффективность энергоснабжения</p> $EF_{prod} = \frac{(efficiency_{prod} + gdp_{energy_{exp}} + com_{energy_e})}{3}$	<p>$efficiency_{prod}$ (эффективность в производстве) = $\frac{prod_{fossil}}{invst_{fossil}}$</p> <p>$invst_{fossil}$: сумма капитальных вложений в отрасли нефти, природного газа и угля в миллиардах рублей</p> <p>$gdp_{energy_{exp}}$ (доля экспорта энергетики в $\frac{ex_{val}_{fossil}}{gdp}$)</p> <p>$com_{energy_{exp}}$ (доля экспорта энергетики в общем экспорте) = $\frac{ex_{val}_{fossil}}{ex_{val}_{total}}$</p>	
Индекс экологической энергии	4	$EES = \frac{L'_{RES} - IMCT'_{eco}}{3}$	<p>4-1 уровень развития ВИЭ</p> $L_{RES} = \frac{RES_{TPES} + RES_{RCA}}{2}$	<p>RES_{TPES}: доля ВИЭ в ОППЭ =</p> <p>RES_{RCA} : индекс RCA index товаров, связанных с ВИЭ = $\sum_i w_i RCA_i$</p>

тический ой устойч ивости	5	L'_{RES} : нормализованный L_{RES} $IMCT'_{eco}$: нормализованный $IMCT_{eco}$ EFF'_e : нормализованный EFF_e	RCA_i : Индекс RCA ВИА $i = \frac{X_{ij}/\sum_i X_{ij}}{\sum_j X_{ij}/\sum_i \sum_j X_{ij}}$ X_{ij} : экспорт продукта j страны i (в USD) $\sum_i X_{ij}$: сумма всемирный экспорт продукта j (в USD) $\sum_j X_{ij}$: общий экспорт страны i (в USD) $\sum_i \sum_j X_{ij}$: общемирового объема экспорта (в USD) w_i : доля ВИА i на мировом рынке	
		4-2 Выбросы CO2 на душу населения $IMCT_{eco} = \frac{CO2}{population}$	2) Выбросы CO2 на душу населения $CO2$: Объём выбросов CO2 $population$: население	
		4-3 Энергоемкость $EFF_e = \frac{EUSE_{pc}}{GDP_{pc}}$	3) Энергоемкость $EUSE_{pc}$ = Потребление энергии на душу населения GDP_{pc} = ВВП на душу населения	
Индекс эколо- энерге- тический ой устойч ивости	5	$ESO = \frac{(ACC' + AFF' - ACC')}{3}$: нормализованный ACC AFF' : нормализованный AFF $EGAP'$: нормализованный $EGAP$	5-1 Доступность к энергоуслуге $ACC = \frac{eluse}{population}$ 5-2 Адекватность энергоуслуги $AFF = AFF_{income} * AFF_{cpi}$ 5-3 Энергетический разрыв $EGAP = QINC_P * QEXP_EXP$	$eluse$: Объём потребления электроэнергии $population$: население AFF_{income} (доход – адекватность энергоуслуги) $= \left(\frac{income_{1st}}{fprice_{dom}} \right) / 100$ $Income_{1st}$: среднемесячный доход 1-й квинтильного группы $fprice_{dom}$: внутренние розничные цены на топливо AFF_{cpi} (относительная адекватность) = $\left(\frac{1 + \Delta cpi_t}{1 + \Delta fprice_{dom}} \right)$ cpi : индекс потребительских цен $QINC_P$ (относительная цена топлива по квинтильной группе доходов) $= \left(\left(\frac{fprice_{dom}}{income_{1st}} \right) - \left(\frac{fprice_{dom}}{income_{5th}} \right) \right) * 100$ $Income_{5th}$: среднемесячный доход 5-й квинтильного группы $QEXP_EXP$ (разрыв нагрузки энергопотреб между доходными группами нас) $= \left(\frac{energy_cexp_{1st}}{gross_cexp_{1st}} \right) - \left(\frac{energy_cexp_{5th}}{gross_cexp_{5th}} \right)$ $energy_cexp_{1st(5th)}$: расходы на потребление энергии 1-й(5-й) квинтильной группы доходов

*gross_cexp*_{1st(5th)}: валовые потребительские
расходы 1-й (5-й) квинтильной группы
доходов
