

Университет Международного Бизнеса

УДК 338.45:620.9

На правах рукописи

**ПАСТЕРНАК АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**Совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического  
комплекса Республики Казахстан**

6D050600 – Экономика

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:  
д.э.н., проф. Абишев А.А.  
д.э.н., проф. Маликова О.И.

Республика Казахстан  
Алматы, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b>	3
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....</b>	11
1.1 Формирование понятия и определений термина инновации и инновационной деятельности.....	11
1.2 Исследование предпосылок и возможностей развития инновационной деятельности в электроэнергетическом комплексе.....	20
1.3 Инструменты научного исследования: основные показатели инновационного развития.....	25
<b>2 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН И ЕГО ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ.....</b>	31
2.1 Сравнительная оценка показателей инновационного развития электроэнергетического комплекса Республики Казахстан с зарубежными странами.....	31
2.2 Анализ и оценка инновационной активности возобновляемых источников энергии и потенциала развития атомной энергетики.....	44
2.3 Анализ и оценка показателей, влияющих на инновационное развитие электроэнергетического комплекса.....	57
<b>3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КОНТЕКСТЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ.....</b>	74
3.1 Использование метода декаплинга и декомпозиционного анализа при определении уровня выбросов углекислого газа.....	74
3.2 Модель зависимости общих потерь электроэнергии от показателей инновационного развития.....	91
3.3 Прогнозные модели производства электроэнергии в рамках общего электроэнергетического рынка.....	96
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	128
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	133

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЭС – Атомная электростанция  
ВИЭ – Возобновляемые источники энергии  
ВВП – Валовой внутренний продукт  
HTS – High-Temperature Superconductivity (Высокотемпературная сверхпроводимость)  
GCI – The Global Competitiveness Index (Глобальный индекс конкурентоспособности)  
ГИ – The Global Innovation Index (Глобальный инновационный индекс)  
GCR – The Global Competitiveness Report (Глобальный отчет о конкурентоспособности)  
ГП – Государственная программа  
ГЭС – Гидроэлектростанция  
ГМУД – Групповой метод управления данными  
ГТС – Гидротехническое сооружение  
КВт.ч. – Киловатт-час  
МВт – Мегаватт  
ГВт.ч. (GWh) – Гигаватт-час  
ТВт.ч. – Тераватт-час  
ТДж (TJ) – Тераджоуль  
ЕАЭС – Евразийский экономический союз  
ЕС – Европейский союз  
ЕХРО – 2017 – ЭКСПО – международная выставка технологических достижений  
к – kilo (кило)  
Кол-во – Количество  
кг – килограмм  
км – километр  
кт – килотонн  
Комм. – коммерческие  
ЛЭП – Линия электропередачи  
МНЭ РК – Министерство национальной экономики Республики Казахстан  
млн. – миллион  
млрд. – миллиард  
м – метр  
мм – миллиметр  
ОАЭ - Объединенные Арабские Эмираты  
ОЭР – Общий электроэнергетический рынок  
ППС – Паритет покупательной способности  
РК – Республика Казахстан  
РФ – Российская Федерация  
СО<sub>2</sub> – Диоксид углерода (Углекислый газ)

CCS – Carbon Capture and Storage (Сбор и хранение углекислого газа)  
США – Соединенные Штаты Америки  
СУАР – Синьцзян-Уйгурский автономный район  
т – тонна  
т.н.э. (t.o.e.) – тонн нефтяного эквивалента  
ТЭС – Тепловая электростанция  
Электр-ия – Электроэнергия  
ТЭЦ – Теплоэлектроцентраль  
тыс. – тысяч  
Узбекис. – Узбекистан  
ФИИР – Форсированное индустриально-инновационное развитие  
чел.– человек  
ЧАЭС – Чернобыльская атомная электростанция  
OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (Организация экономического сотрудничества и развития)  
IEA – International Energy Agency (Международное энергетическое агентство)  
KEPRI – Korea Electric Power Research Institute (Корейский электроэнергетический исследовательский институт)  
LMDI – Logarithmic Mean Divisia Index (Средний логарифмический дивизия индекс)  
WWF – World Wildlife Fund (Всемирный фонд дикой природы)  
№ п/п – номер по порядку  
др. – другие

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Электроэнергетика является ключевым сектором, от которого зависит дальнейшее развитие всей экономики. Необходимость поддержания и дальнейшего развития отрасли обусловлена ежегодно возрастающим спросом на надежное и качественное электроснабжение. В Послании Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана «Нұрлы Жол – Путь в будущее» отмечена необходимость развития энергетической инфраструктуры как одного из основных направлений дальнейшего развития экономики [1]. Важную роль играют способы производства электроэнергии, использование природных ресурсов и влияние работы электроэнергетического комплекса на окружающую среду. Особенно остро встает вопрос ограниченности природных ископаемых, являющихся основным источником энергии для электростанций в стране.

В быстроменяющихся экономических и геополитических условиях необходимо приспособливаться и находить наиболее выгодные пути дальнейшего экономического развития. Создание ЕАЭС ставит перед страной новые задачи по созданию единого экономического пространства и общего электроэнергетического рынка. Наличие единой энергетической системы государств-членов ЕАЭС, созданной прежде в бытность Советского Союза будет способствовать этому процессу. Однако существующая приверженность к традиционным методам производства электроэнергии с использованием ископаемого топлива указывает на необходимость совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса.

Слаженная работа всех государств-членов ЕАЭС является ключевым фактором для достижения поставленных целей. При этом необходимо помнить об энергетической безопасности внутри страны и целесообразно использовать имеющиеся природные ресурсы.

При использовании традиционных источников энергии, таких как уголь, нефть и природный газ в атмосферу выбрасывается большое количество углекислого газа, который способствует возникновению парникового эффекта, ведущего к глобальному потеплению. Согласно проведенному анализу большая часть выбросов углекислого газа в стране вырабатывается при производстве электрической и тепловой энергии. Изменить сложившуюся ситуацию были призваны возобновляемые источники энергии, однако, до сих пор выработка электроэнергии из них незначительна и снижение выбросов углекислого газа не так ощутимо. Ожидается, что проведение ЕХРО-2017 послужит определенным толчком в развитии возобновляемой энергетики в стране. При этом уже сегодня необходимо осуществлять активную научно-исследовательскую деятельность и внедрять высокотехнологичные инновационные разработки в сфере электроэнергетики.

**Степень научной разработанности проблемы.** Совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса является стратегически важным направлением. Каждая страна обладает определенными особенностями в методах производства электроэнергии, имеет различный уровень технологической оснащенности, приоритеты и степень инновационного развития. Теоретической основой исследования понятия инновации и инновационной деятельности явился анализ формирования этих понятий, начиная с учений Т. Мена, А. Серра, Ф. Кенэ, М. Ж. А. Н. Кондорсе, А. Смита, Ж. Б. Сэя, Ж. Ш. Л. де Сисмонди и других представителей различных экономических школ. Рассматривается теория инноваций, предложенная Й. А. Шумпетером, а также современными зарубежными представителями С. Ю. Глазьевым, Ф. Ф. Бездудным, Р. А. Фатхутдиновым, О. П. Молчановой, Р. Солоу, Я. Фагербергом и др.

Важные аспекты инновационного развития и модернизации электроэнергетического комплекса отражены в работах А. Н. Мельника, А. Р. Садриева, О. Н. Мустафина, О. В. Белой, М. А. Ефимова, Д. В. Голубева, Е. В. Пашина, К. А. Дулова, R. J. Green, D. M. Newbery. Определение факторов наиболее влияющих на снижение и повышение уровня выбросов углекислого газа от производства электроэнергии отражено в работах I. Muangthai, C. Lewis, S. J. Lin, J. Brizga, K. Feng, K. Hubacek.

Среди исследователей различных аспектов инновационного развития электроэнергетического комплекса Республики Казахстан выделяются такие авторы как А. Е. Асенова, Ж. Е. Кущербаев, Д. А. Кариев, О. А. Новиков, А. Д. Сапарбаев, В. В. Савин, М. А. Ташимбетов.; управления инновационной деятельностью: Ф. Г. Альжанова, Ф. М. Днишев, Н. К. Нурланова, Р. И. Космамбетова. Их исследования выступают теоретико-методическими предпосылками для разработки направления по совершенствованию инновационной деятельности электроэнергетического комплекса Республики Казахстан.

Изучение литературных источников, посвященных теоретическим аспектам инновационного развития и модернизации электроэнергетики, позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на наличие существующих исследований, имеется ряд задач для дальнейшей работы в этом направлении. В мире постоянно происходит инновационное совершенствование существующих технологий, отслеживание и внедрение которых будет способствовать развитию ВИЭ, снижению общих потерь электроэнергии, сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу и уменьшению энергоемкости ВВП.

**Целью диссертационной работы** является исследование, анализ и разработка рекомендаций по совершенствованию инновационной деятельности электроэнергетического комплекса Республики Казахстан в условиях формирования «зеленой» экономики.

В соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

- исследовать предпосылки и возможности развития инновационной деятельности в электроэнергетическом комплексе;
- выполнить сравнительный анализ основных показателей инновационного развития в сфере электроэнергетики Казахстана с другими странами;
- произвести оценку потенциала развития атомной энергетики и инновационной активности возобновляемых источников энергии;
- выявить основные факторы, влияющие на уровень выбросов углекислого газа в электроэнергетике;
- построить модель зависимости общих потерь электроэнергии от показателей инновационного развития;
- построить прогнозную модель производства электроэнергии с целью определения приверженности принципам «зеленой» экономики и инновационной направленности развития общего электроэнергетического рынка;
- разработать предложения по совершенствованию инновационной деятельности электроэнергетического комплекса;

**Объектом исследования** является электроэнергетический комплекс Республики Казахстан и его инновационное состояние.

**Предметом исследования** являются организационно-экономические отношения необходимые в процессе повышения инновационной активности и совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса Республики Казахстан.

**Гипотеза исследования:** развивая направления совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса путем уточнения приемлемости инноваций на современном этапе, проведения сравнительного анализа, применения математико-статистических методов научного исследования и разработки рекомендаций, направленных на внедрение инновационных технологий, способствующих снижению выбросов углекислого газа, уменьшению общих потерь электроэнергии, развитию инновационных возобновляемых источников энергии и снижению энергоемкости ВВП можно повысить результативность работы электроэнергетического комплекса и уровень его инновационной активности.

**Теоретической и методологической основой исследования** явились труды зарубежных и отечественных исследователей по теориям инноваций и инновационной деятельности, особенностям функционирования электроэнергетического комплекса в современных экономических условиях.

Исследование основывается на применении методов сравнительного анализа, метода декомпозиции индексов и метода декаплинга, системности и комплексности, а также на использовании методов математико-статистического моделирования с использованием статистической программы Knowledge Miner.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в том, что автором сделана попытка сформировать системный подход к анализу показателей инновационного развития электроэнергетического комплекса страны, разработать прогнозные модели производства электроэнергии в контексте совершенствования инновационной деятельности и определяется следующими основными результатами:

- обобщены теоретические подходы к понятиям «инновации» и «инновационная деятельность» и уточнены ключевые показатели инновационного развития электроэнергетического комплекса;

- разработана методика определения зависимости между величинами первичного энергоснабжения и ВВП в странах с наибольшими запасами полезных ископаемых (уголь, нефть, природный газ) и в наиболее инновационно развитых странах согласно Глобальному инновационному индексу;

- на основе расчета эффекта декарбонизации дана оценка взаимозависимости экономического роста и использования ресурсов (потребление энергоресурсов при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС) и выбросов углекислого газа (при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС) в Республике Казахстан;

- проведен декомпозиционный анализ основных факторов, оказывающих влияние на уровень выбросов углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Республике Казахстан;

- представлена линейная модель зависимости уровня общих потерь электроэнергии от показателей инновационного развития с использованием статистической программы Knowledge Miner;

- представлены линейные прогнозные модели производства электроэнергии из доминирующих генерирующих мощностей в государствах-членах ЕАЭС с целью определения потенциала применения инновационных «зеленых» методов производства электроэнергии в рамках общего электроэнергетического рынка.

**В качестве защищаемых положений выносятся**

- результаты проведенной автором сравнительной оценки инновационного развития электроэнергетического комплекса Казахстана с зарубежными странами согласно GCI;

- методика проведения анализа зависимости между показателями первичного энергоснабжения и ВВП в наиболее инновационно развитых странах и странах, обладающих наибольшими запасами полезных ископаемых (уголь, нефть, природный газ);

- результаты проведенного декомпозиционного анализа по определению основных факторов, оказывающих влияние на уровень выбросов углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Республике Казахстан, выводы и рекомендации автора по переходу на

инновационные технологии, способствующие снижению выбросов CO<sub>2</sub> и повышению энергоэффективности электроэнергетического комплекса;

– построенная автором линейная модель зависимости общих потерь электроэнергии от показателей инновационного развития: затрат на технологические инновации предприятий, объема инновационной продукции и внутренних затрат на исследования и разработки с использованием статистической программы Knowledge Miner;

– результаты расчетов прогнозных значений производства электроэнергии в рамках общего электроэнергетического рынка, полученные на основе использования статистической программы Knowledge Miner, обуславливающие необходимость диверсификации производственных мощностей, развития внутренних инноваций и инноваций полученных от совместного сотрудничества на международном уровне.

**Информационную базу исследования** составили Указы Президента и Постановления Правительства Республики Казахстан, справочно-статистические материалы Комитета по статистике МНЭ РК, данные Международного агентства по энергетике; данные периодической печати, материалы научных и научно-практических конференций, информационно-аналитических порталов Интернет, а также основой исследования послужили результаты научных исследований автора по вопросам совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса Республики Казахстан.

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии теоретических подходов определения сущности инноваций и инновационной деятельности, методических основ анализа эффективности инновационной деятельности электроэнергетического комплекса и построения прогнозных моделей производства электроэнергии в контексте инновационного развития, теоретических и практических рекомендаций по совершенствованию инновационной деятельности электроэнергетического комплекса.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса является одним из основных направлений в реализации задач Стратегии Казахстан-2050, где в частности отмечается необходимость рассмотрения вопросов, связанных с энергетической безопасностью, истощаемостью природных ресурсов и развитием возобновляемых источников энергии [2]; Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике, где в частности рассматриваются вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности, развития электроэнергетики и снижения загрязнения воздуха [3]; Программы Энергосбережение – 2020, где целью программы является «Создание условий для снижения энергоемкости ВВП Республики Казахстан и повышение энергоэффективности путем снижения энергопотребления и сокращения неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов» [4]; Государственной Программы индустриально-

инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019 годы согласно которой к приоритетным направлениям инновационного развития, среди прочего, относится «поиск и открытие энергии будущего», а к существующим проблемам - «низкая ресурсоэффективность и высокая энергоёмкость промышленности» [5]. Основные результаты и положения исследования могут быть использованы в совершенствовании инновационной деятельности электроэнергетического комплекса Республики Казахстан. Полученные автором данные сравнительного анализа наряду с предложенными рекомендациями могут быть использованы в практических целях предприятиями электроэнергетики. Полученные результаты нацелены на использование при принятии решений в отношении дальнейшей инновационной политики как внутри страны, так и в пределах ЕАЭС. Таким образом, можно отметить, что результаты, полученные в работе, имеют широкую практическую значимость и могут принести значительный вклад в улучшение благосостояния жителей страны.

**Апробация результатов исследования.** Основные научно-методические положения и результаты исследования докладывались на международных, межвузовских научно-практических конференциях, таких как X Международная научная конференция «Устойчивое развитие и эффективная ресурсная политика» (Казахстан, Алматы, 2013), «The First International Conference on Economic Sciences» (Austria, Vienna, 2014), XII Международная научно-практическая конференция «Центральная Азия и Европейский Союз: путь к устойчивому развитию» (Казахстан, Алматы, 2015), Международная научно-практическая конференция «Современная мировая экономика: проблемы роста и антикризисного развития» (Казахстан, Алматы, 2015).

**Публикация результатов исследования.** Основные положения и выводы данного диссертационного исследования были отражены в 3-х статьях в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК; 1 статья в журнале, входящего в базу данных «Scopus», 3 публикации в сборниках научных трудов по материалам международных конференций, из них 1 статья в материалах зарубежной конференции и 2 статьи в материалах международных конференций, проводимых на территории Республики Казахстан.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников.

# 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## 1.1 Формирование понятия и определений термина инновации и инновационной деятельности

В наши дни понятие инноваций трактуется по-разному. Это могут быть прорывные инновации, которые кардинально меняют положение дел. А могут быть и имитационные или заимствованные, которые оказывают постепенный эффект. Также существует большое количество определений понятия инновации и инновационной деятельности. Определения могут быть во многом схожи и едва различимы между собой, что может привести к некоторым затруднениям в понимании инновации и инновационной деятельности как эффективных инструментов для стимулирования экономических процессов. Для более глубокого понимания сущности инноваций и инновационной деятельности рассмотрим некоторые этапы эволюции экономической мысли с выделением предпосылок и событий, ведущих к образованию и развитию понятия инновации и инновационной деятельности [6].

Принято считать, что «меркантилизм явился первой школой зарождающейся экономической науки» [7]. Англичанин Т. Мен (1571-1641), являющийся представителем школы меркантилистов, считал, что «страна должна обогащаться путем торговли, обеспечивая превышение вывоза товаров над ввозом» и, что «развитие производства признается лишь в качестве средства расширения торговли» [8]. Согласно Т. Мену развитие производства может приводить к расширению торговли, и, как результат, к развитию экономики, которое, по мнению меркантилистов, зависело от количества денег в стране [6, с. 157]. В свою очередь развитие производства зависит от совершенствования технологического процесса, практического использования новшеств, то есть от инновационного развития производственной деятельности, которое ведет к повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.

«Взгляды представителя позднего этапа итальянского меркантилизма А. Серра (середина XVI века — начало XVII века) во многом были похожи на идеи Т. Мена. Он также категорически выступал против запрета вывоза денег из страны, считая, что только вывоз конкурентоспособных товаров повысит богатство нации, и деньги в страну вернуться. Также он активно выступал за развитие «экспортных» мануфактур и ремесел, считая их источником процветания Италии» [9]. Как уже отмечалось, развитию инноваций могло способствовать стремление меркантилистов производить конкурентоспособные товары для дальнейшего экспортирования. Наряду с этим совершенствовались средства и методы производства, пути реализации [6, с. 157–158]. Также к новшествам того времени, как заслуги меркантилистов, можно отнести изучение торгового баланса, способы его регулирования и влияние на экономику в целом. Все это можно отнести к инновационной деятельности той

эпохи, когда термин инновации еще не использовался, и основным источником благосостояния народа считалась внешняя торговля.

Меркантилисты полагали, что богатство в страну поступает за счет торговли. Однако с течением времени экономическая мысль эволюционирует и начинается изучение новых концептуальных подходов в экономике. Согласно Ф. Кенэ - основоположнику экономической школы физиократов, получение абсолютного блага - «чистого продукта» возможно только за счет сельского хозяйства. Таким образом, сосредоточение усилий на развитии сельского хозяйства как особого класса способствовало развитию сельскохозяйственных орудий труда и специализированных построек, улучшению условий по разведению скота и селекции семян, совершенствованию процесса организации труда [6, с. 158]. Физиократы уделяли особое внимание сельскому хозяйству, его развитию и процветанию, которые возможны при помощи внедрения различных новшеств на практике, модификации и рекомбинации существующих процессов.

М. Ж. А. Н. Кондорсе французский ученый-просветитель XVIII века, разделял взгляды физиократов о преимуществах земледельческого труда, однако, при этом не соглашался с их мнением о бесплодности ремесленного и фабричного труда [10]. Кондорсе отмечал, что «процесс наук обеспечивает процесс промышленности, который сам затем ускоряет научные успехи, и это взаимное влияние, действие которого возобновляется, должно быть причисленным к наиболее деятельным, наиболее могущественным причинам совершенствования человеческого рода» [11]. Кондорсе подчеркивает важность науки, которая позволяет делать открытия и использовать их на благо человечества. При этом внедрение научных результатов должно происходить не только в одном секторе экономики, таком как, например, сельское хозяйство, но также и в сфере ремесленного и фабричного труда. Наука открывает новые возможности, дает миру новые - инновационные технологии, совершенствует производственные процессы. Кондорсе подчеркивает важность науки как основы для продвижения вперед не только в сфере внешней торговли или сельского хозяйства, но также и в других областях деятельности человека.

Классическая политическая экономия предлагает комплексный подход при рассмотрении различных законов и категорий в экономике. Согласно учению классической школы причиной появления богатства в стране является производство и труд в различных сферах деятельности, а не обязательно только в торговле или только в сельском хозяйстве [12]. Один из представителей школы классической политической экономии А. Смит исследовал такие области возникновения инноваций как разделение труда, изобретения, технический прогресс. По Смиту развитие рынка через его производственную составляющую происходит за счет разделения труда [13]. То есть, по А. Смиту «Инновации – это результат разделения труда: изобретения и усовершенствования, которые вносит в производство рабочий, поглощенный одной какой-нибудь операцией и ежедневно выполняющий ее» [14]. Другие

представители классической политической экономии Д. Рикардо, Д. Р. Мак-Куллох, Д. С. Милль, Н. У. Сениор придерживались мнения, что «меновая стоимость зависит не только от количества и качества труда, но и от редкости товара. Прогрессивное производство приводит к повышению цен, что отражает выгоду изобретений для производителя» [14]. «Становится очевидным, что под прогрессивным производством подразумевается стремление к совершенствованию и улучшению существующего типа производства, которое, по всей вероятности, может быть достигнуто при развитии нововведений и их практическом применении, то есть при использовании инноваций» [6, с. 158].

Помимо идеологической трансформации экономической науки, толчком к развитию понятия инновации служат, периодически возникающие, экономические кризисы. Последователь и приверженец А. Смита Ж. Б. Сэй «безоговорочно принимал принципы свободы рынков, ценообразования, внутренней и внешней торговли, неограниченной свободной конкуренции предпринимателей и недопустимости никаких проявлений протекционизма и возведя эти принципы в ранг абсолюта» [7, с. 143]. Ж. Б. Сэй отмечал, что следуя этим принципам, человечество никогда не столкнется с перепроизводством и недопотреблением общественного продукта, то есть никогда не столкнется с экономическим кризисом [7, с. 143-144]. «Учение Б. Сэя указывает на то, что существует некая совершенная экономическая модель. Применение этой модели не приводит к возникновению экономических кризисов. Однако известно, что идеальных моделей не существует, и поэтому периодически мы можем наблюдать кризисы» [6, с. 158], «которые современными экономистами трактуются как способность общества к обновлению, то есть появлению инноваций» [14].

«Промышленный переворот, охвативший в первой половине XIX столетия многие европейские страны, предопределил зарождение разнообразной критики основополагающих постулатов смитианского учения» [7, с. 208]. Ж. Ш. Л. де Сисмонди – французский экономист и историк, в отличие от А. Смита, указывает на обязанность государства «дать возможность всем гражданам пользоваться тем физическим довольствием, которое доставляет богатство» [7, с. 210, 212]. В отличие от представителей классической школы Сисмонди говорит о необходимости участия государства в управлении экономическими процессами [6, с. 158]. При этом Сисмонди не признавал «объективной необходимости ускорения научно-технического прогресса на благо всего общества» [7, с. 213], аргументируя это следующим образом - «хотя изобретение машин, увеличивающих силы человека, и является для человека благодеянием, однако несправедливое распределение прибыли, доставляемой ими, превращает машины в бич для бедняков» [15]. Сисмонди говорит о том, что он не является противником прогресса, так как «усовершенствования полезны, но применение, которое из них делают, может быть, смотря по обстоятельствам, полезно или вредно» [16].

Схожую позицию высказывал и основоположник марксистской политической экономии К. Маркс. Он указывал на то, что «уровень заработной платы зависит от производительности труда, которая в свою очередь обусловлена степенью механизации и технологического оснащения производства, что, в конечном счете, становится препятствием для роста заработной платы, поскольку технико-экономический прогресс порождает постоянный излишек рабочей силы. Последний предопределяет итог отношений обмена между капиталистами и рабочими в ущерб рабочим» [7, с. 181]. К. Маркс, так же как и Ж. Ш. Сисмонди указал на возможные недостатки технико-экономического прогресса. При этом К. Маркс пояснил, что если капитал будет принадлежать государству, то рост автоматизации больше не приведет к безработице, так как распределение ресурсов происходит равномерно и не происходит накопления капитала в руках собственника, ведущего к перепроизводству.

На смену классической политической экономии начинает приходиться маржинальная экономическая теория, получившая свое развитие в XIX – XX вв. Основатель австрийской школы К. Менгер отмечал, что ценность товара зависит от спроса и предложения на него, уделяя при этом больше внимания изучению спроса [17]. Такой подход был отличным от взглядов классической школы, где считалось, что ценность товара зависит от затраченного на его производство труда. Спрос влияет на стоимость произведенной продукции, необходимый объем производства и связан с потребительской ценностью товара. В свою очередь, потребительская ценность товара может зависеть от способности товара иметь отличные от других товаров характеристики, что, в частности, может быть достигнуто за счет новаторства. Также, прогнозирование уровня спроса может способствовать процессу планирования деятельности по улучшению характеристик товара, определению объема выпускаемой продукции и совершенствованию производственных процессов, то есть совершенствованию инновационной деятельности в целом.

Однако, «теория маржиналистов... отличалась статичностью построения, преодолеть которую пытался первоначально лишь Йозеф Шумпетер (1883-1950). Уже в начале века он предпринял опыт динамического моделирования развития капитализма, стремясь показать влияние инновационного процесса на изменение таких важных показателей, как предпринимательская прибыль, капитал и процент» [18].

«Благодаря Шумпетеру в экономической теории появился новый индивид под названием «новатор», который менял сложившееся состояние равновесия, внедряя новую технологию, и провоцировал экономическую систему к переходу к новому состоянию равновесия. Й. Шумпетер ввел понятие инновации. Инновационный процесс – это создание новых технологий, задающих колебания всей мировой экономики. По его инновационной теории каждый цикл в виде длинной волны делился на две части: инновационную

(создание и внедрение новых технологий) и имитационную (их распространение)» [19].

Й. А. Шумпетер отмечал что: «Инновация – это исторически бесповоротное изменение способа производства вещей» [20]. Шумпетер охарактеризовал инновацию «как установление новой производственной функции. Это может быть производство нового товара, внедрение новых форм организации, таких как, например, слияние, открытие нового рынка и т. п.» [21].

Согласно Шумпетеру: «Лица, которые вводят новые производственные функции, которые отличаются от воспроизводимых старых производственных функций и изменяют пропорции и количество факторов производства в границах последних, называются предпринимателями» [21, с. 77]. По Шумпетеру главной функцией предпринимателя является «способность осуществлять нововведения, внедрять их в производство» [22]. «Производить – значить комбинировать имеющиеся в нашей сфере вещи и силы, создавать другие комбинации из этих вещей и сил» [23]. «Форма и содержание развития, с точки зрения Й. Шумпетера, определяются понятием «осуществление новых комбинаций»» [22].

По Шумпетеру осуществлять новые комбинации способен предприниматель, где под новыми комбинациями понимается: «1) Изготовление нового, то есть еще неизвестного потребителям, блага или создание нового качества того или иного блага; 2) Внедрение нового, то есть данной отрасли промышленности еще практически неизвестного, метода (способа) производства, в основе которого не обязательно лежит новое научное открытие и который может заключаться также в новом способе коммерческого использования соответствующего товара; 3) Освоение нового рынка сбыта, то есть такого рынка, на котором до сих пор данная отрасль промышленности этой страны еще не была представлена, независимо от того, существовал этот рынок прежде или нет; 4) Получение нового источника сырья или полуфабрикатов, равным образом независимо от того, существовал этот источник прежде, или просто не принимался во внимание, или считался недоступным, или его еще только предстояло создать; 5) Проведение соответствующей реорганизации, например обеспечение монопольного положения или подрыв монопольного положения другого предприятия» [23, с. 159]. Шумпетером были определены основные положения понятия инновации, которые являются определяющими при создании инноваций и ведении инновационной деятельности в современном обществе. Ознакомившись с данными положениями, мы видим, что к инновациям относятся не только абсолютно новые изобретения и достижения науки и техники, но также и комбинирование уже существующих технологий и производственных процессов. И, что в каждой отдельно взятой стране в зависимости, например, от уровня развития определенной отрасли, инновацией может считаться то, что в другой стране уже используется и практикуется.

Современными российскими учеными приводится довольно интересная трактовка необходимости наличия инноваций. Так, например, согласно группе авторов Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец: «Периодическое инновационное обновление является всеобщей закономерностью общества в целом и всех составляющих его систем. Это объясняется тремя обстоятельствами. Во-первых, любая система имеет свой потенциал развития, жизненный цикл, и переход от фазы к фазе требует частичного обновления. Во-вторых, само общество имеет общую тенденцию к росту и усложнению. В-третьих, окружающая общество природная среда также подвержена изменениям, и общество с присущими ему системами должно претерпеть перемены, чтобы адекватно отреагировать на эти внешние вызовы» [24].

Согласно Р. Солоу представителю Гарвардской школы «по меньшей мере, 50% своего экономического роста США обязаны не наращиванию таких традиционных факторов, как труд и капитал, а научно-техническим инновациям» [25]. Р. Солоу определяет технологические улучшения как «улучшения бизнес процессов или продукции». Эти технологические улучшения превращаются в инновации, которые управляют экономическим ростом [26].

Инновации во все времена, в том или ином виде, являлись актуальной темой для изучения и проведения различных исследований по определению их разновидностей, способов внедрения и использования. Далее приводятся несколько определений понятия инновации и инновационной деятельности, сформулированных современными учеными и исследователями, и, определения, опубликованные в официальных документах и законодательных актах.

В научной статье «Сущность понятия инновации и его классификация» российские ученые Бездудный Ф.Ф., Смирнова Г.А. и Нечаева О.Д. приводят следующее определение: «Инновация - это процесс реализации новой идеи в любой сфере жизни и деятельности Человека, способствующий удовлетворению существующей потребности на рынке и приносящий экономический эффект» [27].

В учебном пособии «Инновационный менеджмент» под редакцией Молчановой О.П. приводится следующее определение: «Инновация – это такой компонент инновационного процесса, который представляет собой результат реализации нового знания в виде новой или усовершенствованной продукции, принимаемой рынком, либо нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности» [28].

Р.А. Фатхутдинов считает, что: «инновация – это конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта» [29].

Как видно из приведенных выше примеров определение инновации неотъемлемо связано не только с разработкой новых технологий, но и с

практическим их использованием. В то же время новые технологии, не имеющие практического применения, не являются инновациями и попадают под определение термина «новшества».

Согласно группе авторов В.М. Анищик, А.В. Русецкому, Н.К. Толочко учебного пособия «Инновационная деятельность и научно-технологическое развитие»: «Понятия «новшество» и «инновация» не являются тождественно равнозначными. Типичные примеры новшеств — опытные образцы новой технологии, в ходе испытания которых совершенствуются их характеристики и изучаются возможности их применения для производства продукции, или же опытные образцы новой продукции, в ходе создания которых совершенствуются их характеристики и изучаются возможности их производства. С экономической точки зрения главной особенностью инноваций, отличающей их от новшеств, являются присущие им свойства товара, под которым понимается продукт труда, способный удовлетворять те или иные потребности и производимый для обмена путем купли-продажи» [30].

В учебном пособии The Oxford Handbook of Innovation мы также находим подтверждение того, что необходимо различать понятия изобретение и инновация: «Изобретением является первичная идея о создании нового продукта либо процесса, в то время как, инновацией является первая попытка внедрения этого нового продукта либо процесса на практике» [31].

В Казахстанском статистическом сборнике «Наука и инновационная деятельность Казахстана 2008-2012» также отмечается практическая составляющая при определении понятия инновации: «Инновация – результат деятельности физических и (или) юридических лиц, получивший практическую реализацию в виде новых или усовершенствованных производств, технологий, товаров, работ и услуг, организационных решений технического, производственного, административного, коммерческого характера, а также иного общественно полезного результата с учетом обеспечения экологической безопасности в целях повышения экономической эффективности» [32].

Инновация неразрывно связана с инновационной деятельностью: «Инновация есть результат инновационной деятельности, представляющей собой триединство научно-технологической (создание новых научных знаний и технологических новшеств), производственной (создание новой продукции, готовой к потреблению) и коммерческой деятельности (коммерческая реализация произведенной продукции, т. е. доведение продукции до потребителя)» [30, с. 3].

Согласно определению, которое приводится в Тексте Федерального закона «Об инновационной деятельности и о государственной инновационной политике» в РФ - «Инновационная деятельность - выполнение работ и (или) оказание услуг по созданию, освоению в производстве и (или) практическому применению новой или усовершенствованной продукции, нового или усовершенствованного технологического процесса» [33]. При этом к

инновационной деятельности относятся: «выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских или технологических работ по созданию новой или усовершенствованной продукции, нового или усовершенствованного технологического процесса, предназначенных для практического применения; технологическое переоснащение и подготовка производства для выпуска новой или усовершенствованной продукции, внедрения нового или усовершенствованного технологического процесса; осуществление испытаний новой или усовершенствованной продукции, нового или усовершенствованного технологического процесса; выпуск новой или усовершенствованной продукции, применение нового или усовершенствованного технологического процесса до достижения окупаемости затрат; деятельность по продвижению на рынки новой продукции; создание и развитие инновационной инфраструктуры; подготовка, переподготовка или повышение квалификации кадров для осуществления инновационной деятельности: передача либо приобретение прав на объекты промышленной собственности или конфиденциальную научно-техническую информацию; экспертиза, консультационные, информационные, юридические и иные услуги по созданию и (или) практическому применению новой или усовершенствованной продукции, нового или усовершенствованного технологического процесса; организация финансирования инновационной деятельности» [33].

В статистическом сборнике Наука и инновационная деятельность Казахстана приводится следующее определение «Инновационная деятельность – вид деятельности, связанный с трансформацией идей в новый или усовершенствованный продукт, внедренный на рынке; в новый или усовершенствованный технологический процесс, использованный в практической деятельности; новый подход к социальным услугам. Предполагает комплекс научно-технических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, которые в совокупности приводят к инновациям» [32, с. 84].

На наш взгляд в современных условиях для Казахстана инновацией является усовершенствование уже существующих процессов, технологий и законодательно-правовой базы, куда можно отнести процессы модернизации, рекомбинации и креативной имитации. Одновременно с этим должна вестись работа по созданию высокотехнологичной научно-исследовательской базы внутри страны для получения собственных инновационных разработок и воспитания специалистов, способных их осуществить. Также инновациями должны считаться разработки, полученные и внедренные на практике, в результате совместной деятельности с передовыми международными научно-исследовательскими центрами.

К инновациям и инновационной деятельности в электроэнергетике относятся технологические разработки, внедрение новых источников энергии, повышение эффективности эксплуатации электроэнергетического комплекса, с

целью снижения выбросов загрязняющих веществ, уменьшения общих потерь электроэнергии и энергоемкости ВВП, совершенствование законодательной базы как внутри страны, так и в пределах создаваемого общего электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС.

Внедрение инноваций при этом не должно ставить под угрозу основные принципы работы энергетической системы – надежность и безопасность. Перед внедрением инноваций нужно оценить каким образом это повлияет на всю систему в целом. Например, при внедрении в эксплуатацию ветровой электростанции требуется детальный анализ того каким образом объект будет подключен к уже существующей энергетической системе, погодные условия в месте строительства станции и наличие квалифицированного персонала.

Электроэнергетический комплекс характеризуется высокой инерционностью и наличием высокотехнологичного оборудования. Совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса сопряжено с проведением научно-исследовательской работы с привлечением высококвалифицированных специалистов, большими инвестициями и наличием научно-исследовательской базы. Внедрение полученных результатов, как правило, происходит при поддержке принятых в стране законов и нормативных правовых актов. В Казахстане совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса можно отнести, по большей части, к открытому типу инноваций, где происходит заимствование новых технологий и имитация нормативных правовых актов и законов, адаптированных к особенностям казахстанского электроэнергетического комплекса.

Согласно одному из ведущих ученых в области исследований проблем инновационного и структурно-технологического развития экономики Казахстана Ф.М. Днишеву: «Сложившаяся ситуация в инновационной сфере пока не позволяет рассчитывать на широкомасштабное появление радикальных (разрушительных) инноваций» и что при этом «...необходимо проведение грани между тем, какие инновации предприятия Казахстана в состоянии репродуцировать самостоятельно, реализуя отечественные научные разработки, а какие целесообразно заимствовать, ориентируясь на «глобальный банк» технологий» [34]. Далее автором отмечается, что в Казахстане существует необходимость ориентироваться на рациональное сочетание собственных научно-технических ресурсов и зарубежных источников знаний и технологий. То есть придерживаться дуальной стратегии, которая включает в себя инновационные возможности и абсорбционные способности. «Инновационная возможность подразумевает способность страны к массовому продуцированию и использованию новшеств. Абсорбционная способность означает подходящие условия в стране к широкому заимствованию инноваций» [34, с. 26].

Мы предлагаем в дополнение к существующим направлениям развития инноваций в Казахстане, описанных в трудах Ф.М. Днишева, прибавить еще

одно, набирающее силу, направление, суть которого заключается в проведении научных исследований совместно с международными организациями, занимающихся научно-исследовательской работой и проведением практических испытаний инновационных технологий.

Постепенно это направление уже начинает развиваться. Так, например, в феврале 2015 года IEA утвердило участие Казахстана в Energy Technology Systems Analysis Programme. Целью программы является оказание содействия в оценке используемых технологий в энергетике и энергетических рынках, где актуальными являются вопросы электроснабжения, экономического развития и защиты окружающей среды [35].

Таким образом, развитие и совершенствование инноваций и инновационной деятельности должно проходить по следующим основным направлениям: инновационное развитие внутри страны за счет собственных усилий, за счет заимствования инноваций и за счет международного сотрудничества в программах и проектах, направленных на создание как инкрементных, отличительных так и разрушительных инноваций. Где к «инкрементным инновациям относится новый продукт, включающий в себя несколько новых элементов, отсутствующих в предыдущем, без изменения основных функциональных свойств; к отличительным инновациям относится новый продукт, обладающий некоторыми чертами, похожими на предыдущий продукт, но при этом включает атрибуты, не соответствующие ранее существующим функциям; и к разрушительным инновациям относится создание нового продукта, который имеет полный разрыв с ранее существующими продуктами и может возникнуть в ответ на удовлетворение определенной потребности, или путем создания новой, которая ранее не существовала» [36].

## **1.2 Исследование предпосылок и возможностей развития инновационной деятельности в электроэнергетическом комплексе**

Отталкиваясь от мнения современных экономистов, необходимость формирования инновационной деятельности во многом обусловлена экономической ситуацией во всем мире. Во времена глобализации национальные экономики каждой отдельно взятой страны все больше и больше начинают зависеть друг от друга. Мировой финансовый и экономический кризис, очертания которого стали отчетливо проявляться в 2008 году, является наглядным подтверждением взаимозависимости экономик различных стран. Основными причинами возникновения мирового финансового и экономического кризиса называются ипотечный кризис в США и спекуляция на вторичном рынке ценных бумаг. И в том и в другом случае экономически необдуманное поведение, жажда скорой наживы, получение сверхприбыли без затраты усилий на производство реальной продукции привело к возникновению того экономического упадка, который мы можем наблюдать как в нашей стране так и во всем мире в целом.

Реальный сектор экономики является основой возникновения деловых отношений, производства жизненно необходимых товаров и услуг. В то время как человечество начинает отходить от этой основы – основы формирования «здоровой» экономики, возникает «неправильное» отношение к вещам, формирующих основу жизнедеятельности.

Очевидно, что для исправления сложившейся ситуации необходимо усилить работу реального сектора экономики и, в частности, в сфере электроэнергетики необходима модернизация ранее существующих, а также разработка и внедрение новых производственных мощностей с применением инновационной деятельности. В этом случае инновационная деятельность рассматривается как один из «помощников», который содействует в исправлении ошибок в деятельности людей, которые привели к упадку экономик большинства стран мира.

Поскольку сфера электроэнергетики является основополагающей для экономики любой страны, то для поддержания устойчивости экономических процессов существует необходимость в постоянном совершенствовании инновационной деятельности электроэнергетического комплекса. Электроэнергетику можно отнести к приоритетным секторам экономики. Согласно определению, представленному в Законе Республики Казахстан «О государственной поддержке индустриально-инновационной деятельности» - «приоритетные сектора экономики - сектора национальной экономики, способные оказать воздействие на динамику и качество экономического развития государства» [37].

Конечными потребителями электроэнергии являются медицинские учреждения - поликлиники и больницы со стационарными и амбулаторными пациентами, оборонные предприятия и регулярная армия, промышленность, осуществляющая производство товаров первой необходимости, домохозяйства, использующие бытовые приборы и технику.

К предпосылкам развития инновационной деятельности относится тот факт, что отсутствие инновационной деятельности и постоянного ее совершенствования в электроэнергетическом комплексе в среднесрочной и долгосрочной перспективе приведет к еще более ускоренному истощению природных ресурсов, таких как уголь, нефть и природный газ. В свою очередь это повлияет на объемы выработки электроэнергии, спрос на которую с каждым годом увеличивается. Появится острый дефицит электроэнергии, который в конечном итоге может привести к экономической нестабильности и возникновению угрозы национальной безопасности.

Казахстан имеет большие запасы природных энергетических ресурсов и наряду с другими странами задумывается о проблеме их ограниченности и экологической загрязненности от эксплуатации электроэнергетического комплекса.

Для выхода на принципиально новый способ производства электроэнергии в нашей стране предлагается заниматься развитием

возобновляемых источников энергии и атомной энергетики, что в перспективе сможет компенсировать нехватку традиционных источников энергии и снизить уровень выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве электрической и тепловой энергии. В данном диссертационном исследовании электростанции и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) совместно представлены как тепловые электростанции (ТЭС). В свою очередь, на электростанциях осуществляется производство только электрической энергии, с использованием ископаемого топлива, а на ТЭЦ осуществляется производство электрической и тепловой энергии в совместном процессе, также с использованием ископаемого топлива. В работе, в некоторых случаях, использованы данные Международного энергетического агентства. Данное агентство предоставляет широкий спектр данных необходимых для сравнительного анализа и построения прогнозных моделей, представленных в работе. Более того необходимый объем данных, к которым существует общественный доступ, предоставлен за продолжительный последовательный двадцатитрехлетний период времени с 1990 по 2012 годы включительно для большинства стран мира, что позволяет произвести более глубокий анализ и построить достоверные прогнозные модели с использованием статистической программы Knowledge Miner.

К предпосылкам совершенствования инновационной деятельности в направлении внедрения возобновляемых источников энергии относится тот факт, что они наиболее экологически безопасны и позволяют использовать регулярно возобновляемые ресурсы такие как, например, энергия ветра и солнца. Получение возобновляемых ресурсов не требует значимых затрат на добычу, транспортировку и хранение, а также не требуется их дальнейшая утилизация, так как это происходит, например, с захоронением отходов тепловых и атомных электростанций. Однако, несмотря на все преимущества использования ВИЭ внедрение их происходит очень медленно и для выхода на промышленный уровень производства понадобится еще много времени. Столь медленное развитие ВИЭ объясняется несколькими причинами. С одной стороны, изначально значительная часть производственных мощностей электроэнергетического комплекса вводилась с намерением использовать ископаемое топливо (уголь, природный газ и нефть) при производстве электрической и тепловой энергии. В стране находятся богатые месторождения угля, такие как Карагандинский и Экибастузский угольные бассейны, которые могли бы в полной мере обеспечить нужды электроэнергетического комплекса. С другой стороны, электроэнергетика является высоко инертным сектором экономики. Для практического внедрения новшеств в электроэнергетике необходимы крупные инвестиционные проекты с большим объемом строительных и монтажных работ и сроком окупаемости в несколько лет.

Существующие возможности развития инновационной деятельности в отношении возобновляемых источников энергии определяются наличием регионов с необходимой скоростью ветра для строительства ветровых

электростанций: Джунгарские ворота, перевал Кордай, хребет Мангыстау, побережья Каспия и Балхаша [38] и регионы с достаточным количеством солнечных дней в году для использования энергии солнца. В Государственной Программе по ФИИР РК (далее Программа), установленной на 2010 – 2014 годы, отмечалось, что «одним из приоритетных направлений развития электроэнергетики и решения экологических проблем Казахстана является использование возобновляемых энергетических ресурсов. Потенциал возобновляемых энергетических ресурсов (гидроэнергия, ветровая и солнечная энергия) в Казахстане весьма значителен» [39]. При этом, как отмечалось в Программе, основной задачей развития данного направления является увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны [39, с. 60]. В Программе «Предусматривается проработка вопросов по поддержке возобновляемых источников энергии, в том числе: резервирование и приоритет при предоставлении земельных участков для строительства объектов возобновляемых источников энергии; обязательства энергопередающих организаций по покупке электроэнергии, произведенной с использованием ВИЭ; освобождение возобновляемых источников энергии от платы за транспорт электроэнергии по сетям; поддержка при подключении объектов по использованию возобновляемых источников энергии к сетям энергопередающей организации» [39, с. 61]. Однако не все поставленные цели по внедрению и использованию ВИЭ были достигнуты, поэтому все еще требуется тщательная и эффективная работа в этом направлении.

К предпосылкам развития инновационной атомной энергетики относится то, что станции такого типа могут вырабатывать большое количество энергии в промышленных масштабах, независимо, например, от наличия ветряной погоды и количества солнечных дней, столь важных условий необходимых для функционирования ветровых и солнечных электростанций. Атомные электростанции не выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества, как это происходит при эксплуатации тепловых электростанций и способны покрыть потребности энергодефицитных регионов. При этом существующие возможности уранового производства будут способствовать развитию атомной энергетики. Однако, при этом необходимо помнить, что эксплуатация атомных электростанций сопряжена с риском возникновения аварийной ситуации, возможностью утечки радиоактивного материала и необходимостью хранения отработанного ядерного топлива в течение длительного времени.

Рассматриваются две основные площадки для строительства АЭС: «одна - в районе озера Балхаш, это юго-западная его часть, рядом с поселком Улькен; вторая площадка - это Семипалатинский испытательный полигон, условно город Курчатов» [40].

В местах предполагаемого строительства атомной электростанции необходимо провести исследования в области сейсмостойкости, наличия водных источников для охлаждения ядерных реакторов, а также определить безопасное место для захоронения ядерных отходов. В случае если

строительство АЭС будет происходить вблизи озера Балхаш, то очевидно, что вода для охлаждения атомных реакторов будет браться из озера. Охлаждение реакторов атомной электростанции является крайне важным аспектом эксплуатации электростанций такого типа. В случае даже незначительной утечки радиации возможно заражение воды в системе охлаждения и попадание ее в озеро Балхаш, что, в конечном итоге, может привести к экологической катастрофе в регионе. Что же касается города Курчатов, то в виде источника охлаждения, вероятно, будут использоваться воды реки Иртыш, которая является крупным водным ресурсом не только в Казахстане, но и в Китае и России.

«Река Иртыш, как и Или, является важнейшим источником пресной воды для Казахстана, играет важную роль в экономике республики, вместе с каналом Иртыш-Караганда обеспечивает питьевой водой Астану, Караганду, Семипалатинск, Павлодар, Экибастуз, Темиртау, сельское хозяйство Центрального Казахстана» [41]. Более того, «Китай заявил о масштабном освоении Западного Китая, в рамках которого в Синьцзян – Уйгурском автономном районе завершилось строительство канала Черный Иртыш – Карамай. По каналу часть вод из верховьев Иртыша будет перебрасываться в район нефтяного месторождения близ города Карамай. Также планируется и увеличение забора воды в верхнем течении реки Или для нужд сельского хозяйства Китая. В СУАР планируется значительно увеличить посевные площади, в основном – под зерно и хлопок. Проекты развития западных регионов Китая включают строительство каналов, водохранилищ, плотин, гидроэлектростанций и иных гидротехнических сооружений» [41].

Дефицит водных ресурсов уже сам по себе является экологической катастрофой, а использование нестабильного источника охлаждения для атомного реактора может привести к катастрофе глобального масштаба. При строительстве атомной электростанции необходимо учитывать международный опыт эксплуатации энергетических объектов такого рода с использованием инновационных технологий. Изучить причины аварий, произошедших на объектах атомной энергетики, для исключения подобных ситуаций в будущем.

Не менее важным вопросом для рассмотрения при совершенствовании инновационной деятельности электроэнергетического комплекса является создание общего электроэнергетического рынка в пределах Евразийского экономического союза. При его создании необходимо придерживаться принципов «зеленой» экономики, внедрять инновационные технологии, направленные на повышение качества электроснабжения, снижение негативного влияния на экологию, уменьшение потерь электроэнергии и снижение энергоемкости ВВП.

«Согласно концепции Евразийской экономической комиссии, создание единого энергорынка может обеспечить дополнительный рост ВВП на \$7.2 млрд., экспорт электроэнергии за пределы ЕАЭС увеличится более чем в два

раза, с нынешних 14 млрд. кВт.ч до 30 млрд. кВт.ч, загруженность трансграничных линий электропередач возрастает почти в пять раз с 20% до 95%, рост перетока также увеличится в пять раз до 27 млрд. кВт.ч. В первые же годы работы единого энергорынка, планируемая прибыль от поставок из Казахстана в Белоруссию может составить \$250 млн. в год. За счет использования транзита через Казахстан дешевой энергии сибирских гидроэлектростанций в европейскую часть России можно получать до \$150 млн. в год» [42].

Таким образом, существующие предпосылки и возможности определяют дальнейшую направленность развития инновационной деятельности электроэнергетического комплекса. Инновационная деятельность должна быть направлена на целесообразное внедрение инноваций приемлемых в современных экономических условиях и с учетом потребностей электроэнергетического комплекса. Необходимо заниматься реализацией возможностей по использованию возобновляемых источников энергии и продолжить изучение потенциала и возможных рисков развития атомной энергетики. Использовать существующие возможности электроэнергетического комплекса при создании общего электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС, придерживаясь принципов «зеленой» экономики и инновационного развития.

Наряду с этим, необходимо проведение дальнейшего анализа показателей инновационного развития электроэнергетического комплекса и показателей, влияющих на уровень инновационного развития электроэнергетического комплекса, с целью выявления дополнительных направлений инновационной деятельности.

### **1.3 Инструменты научного исследования: основные показатели инновационного развития**

Уровень инновационного развития зависит от нескольких факторов, выполняющих свою функцию на соответствующей стадии экономического развития. Все факторы имеют сильную взаимосвязь между собой и вносят свой вклад в поддержку инновационного развития. Стабильное инновационное развитие невозможно без устоявшихся общественных институтов, инфраструктуры, макроэкономической среды, здравоохранения, начального и высшего образования, эффективного рынка товаров и услуг, эффективного рынка труда, развитого финансового рынка, технологической оснащенности, развитости бизнес процессов. Данные факторы, оказывающие значительное влияние на уровень инновационного развития электроэнергетического комплекса, оцениваются посредством анализа индекса глобальной конкурентоспособности в диапазоне значений от одного до семи [43].

«Индекс рассчитан по методике Всемирного экономического форума, основанной на комбинации общедоступных статистических данных и результатов глобального опроса руководителей компаний - обширного ежегодного исследования, которое проводится Всемирным экономическим

форумом совместно с сетью партнерских организаций - ведущих исследовательских институтов и организаций в странах, анализируемых в отчете [44]».

А.А. Гревцев, исследовав методику расчета индекса глобальной конкурентоспособности, отмечает, что «В опросе руководителей компаний для каждого из соответствующих компонентов индекса использовалась шкала от 1 до 7, т.е. оценка каждой компоненты могла принимать 7 различных значений. Достоверные статистические данные, используемые для расчета индекса, были нормированы по формуле [45]:

$$X = 6(Cs - Smin)/(Smax - Smin) + 1, \quad (1)$$

Где  $X$  – нормированное значение компоненты для дальнейших совместных расчетов с результатами опроса;  $Cs$  – достоверное статистическое значение компоненты для страны;  $Smin$  – минимальное значение компоненты в выборке из стран;  $Smax$  – максимальное значение компоненты в выборке из стран [45].

Для нормировки достоверных статистических данных, более высокое значение которых отрицательно влияет на конкурентоспособность страны использовалась следующая формула [45]:

$$X = -6(Cs - Smin)/(Smax - Smin) + 7, \quad (2)$$

Компоненты, после которых следует символ (1/2), входят в индекс в двух различных категориях. Поэтому, чтобы избежать двойного учета, в каждом таком случае при подсчете результата внутри категории пользуются следующей формулой [45]:

$$Y = (\sum_{i=1}^N X_i + 0,5 \sum_{i=1}^n x_i)/(N + 0,5n), \quad (3)$$

Где  $N$  – количество полновесных компонент в данной категории;  $n$  – количество компонент, после которых следует символ (1/2) в данной категории;  $X$  – значения полновесных компонент;  $x$  – значения компонент, после которых следует символ (1/2) в данной категории;  $Y$  – результат для данной категории» [45].

Оценка структуры первичного энергоснабжения и энергоемкости ВВП является необходимой при определении уровня инновационного развития электроэнергетического комплекса. Энергоемкость ВВП рассчитывается как отношение первичного энергоснабжения к ВВП. В свою очередь, инновационные технологии позволяют снизить потребление энергоресурсов при обеспечении необходимого уровня генерации электроэнергии. К примеру, снижение потерь электроэнергии, разработка и внедрение

инновационных генерирующих источников позволит снизить потребление ископаемых энергоресурсов при поддержании необходимого уровня производства. Количество выбросов углекислого газа в работе электроэнергетического комплекса также может быть уменьшено за счет внедрения инновационных технологий, направленных на совершенствование производственного процесса по выработке электроэнергии, диверсификацию производственных мощностей и использование современных инновационных технологий по сбору, транспортировке и хранению углекислого газа.

В диссертационной работе оценка зависимости ВВП от первичного энергоснабжения, зависимость между показателями выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии и внутренними затратами на исследования и разработки, также как и зависимость объема производства электроэнергии на АЭС от количества добываемого урана в различных странах производится с использованием корреляционно-регрессионного анализа.

Корреляционный анализ – это учение о взаимосвязи между переменными. Или другими словами, корреляционный анализ – группа технических приемов, используемых для измерения связи между двумя переменными. Различают зависимую и независимую переменные. Зависимая переменная прогнозируется или оценивается и располагается на оси ординат. Независимая переменная обеспечивает основу для оценивания зависимой переменной и располагается на оси абсцисс. Коэффициент корреляции описывает силу связи между двумя множествами данных. Коэффициент корреляции принимает значения от -1 до 1 включительно. Коэффициент корреляции, принимающий значения -1 либо 1 демонстрирует абсолютную корреляцию данных. В случае полной отсутствия корреляции коэффициент равняется нулю. Коэффициент корреляции определяется по формуле [46]:

$$r = (\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})) / (n - 1)s_x s_y, \quad (4)$$

где  $X$  – значение независимой переменной,  $\bar{X}$  - среднее значение независимых переменных;  $Y$  – значение зависимой переменной,  $\bar{Y}$  - среднее значение зависимых переменных;  $n$  – число наблюдений;  $s_x$ - стандартное отклонение множества независимых переменных;  $s_y$  - стандартное отклонение множества зависимых переменных [46, р. 397].

При интерпретации коэффициента корреляции используются такие понятия как сильная, средняя и слабая взаимосвязь, которые не имеют точного определения. Более точная интерпретация возможна при использовании Коэффициента детерминации, который вычисляется возведением во вторую степень коэффициента корреляции и обозначается

как  $R^2$ . Коэффициент детерминации – это количественное соотношение общего отклонения зависимой переменной  $Y$ , которое объясняется отклонением независимой переменной  $X$ . К примеру, при  $R^2$  равным 0,50 мы можем сказать, что 50% отклонений зависимой переменной  $Y$  объясняется отклонением независимой переменной  $X$  [46, р. 398].

Построение уравнения для оценки линейной зависимости между двумя переменными называется регрессионным анализом. Линейное уравнение для оценки зависимой переменной  $Y$  на основе независимой переменной  $X$  называется регрессионным уравнением. При построении регрессионного уравнения используется принцип наименьших квадратов, который заключается в минимизации суммы квадратов вертикальных расстояний между фактическими значениями зависимой переменной  $Y$  и прогнозными значениями зависимой переменной  $Y$  [46, р. 403 - 404].

Линейное уравнение регрессии записывается в виде [46, р. 405]:

$$\hat{Y} = a + bX, \quad (5)$$

где,  $\hat{Y}$  - прогнозное значение зависимой переменной  $Y$  для определенного значения независимой переменной  $X$ ,

$a$  – точка пересечения с осью ординат, то есть прогнозное значение зависимой переменной  $Y$  при значении независимой переменной  $X$  равном нулю,

$b$  – наклон линии, то есть среднее изменение значения  $\hat{Y}$  для каждого изменения на одну единицу независимой переменной  $X$ ,

$X$  – выбранное значение независимой переменной  $X$  [46, р. 405].

Наклон линии регрессии определяется по формуле [46, р. 405]:

$$b = r \frac{s_y}{s_x}, \quad (6)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции,

$s_y$  - стандартное отклонение множества зависимых переменных,

$s_x$  - стандартное отклонение множества независимых переменных.

Пересечение с осью ординат определяется по формуле [46, р. 405]:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}, \quad (7)$$

где  $\bar{Y}$  - среднее значение зависимых переменных  $Y$ ,

$\bar{X}$  - среднее значение независимых переменных  $X$  [46, р. 405].

Анализ и оценка выбросов углекислого газа и потребления энергоресурсов производится с помощью Декаплинг метода. Суть этого метода заключается в определении поведения таких факторов как, например, потребление энергоресурсов и количество выбросов углекислого газа в зависимости от

экономического роста. То есть, в идеале, необходимо стремиться к тому, что при росте экономических показателей, показатели потребления ресурсов и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу уменьшаются.

Также оценка выбросов углекислого газа производится с применением декомпозиционного анализа, при котором рассчитываются и анализируются основные факторы, оказывающие влияние на уровень выбросов  $\text{CO}_2$ . Расчеты и полученные результаты приводятся в третьем разделе диссертационной работы.

При построении модели зависимости общих потерь электроэнергии от показателей инновационного развития и при разработке прогнозных моделей по производству электроэнергии в рамках общего электроэнергетического рынка в странах Евразийского экономического союза используется статистическая программа Knowledge Miner, которая позволяет работать с различными системами данных. Программа является хорошим инструментом для прогнозирования и позволяет обнаружить оптимальное количество синтезированных моделей и их композицию. Модели создаются на основе данных посредством алгоритма Группового метода управления данными. Используя входящие и исходящие переменные, ГМУД анализирует и определяет какие переменные и в каком составе наилучшим образом моделируют predetermined поведение исходящих переменных. ГМУД основан на методе "чёрный ящик" (рисунок 1) [47]. Суть метода «чёрный ящик» заключается в исследовании сложных объектов без наличия знания об их внутренней структуре. Метод ориентирован на описание трансформационных закономерностей, связывающих входящие и исходящие переменные и на построение модели, демонстрирующей поведение, приближенное к тому, что мы имеем на выходе из «черного ящика» [48]. Условно принцип работы черного ящика представлен на рисунке 1.

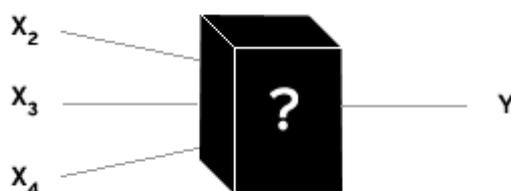


Рисунок 1 – Принцип работы метода «черный ящик»

Примечание – Построено на основе данных источника [49]

ГМУД основывается на эволюционном подходе трансформации и выбора, то есть на последовательном тестировании моделей, выбранных из множества моделей согласно предписанным критериям. ГМУД генерирует множество альтернативных моделей с возрастающей сложностью по трансформации и

отбору до тех пор, пока модели не начнут соответствовать данным. В качестве одного из условий изначально необходимо наличие нескольких элементарных моделей. Элементарные модели – нейроны - могут быть описаны при помощи дифференциальных уравнений или посредством полиномов. Это необходимо для выбора описаний класса моделей, которые содержат возможный пример рассматриваемого объекта. Часто используется общий класс динамических систем, который может описываться функциональными рядами Вольтера. Дискретными аналогами функциональных рядов Вольтера являются полиномы высшего порядка Колмогорова-Габор. Для одной входящей переменной  $x$  это представлено в виде [47]:

$$y_t^M = k_0[t] + \sum_{s=0}^g a_s x[t-s] + \sum_{s_1} \sum_{s_2} a_{s_1} a_{s_2} x[t-s_1] x[t-s_2] + \dots, \quad (8)$$

где  $k_0[t]$  некоторая функция тренда.

В случае если существует больше чем одна входящая переменная, то вводятся новые переменные  $v_{it}$ :

$$y_t^M = \sum_{j=0}^M b_j v_{jt} + \sum_{j=1}^M \sum_{i \leq j} b_{ij} v_{it} v_{jt} + \dots = f_q(v_{0t}, v_{1t}, v_{2t}, \dots, v_{Mt}), \quad (9)$$

Где  $M = \sum_{j=1}^{m+1} g_j + m$  и  $q$  порядок высшего полинома [47].

Очевидно, что инструменты для изучения показателей инновационного развития, их прогнозирования и прогнозирования величин, определяющих необходимость развития инноваций должны быть передовыми и разносторонними. В работе рассматриваются показатели инновационного развития с использованием математико-статистических методов оценки и применением статистического программного обеспечения.

Таким образом, рассмотренные инструменты научного исследования, позволят автору выполнить анализ показателей инновационного развития электроэнергетического комплекса и показателей, влияющих на уровень инновационного развития электроэнергетического комплекса. А также построить прогнозные модели производства электроэнергии в рамках общего электроэнергетического рынка с целью определения уровня приверженности принципам «зеленой» экономики и направленности на инновационное развитие в рамках Евразийского экономического союза.

## **2 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН И ЕГО ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

### **2.1 Сравнительная оценка показателей инновационного развития электроэнергетического комплекса Республики Казахстан с зарубежными странами**

Несомненно, прикладывается большое количество усилий на развитие инноваций и инновационной деятельности в Республике Казахстан. Понимание необходимости использования инноваций, как инструмента по стимулированию экономической деятельности, способствует разносторонней направленности их внедрения. Изначально работа с инновациями должна быть подкреплена на законодательном уровне, с тем, чтобы их распространение происходило быстрее и согласно стратегическим задачам, поставленным перед государством. Внедрение инноваций должно быть целенаправленным и максимально эффективным инструментом по регулированию экономической деятельности, создавая при этом дополнительные возможности по выходу из экономического и финансового кризиса.

«Новый импульс для развития инноваций был дан с началом реализации Государственной программы по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 годы. Были приняты Отраслевая программа по развитию инноваций и содействию технологической модернизации на 2010-2014 годы, Межотраслевой план научно-технологического развития страны до 2020 года. Меры стимулирования инноваций были закреплены в Законе «О государственной поддержке индустриально-инновационной деятельности», в 15 сопутствующих законах и 35 подзаконных актах» [50].

Итак, имея крепкий «фундамент» для развития инноваций в виде законодательной базы, посмотрим, каким образом производится оценка эффективности развития и использования инноваций.

Первое на что можно обратить внимание это объем инновационной продукции, который выражается в миллиардах тенге. Согласно данным Комитета по Статистике МНЭ РК объем инновационной продукции в Казахстане с 2003 по 2013 годы составил (рисунок 2).

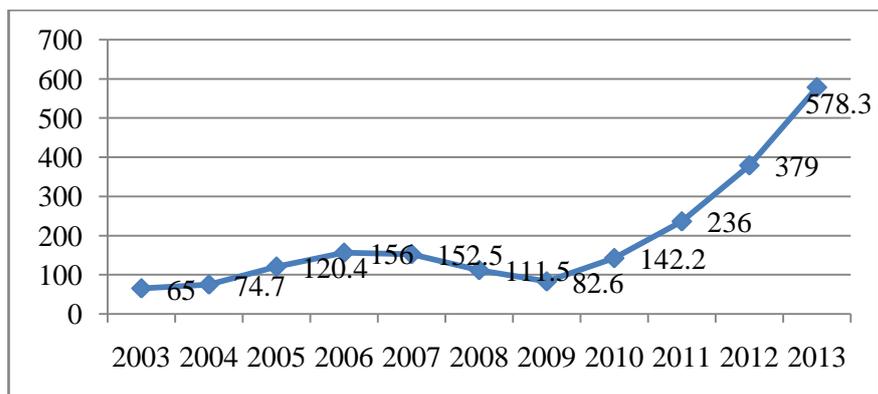


Рисунок 2 - Объем инновационной продукции в Казахстане с 2003 по 2013 годы, млрд. тенге

Примечание – Построено автором на основе данных источника [51]

Очевидно, что с принятием ГП ФИИР РК на 2010-2014 годы наблюдается значительный рост объема инновационной продукции, начиная с 2010 года (рисунок 2).

Также можно наблюдать увеличение количества инновационно активных предприятий, согласно данным Комитета по Статистике МНЭ РК, в Казахстане в 2012 году 1215 предприятий, а в 2013 году 1062 предприятия имеют продуктовые и процессные инновации (в 2011 году этот показатель составил 614 предприятий). Также наблюдается увеличение доли инновационной продукции к ВВП, согласно данным Комитета по Статистике МНЭ РК, в Казахстане в 2013 году доля инновационной продукции к ВВП увеличилась до 1,69%, в 2012 году этот показатель составлял 1,25% (рисунок 3).



Рисунок 3 - Уровень активности в области инноваций и доля инновационной продукции к ВВП, %

Примечание – Построено автором на основе данных источника [51]

Согласно Комитету по Статистике МНЭ РК, предприятие считается инновационно-активным, если во время проведения исследования предприятие проявляет инновационную активность, вне зависимости от того появляется ли реальная инновация или нет. Показатель инновационной активности предприятий рассчитывается один раз в год в разрезе областей по отраслям по формуле [51]:

$$Lact = \frac{Nhi}{Ntre} * 100, \quad (10)$$

где *Lact* - уровень активности в области инноваций; *Nhi* - количество предприятий, имеющих инновации; *Ntre* - общее количество действующих предприятий [51].

Оценив уровень активности в области инноваций, необходимо отметить, что уровень пассивности в области инноваций, согласно Комитету по Статистике МНЭ РК, составил 95,2% в 2013 году (94,3% в 2012 году и 94,3 в 2011 году) [51].

Также важно обратить внимание на то, что согласно Комитету по Статистике МНЭ РК, показатель доли инновационной продукции в общем объеме промышленного производства в 2012 году составил 2,3% [51].

«В целом, инновационная деятельность на промышленных предприятиях страны находится на низком уровне. Для сравнения: доля инновационно-активных предприятий в Германии составляет – 80%, в США, Швеции, Италии, Франции - около 50%, Турции – 33%, Венгрии – 47%, в Эстонии – 36%, в России - 9,1%» [52].

Что касается эффективности затрат на технологические инновации, то согласно Комитету по Статистике МНЭ РК, объем инновационной продукции в отношении к затратам на технологические инновации предприятий в 2004 году составил 2,11, а в 2013 году этот показатель был всего лишь 1,34 – примерно на уровне кризисного 2009 года – 1,35 (таблица 1) [51].

Таблица 1 – Соотношение объема инновационной продукции и затрат на технологические инновации предприятий

Рассматриваемый показатель	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Объем инновационной продукции, млрд. тенге	74,7	120,4	156,0	152,5	111,5	82,6	142,2	236,0	379,0	578,3

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Затраты на технологические инновации предприятий, млрд. тенге	35,3	67,1	80,0	83,5	113,4	61,0	235,5	195,0	325,6	432,0
Эффективность затрат	2,11	1,79	1,95	1,82	0,98	1,35	0,60	1,21	1,16	1,34
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [52, с. 7; 51]										

Согласно таблице 1 в 2008 году начинается спад эффективности затрат на технологические инновации предприятий, достигая минимального значения в 2010 году – 0,6. Это может быть обусловлено мировым финансовым и экономическим кризисом, повлекшим спад производства и снижение инновационной активности. Далее мы можем наблюдать постепенное увеличение эффективности затрат, что во многом объясняется принятыми программами и законами, способствующими увеличению объема инновационной продукции. Однако, как можно видеть в таблице 1 значения этого показателя не достигли тех значений, которые были до 2008 года – начало спада экономических показателей из-за влияния кризиса.

Уровень инновационного развития во многом определяет конкурентоспособность страны на международном уровне. «В соответствии с экономической теорией о стадиях развития, при расчете GCI делается предположение, что на первой стадии экономического развития страны конкурируют на основе труда низко квалифицированных рабочих и эксплуатации полезных ископаемых» [53].

На данной стадии компании конкурируют за счет цены и продажи товаров первой необходимости и предметов широкого потребления, при наличии низкой производительности. На второй стадии экономического развития страны должно быть начато развитие более эффективных производственных процессов и повышено качество выпускаемой продукции. Конкурентоспособность, в большинстве своем, основывается на качестве высшего образования, эффективном функционировании товарных рынков и рынков труда, уровне развития финансовых рынков, возможности получения большей выгоды от использования существующих технологий. На третьей стадии экономика развивается за счет инноваций. Поддержание соответствующего уровня жизни возможно только при наличии развитого бизнеса, способного конкурировать с новой и уникальной продукцией. Компании должны конкурировать за счет производства более диверсифицированной продукции, совершенствования предпринимательской деятельности и осуществления инновационного развития производственных процессов [43, р. 10].

Стадии экономического развития Республики Казахстан, Швейцарии, Сингапура, России, Киргизии и Армении представлены на рисунке 4.

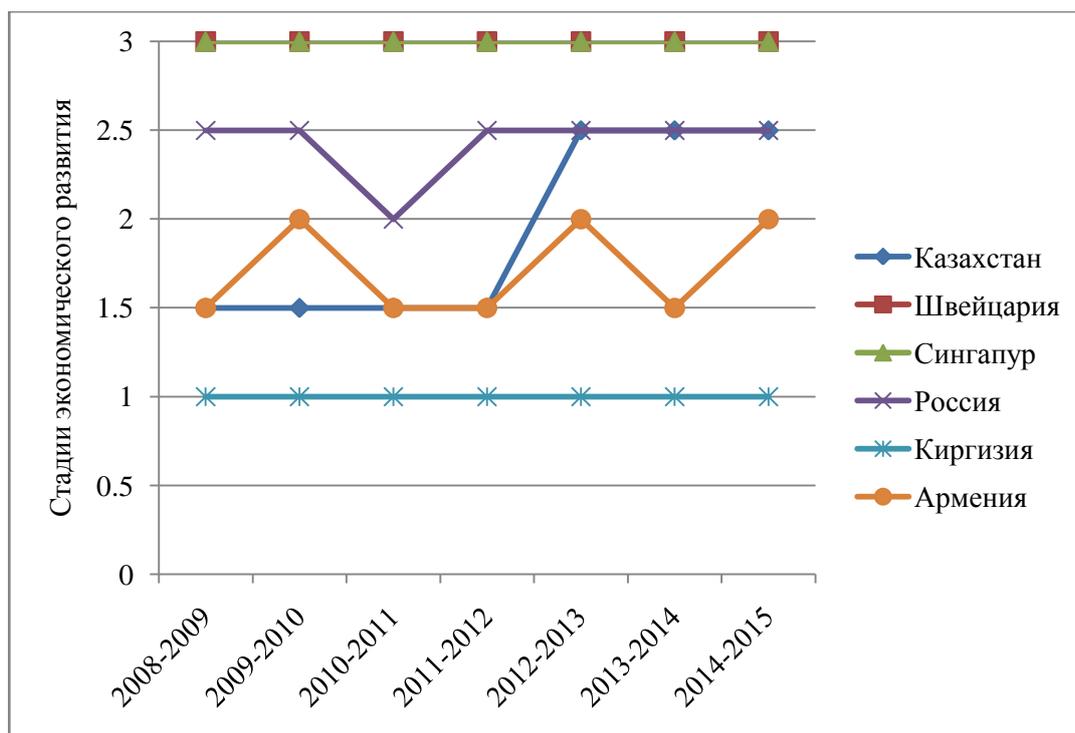


Рисунок 4 - Стадии экономического развития

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

На рисунке 4 представлены три стадии экономического развития наиболее конкурентоспособных стран согласно GCI – Швейцарии и Сингапура, а также четырех стран-участниц ЕАЭС – Казахстана, России, Киргизии и Армении. В отношении еще одной страны-участницы - Белоруссии в Глобальном отчете о конкурентоспособности данные не предоставлены. Первая стадия экономического развития на рисунке 4 обозначается цифрой 1, вторая и третья стадии обозначаются цифрами 2 и 3 соответственно. Переходный этап с первой на вторую стадию обозначается цифровым значением 1,5, а переходный этап со второй на третью стадию обозначен цифровым значением 2,5.

Очевидно, что переходный период экономического развития в Казахстане с первой на вторую стадию был успешно преодолен и уже на рубеже 2012-2013 годов наша страна выходит на новую стадию экономического развития – переходный период между второй и третьей стадиями, где успешное завершение переходного процесса во многом будет зависеть от эффективности внедрения инноваций.

Аналогичную с Казахстаном ситуацию можно наблюдать в России, где также осуществляется переход со второй на третью стадию. С периодическим успехом на вторую стадию развития выходит Армения, а вот Киргизия

стабильно находится на первой стадии экономического развития. Очевидно, что некоторые страны ЕАЭС более сильны экономически, и, поэтому в первую очередь основная нагрузка будет возложена на них. Помимо того что им необходимо развивать экономику внутри своей страны, им также будет необходимо поддерживать партнеров по союзу. Однако, в среднесрочной и долгосрочной перспективе все страны-участницы ЕАЭС должны стать экономически сильнее и благополучнее за счет свободы движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы.

Согласно GCI достижение третьего уровня экономического развития характеризуется развитостью бизнес процессов, где, в частности, рассматривается такой индикатор как уровень конкурентоспособного преимущества. А также третий уровень экономического развития характеризуется наличием инноваций, где среди прочих рассматриваются такие показатели как инновационный потенциал, качество научно-исследовательских институтов, стимулирование технологических инноваций за счет государственных закупок продвинутой технологической продукции, наличие научных работников и инженеров. В стремлении к переходу на инновационный путь развития нужно не забывать и о других основополагающих показателях, являющихся определяющими на предыдущих стадиях экономического развития. Так, например, к таким показателям относятся уровень качества электроснабжения и уровень использования новых технологий. Анализ представленных показателей в сравнении с наиболее конкурентоспособными странами и государствами-членами ЕАЭС поможет определить направление дальнейшего развития, понять какие результаты уже были достигнуты и что еще предстоит сделать в ближайшем будущем.

Согласно GCI (2013-2014) в мировом рейтинге в первую десятку наиболее конкурентных вошли такие страны как Швейцария, Сингапур, Финляндия, Германия, США, Швеция, Гонконг, Голландия, Япония, Великобритания. Казахстан продвинулся вперед на одну позицию и за отчетный период занимает 50 место среди 148 стран. К основным преимуществам развития Республики Казахстан относятся гибкость и эффективность рынка труда – 15 место и стабильная макроэкономическая среда – 23 место. Однако существуют некоторые сложности в сферах здравоохранения и начального образования – 97 место, а также низкий уровень развития бизнеса – 94 место и инноваций – 84 место [43].

В области электроэнергетики требуется работа по улучшению качества электроснабжения, использованию новых технологий при производстве электрической и тепловой энергии, повышению инновационного потенциала, повышению качества работы научно-исследовательских институтов и квалификации рабочего персонала, а также по введению дополнительных мощностей для производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии. На рисунке 5 графически представлен показатель качества

электроснабжения в Казахстане в сравнении с пятью наиболее конкурентоспособными странами согласно GCI (2013-2014).

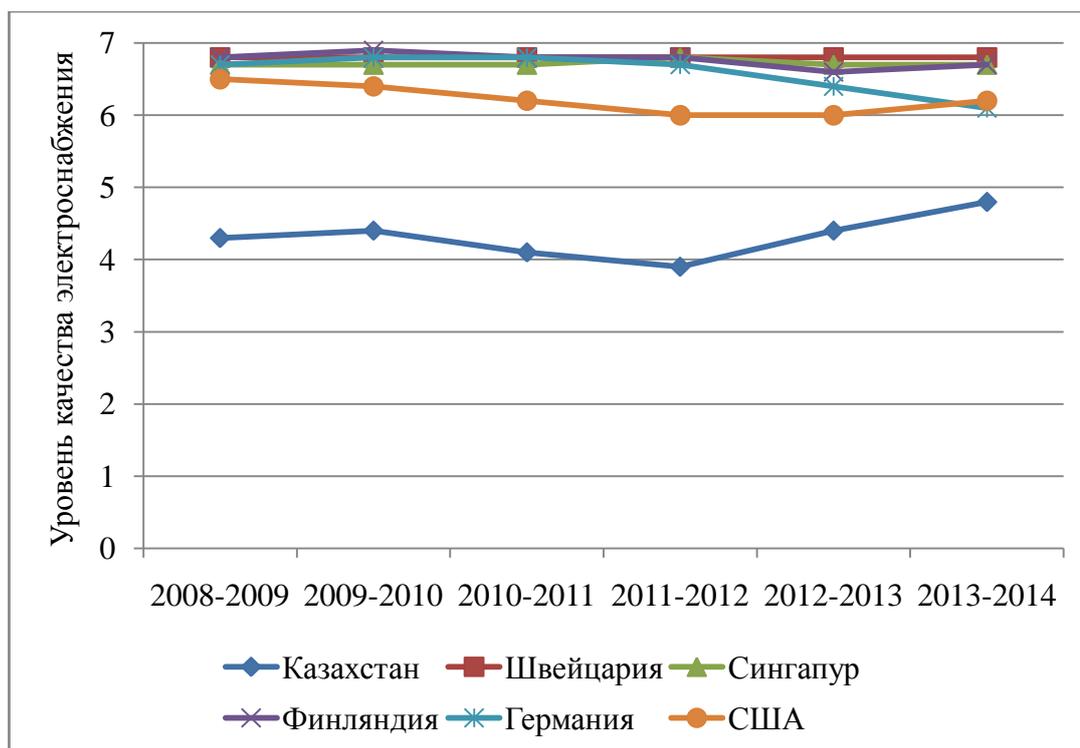


Рисунок 5 – Уровень качества электроснабжения

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

Качество электроснабжения отображает такие показатели как нарушение электроснабжения и перепады напряжения. Диапазон оценки показателя варьируется от единицы до семи. При этом значение равное или близкое к единице указывает на частые отключения и перепады напряжения, а показатель равный или близкий к семи означает, что страна соответствует высоким международным стандартам по качеству электроснабжения с минимальным количеством отключений и незначительными перепадами напряжения. Как видно на рисунке 5 Казахстан значительно отстает по качеству электроснабжения в сравнении с пятью наиболее конкурентоспособными странами по версии GCI. Переход на третью стадию экономического развития ознаменован развитостью бизнес процессов и наличием инноваций, однако, такой показатель, как качество электроснабжения, связанный с инфраструктурой и относящийся к первой стадии экономического развития, по-прежнему находится на недостаточно высоком уровне.

Другим не менее важным показателем, относящимся ко второй стадии экономического развития по версии GCI, является уровень использования новых технологий. Показатель равный или близкий к единице означает, что

передовые технологии в стране отсутствуют или их использование незначительно, а показатель равный или близкий к семи означает наличие в стране новых технологий и их широкое применение. На рисунке 6 представлен показатель, отражающий уровень использования новых технологий в период с 2008 по 2014 годы в Казахстане в сравнении с пятью наиболее конкурентоспособными странами по версии GCI (2013-2014).

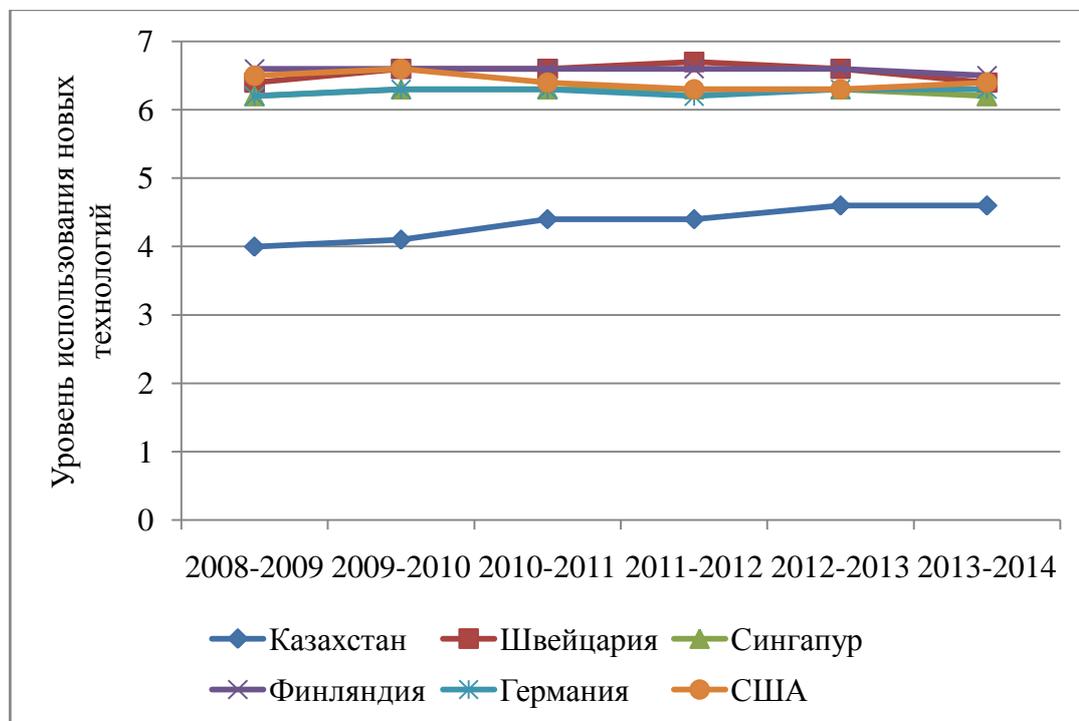


Рисунок 6 – Уровень использования новых технологий

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

Очевидно, что перед тем как Казахстан выйдет на новый инновационный уровень развития необходимо улучшить существующие инфраструктуру и технологическую оснащенность, которые являются базовыми при развитии инновационной деятельности.

Третья стадия экономического развития – стадия ведомая инновациями, согласно GCI, характеризуется двумя категориями показателей - развитость бизнес процессов и инноваций. Далее рассмотрим показатель, входящий в оценку бизнес процессов – уровень конкурентоспособного преимущества и несколько показателей, по версии GCI, характеризующих уровень развития инноваций – инновационный потенциал, качество научно-исследовательских институтов, стимулирование технологических инноваций за счет государственных закупок продвинутой технологической продукции и наличие научных работников и инженеров.

Для сравнения рассмотрим наиболее и наименее конкурентоспособные страны по версии GCI (2013-2014), а также страны-участницы ЕАЭС. Подобный подход помогает оценить, насколько наша страна отстает от наиболее развитых стран и насколько наше развитие опережает наименее инновационно и экономически развитые страны, а также насколько страны идентичны в плане рассматриваемых индикаторов в пределах ЕАЭС. Итак, согласно GCI (2013-2014) первое место занимает Швейцария, в то время как последнее место принадлежит Республике Чад. Что касается стран выбранных для анализа и входящих в ЕАЭС, то это будут Казахстан, Россия, Армения и Киргизия. Сравнительный график строится на основе данных GCI, представленных в GCR, однако данные о Белоруссии – страны – участницы ЕАЭС в данном отчете не представлены.



Рисунок 7 – Уровень конкурентоспособного преимущества

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

Показатель уровня конкурентоспособного преимущества близкий к единице означает, что конкурентоспособность компаний на международных рынках достигается в основном за счет низких производственных расходов или же опирается на использование природных ресурсов. С другой стороны, показатель равный или близкий к семи означает наличие уникальной продукции и продвинутых бизнес процессов.

На рисунке 7 видно, что конкурентоспособность компаний наиболее развита в Швейцарии. В странах-участницах ЕАЭС и Республике Чад,

представленных на рисунке 7, этот показатель почти в два раза меньше и находится примерно на одном уровне.

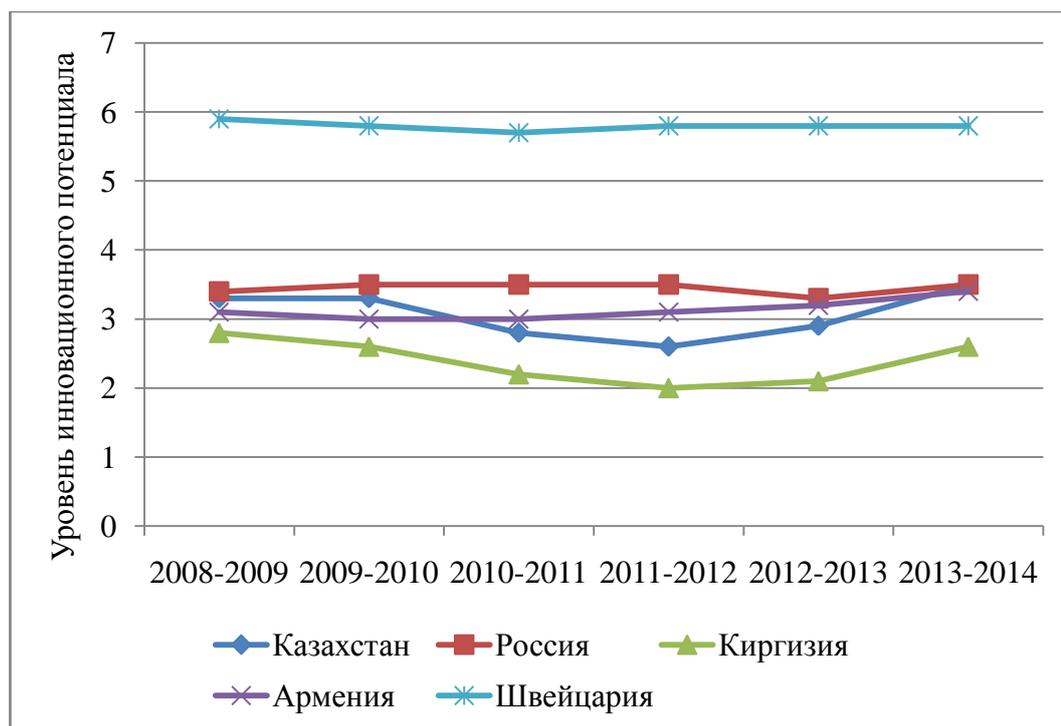


Рисунок 8 – Инновационный потенциал

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

Инновационный потенциал четырех стран-участниц ЕАЭС и наиболее конкурентоспособной страны по версии GCI (2013-2014) - Швейцарии представлен на рисунке 8. Диапазон данного показателя варьируется от единицы до семи. Приближение показателя к единице означает, что новые технологии в стране выполняются по лицензии или же возникают за счет имитации зарубежных достижений. С другой стороны, показатель равный или приближающийся к значению семь означает наличие официальных исследований и существование собственных инновационных разработок.

На рисунке 8 видно, что Казахстан значительно отстает от уровня мировых лидеров в проведении научных исследований и созданию собственных инновационных разработок, и находится примерно на одном уровне со странами-участницами ЕАЭС.

Далее на рисунке 9 приводится сравнение показателей качества научно-исследовательских институтов среди стран-участниц ЕАЭС и наиболее конкурентоспособной страной согласно GCI - Швейцарией.

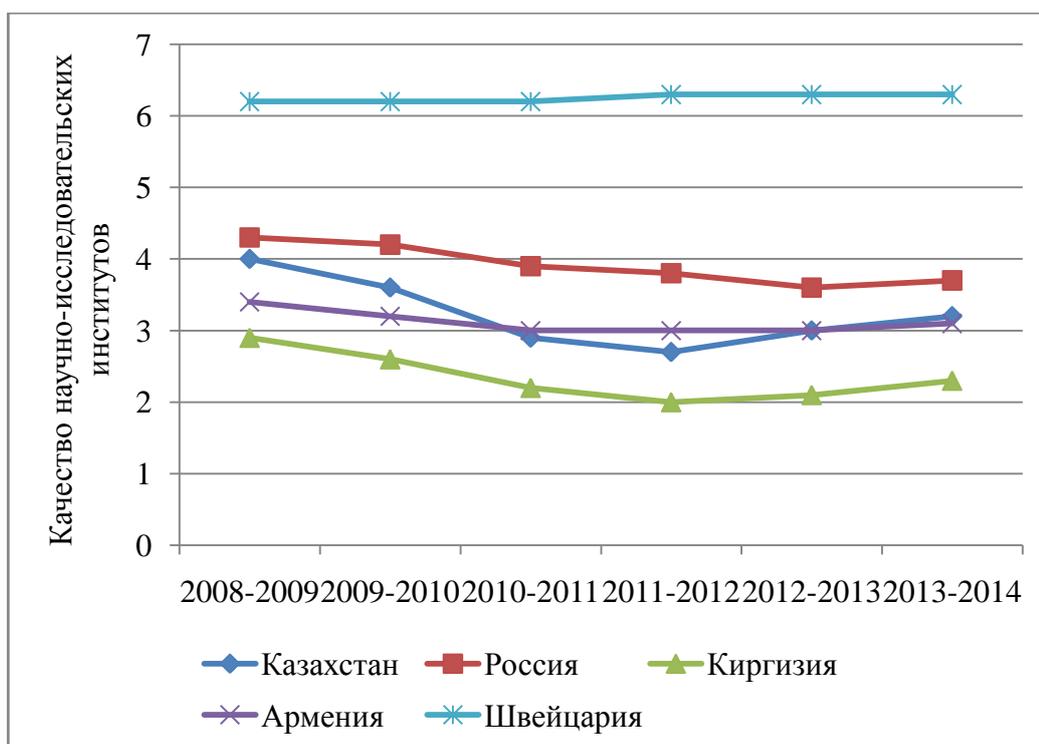


Рисунок 9 - Качество научно-исследовательских институтов

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

Наилучшим показателем на рисунке 9 считается значение равное семи, которое оценивает деятельность научно-исследовательских институтов как наилучшую во всем мире. Значение показателя равного или близкого к единице показывает, что качество научно-исследовательской работы находится на низком уровне.

Из представленных на рисунке 9 стран-участниц ЕАЭС - лидером по качеству научно-исследовательских институтов является Россия, которая, тем не менее, отстает от мирового лидера – Швейцарии на несколько пунктов.

Также на рисунке 9, начиная с 2008 года, можно наблюдать некоторый спад во всех представленных странах-участницах ЕАЭС по качеству научно-исследовательских институтов, что может объясняться начавшимся мировым финансовым и экономическим кризисом. Однако в Швейцарии за аналогичный период такой спад не наблюдается, а наоборот происходит постепенный подъем, что может говорить о стремлении страны развивать свои научно-исследовательские институты и тем самым противостоять угрозам мирового финансового и экономического кризиса и повышать свою конкурентоспособность на международном уровне.

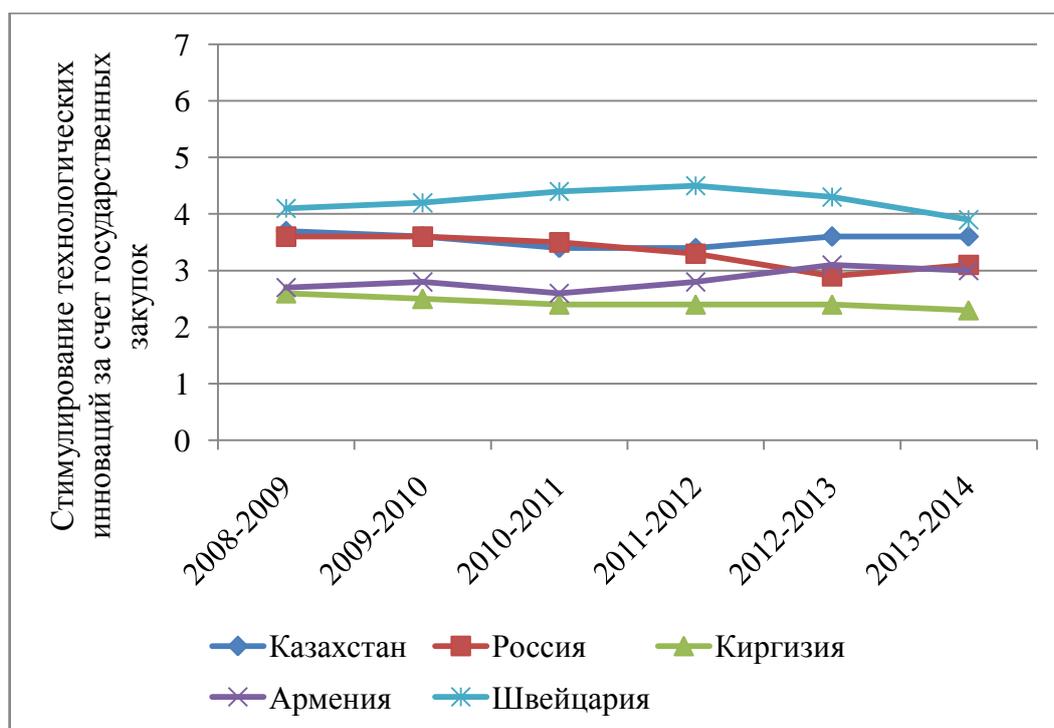


Рисунок 10 – Стимулирование технологических инноваций за счет государственных закупок продвинутой технологической продукции

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

Значения на рисунке 10 показывают, каким образом решения в отношении государственных закупок продвинутой технологической продукции стимулируют технологические инновации в стране. Показатель равный или близкий к единице означает, что стимулирование инноваций таким образом не происходит, и, наоборот показатель равный или близкий к семи отражает высокую эффективность стимулирования технологических инноваций за счет государственных закупок продвинутой технологической продукции.

На рисунке 10 видно, что разница между странами-участницами ЕАЭС и Швейцарией не так значительна. Это может объясняться тем фактом, что страны, входящие в ЕАЭС придерживаются принципа открытых инноваций, то есть инновационные технологии в этих странах, в большинстве своем, появляются в результате их приобретения за рубежом. В свою очередь в Швейцарии развитие инноваций в большей мере происходит за счет собственных усилий в сфере научных исследований и разработок.

Далее на рисунке 11 представлены показатели, согласно GCI, характеризующие наличие научных работников и инженеров в Швейцарии и четырех странах-участницах ЕАЭС.

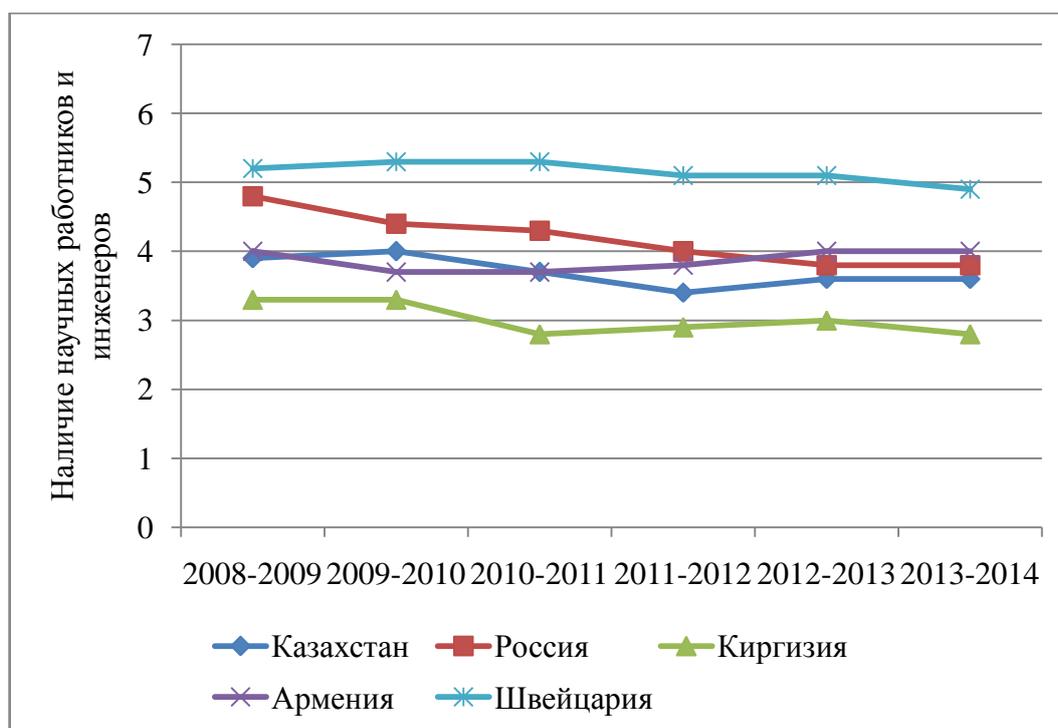


Рисунок 11 – Наличие научных работников и инженеров

Примечание – Построено автором на основе данных источника [43, 54-58]

На рисунке 11 показатель равный или близкий к единице означает отсутствие или небольшое количество научных работников и инженеров в стране, и, наоборот показатель равный или близкий к семи говорит о широкой доступности научных работников и инженеров.

На приведенных выше графиках видно, что инновационное развитие в Казахстане еще не достигло тех показателей, которые существуют в наиболее конкурентоспособных странах согласно GCI. В сравнении со странами, входящими в ЕАЭС большинство показателей находятся примерно на одном уровне. Это может объясняться тем, что раньше страны-участницы ЕАЭС входили в состав Советского Союза и, до сих пор, во многом имеют схожую направленность при проведении научно-исследовательских работ и формировании основ технологической оснащенности. Важно отметить, что в отношении государственных закупок продвинутой технологической продукции (рисунок 10) Казахстан в значительной мере приблизился к аналогичным показателям наиболее конкурентоспособной страны по версии GCI – Швейцарии. Очевидно, это объясняется тем, что Казахстан придерживается принципа открытых инноваций, то есть следует по пути заимствования. При успешном заимствовании и внедрении инноваций Казахстан сможет выйти на новый исследовательский и производственный уровень, что будет способствовать развитию высокотехнологичных инноваций внутри страны за счет собственных усилий.

В частности, в сфере электроэнергетики к заимствованным технологиям относятся возобновляемые источники энергии. Более того, в случае строительства атомной электростанции большая часть технологий также будет заимствованной у других стран. Развиваясь, эти направления могут оказать значительное влияние на инновационное развитие электроэнергетического комплекса Казахстана. Однако, в отношении строительства атомной электростанции, окончательное решение должно быть всесторонне взвешенным и обдуманым с учетом всех возможных рисков.

## 2.2 Анализ и оценка инновационной активности возобновляемых источников энергии и потенциала развития атомной энергетики

Как уже отмечалось, снижению выбросов CO<sub>2</sub> от выработки электрической и тепловой энергии может способствовать развитие возобновляемых источников энергии. На рисунке 12 представлен график в разрезе выработки электроэнергии из возобновляемых источников в Казахстане с 2003 по 2012 годы.

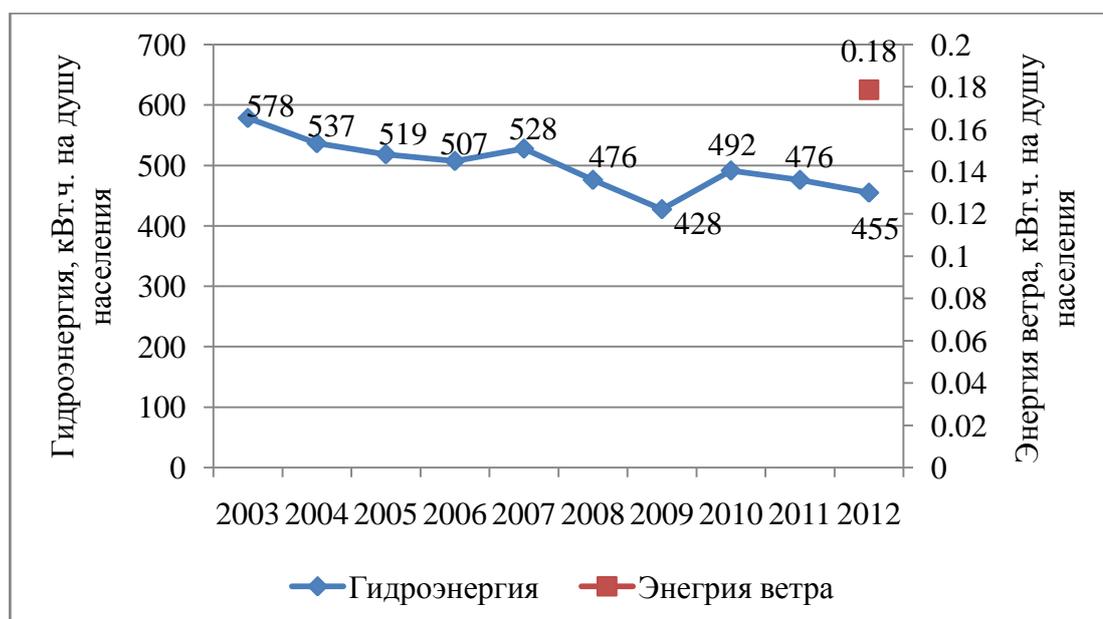


Рисунок 12 – Выработка электроэнергии из ВИЭ в Казахстане с 2003 по 2012 годы, кВт.ч. на душу населения

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Согласно рисунку 12 в Казахстане большая часть электроэнергии, вырабатываемая возобновляемыми источниками энергии, приходится на гидроэлектростанции. Согласно IEA доля гидроэлектростанций от общей выработки электроэнергии в 2012 году составила 8,37%, при этом доля ветровой и солнечной энергии от общей выработки электроэнергии в

Казахстане по-прежнему остается незначительной и составляет, согласно IEA, в 2012 году 0,003%.

Процесс развития ВИЭ в Казахстане, в частности, подкрепляется положениями Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике [3], положениями Стратегии Казахстан 2050 [2], Законом «О поддержке использования возобновляемых источников энергии» [60].

Для сравнения рассмотрим показатели выработки электроэнергии из ВИЭ в нескольких наиболее инновационно развитых, согласно ГИ, и конкурентоспособных, согласно GCI, странах. На рисунке 13 представлена выработка электроэнергии из ВИЭ в Швейцарии на душу населения с 2003 по 2012 годы. Очевидно, что в Швейцарии производство электроэнергии более диверсифицировано, чем в Казахстане. При этом основные положения законодательной базы для поддержки развития ВИЭ в Швейцарии (таблица 2) идентичны положениям, принятым в Казахстане.

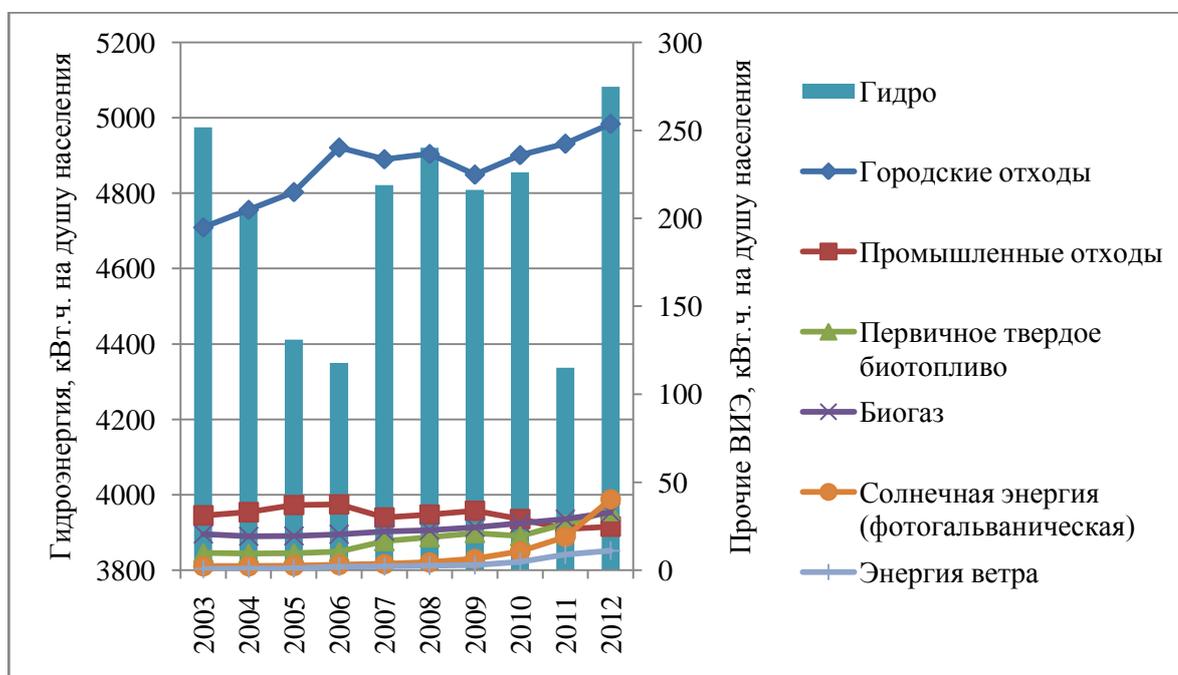


Рисунок 13 – Выработка электроэнергии из ВИЭ в Швейцарии с 2003 по 2012 годы, кВт.ч. на душу населения

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Далее в таблице 2 представлены основные документы по развитию электроэнергетики и возобновляемых источников энергии в Швейцарии. В частности, рассматриваются наименование и год принятия документов, а также основные положения, представленные в них.

Таблица 2 – Основные документы по развитию электроэнергетики и ВИЭ в Швейцарии

Наименование и год принятия документа	Основные положения
Координированный план действий по проведению исследований в сфере энергетики 2013	Координированный план действий направлен на развитие конкурентной среды в области исследований в сфере электроэнергетики на уровне высшего образования. В частности, Координированный план действий включает в себя рассмотрение таких вопросов как повышение энергоэффективности, совершенствование работы электроэнергетических систем и сетей, хранение электроэнергии, электроснабжение, а также экономические, экологические и законодательные аспекты электроэнергетического комплекса.
Программа по модернизации зданий 2010	Программа по модернизации зданий была сформирована на основе Федерального закона по уменьшению выбросов CO <sub>2</sub> , принятого в 1999 году. Программа по модернизации зданий состоит из двух основных направлений: государственное спонсирование по улучшению изоляционных свойств компонентов зданий, построенных до 2000 года, и, программа по субсидированию, стимулирующая использование возобновляемой энергетики и уменьшение тепловпотерь.
Государственная программа, стимулирующая применение льготного тарифа для развития возобновляемых источников энергии 2009	В 2009 году была принята Государственная программа, стимулирующая применение льготного тарифа для развития возобновляемых источников энергии. Льготный тариф дифференцирован в зависимости от применяемых технологий и объемов производимой электроэнергии и используется при оплате за кВт.ч., произведенный солнечными и ветровыми электростанциями, гидроэлектростанциями (до 10 МВт), геотермальными источниками и при использовании энергии биомасс. Льготные платежи могут выполняться в период времени от 20 до 25 лет в зависимости от применяемой технологии производства электроэнергии.
Государственный план действий по развитию возобновляемых источников энергии 2007	План действий включает в себя направления, связанные с производством тепловой энергии и регулированием работы гидроэлектростанций, генерацией электроэнергии из возобновляемых источников и с использованием биотоплива. Было запланировано увеличить долю возобновляемых источников в первичном энергоснабжении в 1.5 раза к 2020 году от показателя 16.2% в 2007 году до 24%. В частности, рассматривается стимулирование использования тепловых насосов, топливных пеллетов и применение тепловой энергии солнца.
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [61]	

Наряду со Швейцарией одним из мировых лидеров по производству электроэнергии из ВИЭ является Германия. На рисунке 14 представлена диаграмма производства электроэнергии с использованием ВИЭ, куда входят ветровые и солнечные электростанции, городские и промышленные отходы, первичное твердое биотопливо, биогаз, жидкое биотопливо, геотермальные источники и гидроэлектростанции. В Германии существует хорошая поддержка развития ВИЭ на законодательном уровне (таблица 3). И, вновь, основные положения законов о развитии ВИЭ в Германии идентичны положениям в законодательной базе Казахстана. Однако уровень развития возобновляемой энергетики в Казахстане значительно уступает показателям в Германии и Швейцарии.

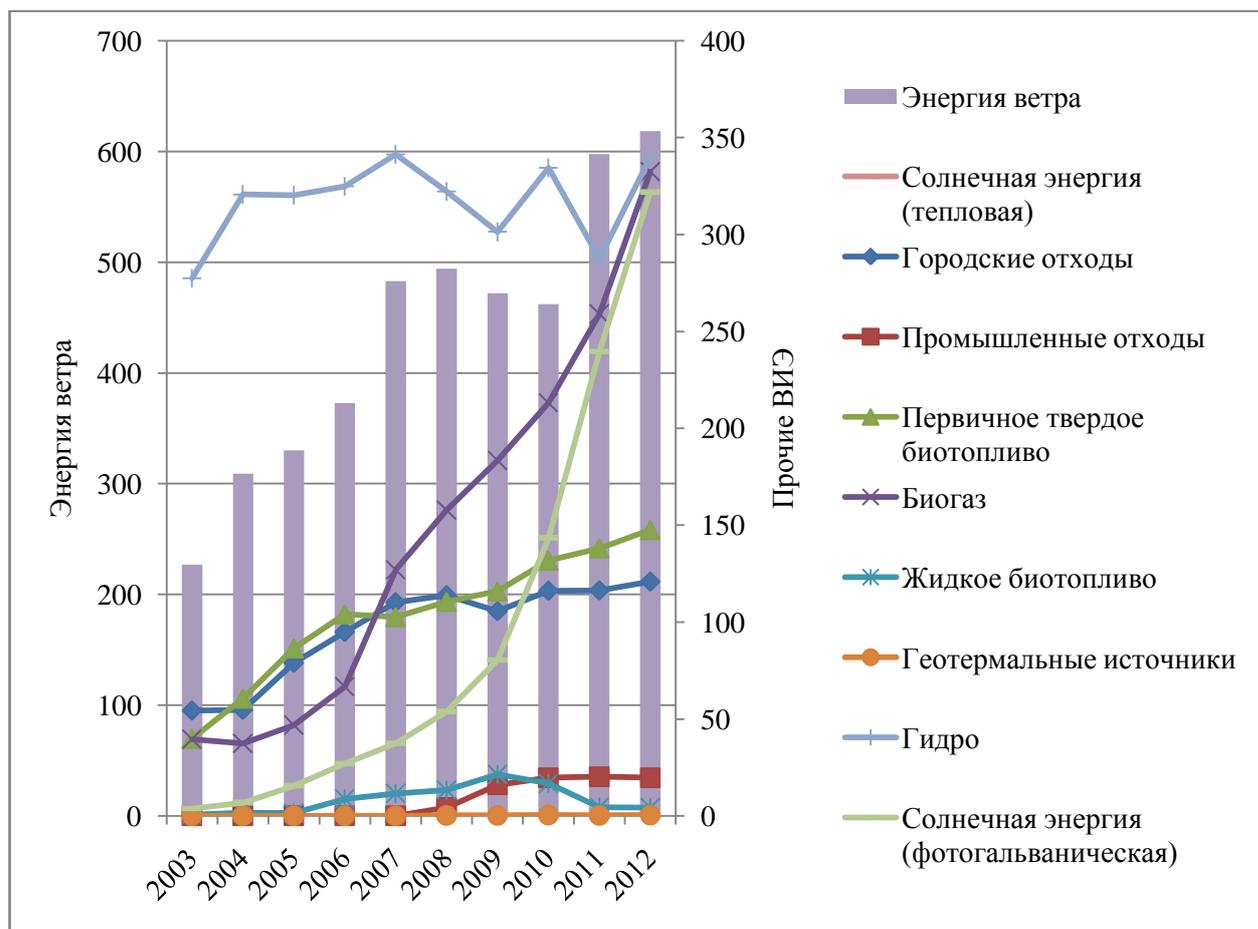


Рисунок 14 – Выработка электроэнергии из ВИЭ в Германии с 2003 по 2012 годы, кВт.ч. на душу населения

Примечание – Разработано автором на основе данных источника [59]

В Германии развитие ВИЭ началось намного раньше, чем в Казахстане. Уже в 1985 году в Германии был принят закон о поддержке ВИЭ. В 1989 году принята Программа 250 МВт ветер, а в 1990 году Программа по

энергосбережению. В 1996 году принята программа «Зеленая энергетика». Принятие программ и законов о стимулировании возобновляемой энергетики во многом способствовало их внедрению и производству из них электроэнергии. В таблице 3 представлены основные документы по развитию электроэнергетики и ВИЭ в Германии.

Таблица 3 – Основные документы по развитию электроэнергетики и ВИЭ в Германии

Наименование и год принятия документа	Основные положения
Договоренности с промышленностью (2012)	1 августа 2012 года правительство Германии, промышленный сектор и энергетическая промышленность достигли соглашений в отношении повышения энергоэффективности в промышленном секторе. Основной задачей является повышение энергоэффективности на 1.3% в год.
Поправки в акт о возобновляемых источниках энергии (2012)	В документе рассматривается совершенствование льготных тарифов, стимулирующих развитие различных видов возобновляемой энергетики. В соответствии с Энергетической концепцией, принятой правительством Германии в сентябре 2010 года, задачей акта является достижение следующей минимальной доли ВИЭ от общего объема электроснабжения: <ul style="list-style-type: none"> <li>– 35% к 2020 году</li> <li>– 50% к 2030 году</li> <li>– 65% к 2040 году</li> <li>– 80% к 2050 году</li> </ul>
Закон о финансировании объектов энергетики (2011)	Согласно данному закону в Германии создается специальный энергетический и климатический фонд. Средства, собранные фондом будут использоваться для развития экологически чистого, надежного и доступного энергоснабжения. Предполагалось, что основными источниками финансирования будут атомные электростанции, которые должны были бы перечислять часть своей сверх прибыли и средств, полученных от торговли квотами на выбросы парниковых газов. Однако, по причине того, что с 2012 года в Германии началась программа по закрытию атомных станций - средства в фонд будут поступать только от торговли квотами.
Мониторинговый процесс «Энергия будущего» (2011)	«Энергия будущего» является долгосрочным и основанным на действительных фактах мониторинговым процессом. В этом процессе федеральное правительство детально оценивает результаты внедрения Энергетической концепции и соответствующие методы регулирования с целью обеспечения безопасного, экономически выгодного и устойчивого энергоснабжения.
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [61]	

Наличие в Казахстане законодательной базы по развитию ВИЭ, которая во многом идентична законам, принятым в странах, лидирующих по уровню развития возобновляемой энергетики, не дает нашей стране столь же высоких результатов. Очевидно, что принятые законы должны работать более эффективно и способствовать на практике внедрению ВИЭ в более крупных масштабах. Более того, необходимо использовать не только законодательную базу аналогичную наиболее инновационно развитым и конкурентоспособным странам, но также использовать инновационные технологии, разработанные в этих странах. Инновационные технологии должны быть направлены на снижение потерь электроэнергии, совершенствование очистительной системы тепловых электростанций, хранение углекислого газа, развитие возобновляемой энергетики. Продуктивное продвижение вперед также может обеспечиваться и за счет участия в международных передовых исследовательских проектах, направленных на совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса.

Анализируя потенциал развития атомной энергетики необходимо отметить, что «единая электроэнергетическая система Казахстана подразделяется на три зоны. Западная зона системы полностью удовлетворяет потребности населения западной части страны отчасти собственной электроэнергией и за счет поставок электричества из России. Северная зона энергосистемы, куда входит северная, центральная и восточная области РК, является энергоизбыточной. А вот южная зона – энергодефицитной» [62].

Одним из основных направлений решения проблемы энергодефицита южного региона страны рассматривается строительство АЭС. Строительство АЭС имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести то, что при производстве электроэнергии на АЭС не вырабатывается такое большое количество углекислого газа, как это происходит на ТЭС, мощность атомной станции может значительно превышать мощность существующих объектов возобновляемой энергетики, что в ближайшей перспективе может решить проблему энергодефицитных районов страны. Более того, в Казахстане существуют большие запасы урана, добыча которого в основном ведется для целей экспорта. Данные о доказанных извлекаемых запасах урана в 2013 году в разрезе стран представлены на рисунке 15.

Как видно на рисунке 15, самые крупные доказанные извлекаемые запасы урана находятся в Австралии, далее следуют Казахстан и Россия. При этом с 2008 года Казахстан начинает занимать лидирующие позиции по объемам добываемого урана (Рисунок 16). В 2008 году в Казахстане было добыто 8 521 тонн урана, в 2009 году 14 020 тонн урана, а в 2013 году уже добыли 22 548 тонн. Средний рост объемов добычи урана в Казахстане с 2003 по 2013 годы составил 23,48%, в Австралии аналогичный показатель в среднем снижался на 0,67%, в России увеличивался на 0,18%, а в Канаде в среднем уменьшался на 0,82%.

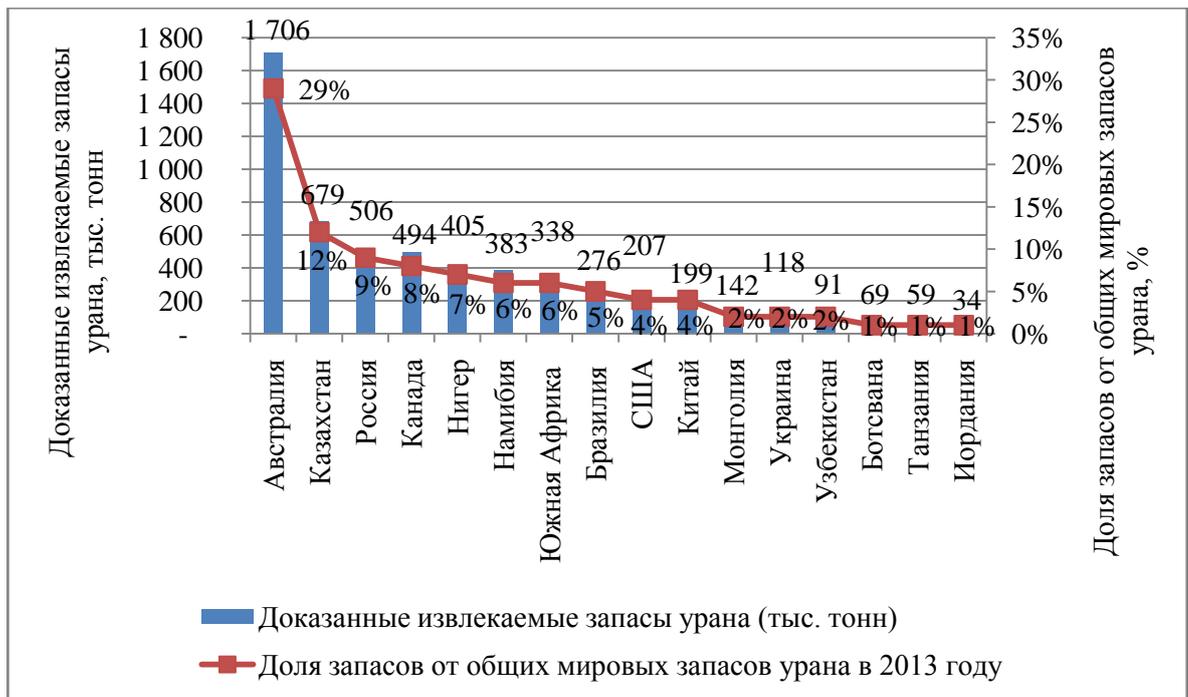


Рисунок 15 – Доказанные извлекаемые запасы урана в разрезе первых шестнадцати стран с наибольшими запасами урана и доля запасов от общих мировых запасов в 2013 году

Примечание - Построено автором на основе данных источника [63]

На рисунке 16 представлено количество добываемого урана и страны в которых осуществляется добыча.

Является ли при этом добыча урана ключевым фактором, определяющим наличие АЭС? На первый взгляд может создаться впечатление, что если происходит добыча урана, то значит должны быть и атомные электростанции. Как мы увидим далее в мировой практике это не всегда именно так. Несомненно, наличие в стране урана и технологий по его обработке позволяет избежать затрат, например, на его приобретение и транспортировку из других стран. Почему же не во всех странах, в которых ведется добыча урана, существуют атомные электростанции? На наш взгляд это объясняется тем, что некоторые страны осознанно не занимаются строительством АЭС в связи с существующей опасностью при их эксплуатации, а в других случаях строительство АЭС не ведется по причине отсутствия необходимых знаний, технологий и квалифицированного рабочего персонала и при отсутствии средств на их приобретение. Но даже при наличии запасов урана, технологий и специалистов необходим глубокий анализ множества факторов, которые могли бы оказать негативное влияние на объекты атомной энергетики. Так в науке еще не найдены ответы на многие вопросы и еще многие явления остаются не изученными и не предсказуемыми либо же трудно предсказуемыми и неконтролируемыми. Например, землетрясения, наводнения, извержения

вулканов и падение метеоритов. Конечно же, в некоторых районах земли природные катастрофы происходят чаще, а в других реже, но в климате постоянно происходят изменения и, то, что раньше не происходило, теперь может случаться все чаще и чаще, например, наводнения. Что касается метеоритов, то здесь конечно существует довольно низкая вероятность причинения вреда объектам атомной энергетики, но в связи с высокой опасностью, которая существует в случае возникновения аварии, этот фактор также должен учитываться.

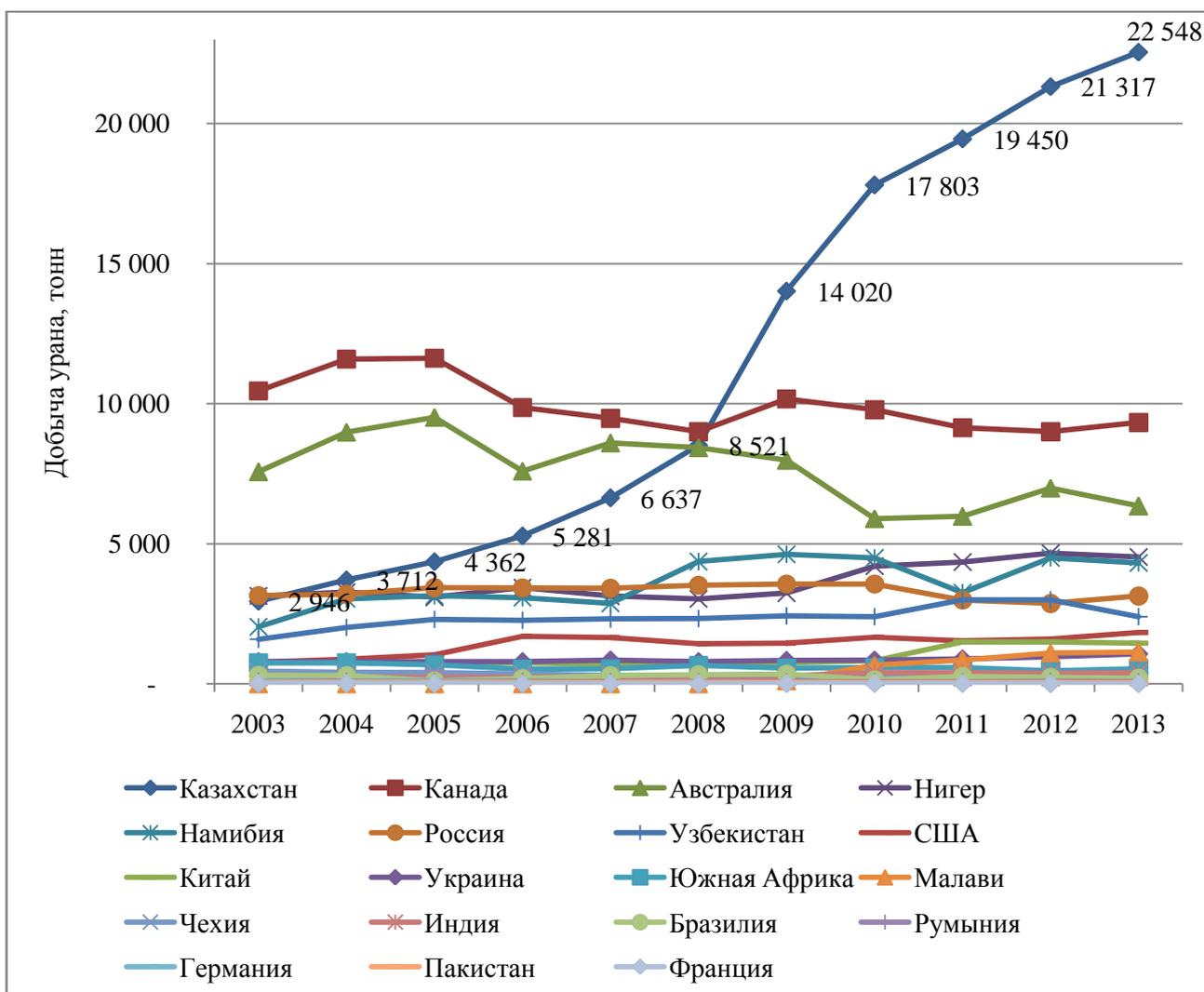


Рисунок 16 – Добыча урана с 2003 по 2013 годы

Примечание – Построено автором на основе данных источника [63]

В таблице 4 представлены страны, в которых ведется выработка электроэнергии на АЭС, при этом в некоторых из этих стран ведется добыча урана (рисунок 16), а в некоторых нет. А также в таблице 4 представлены страны, в которых генерация электроэнергии на АЭС не происходит, но

осуществляется добыча урана (рисунок 16), и страны-участницы ЕАЭС. Страны расположены в порядке убывания от большего процентного соотношения производства электроэнергии на АЭС от общей выработки электроэнергии, к меньшему соотношению, за исключением стран ЕАЭС, которые представлены отдельно в нижней части таблицы. Процентное соотношение производства электроэнергии на АЭС от общей выработки электроэнергии указывается в скобках рядом с названием страны.

Таблица 4 - Производство электроэнергии на АЭС (ТВт.ч.) с 2003 по 2012 годы, с указанием процентного соотношения от общей выработки электроэнергии в 2012 году

Название страны с указанием процентного соотношения от общей выработки электроэнергии в 2012 году	Производство электроэнергии на АЭС (ТВт.ч.) с 2003 по 2012 годы									
	1	2								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Франция (75.39%)	441	448	452	450	440	439	410	429	442	425
Словакия (54.06%)	18	17	18	18	15	17	14	15	15	15
Бельгия (48.51%)	47	47	48	47	48	46	47	48	48	40
Венгрия (45.66%)	11	12	14	13	15	15	15	16	16	16
Украина (45.32%)	81	87	89	90	93	90	83	89	90	90
Швеция (38.45%)	67	77	72	67	67	64	52	58	60	64
Швейцария (36.41%)	27	27	23	28	28	28	28	26	27	25
Словения (35.15%)	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Чехия (34.63%)	26	26	25	26	26	27	27	28	28	30
Болгария (33.35%)	17	17	19	19	15	16	15	15	16	16
Финляндия (32.65%)	23	23	23	23	23	23	24	23	23	23
Республика Корея (28.12%)	130	131	147	149	143	151	148	149	155	150
Испания (20.66%)	62	64	58	60	55	59	53	62	58	61
Румыния (19.42%)	5	6	6	6	8	11	12	12	12	11
Великобритания (19.35%)	89	80	82	75	63	52	69	62	69	70

Продолжение таблицы 4

1	2									
США (18.67%)	788	813	811	816	837	838	830	839	821	801
Германия (15.79%)	165	167	163	167	141	148	135	141	108	99
Канада (14.95%)	75	90	92	98	93	96	90	91	94	95
Южная Африка (5.07%)	13	13	11	10	11	13	13	12	14	13
Пакистан (4.74%)	2	3	2	2	3	2	3	3	5	5
Аргентина (2012 год 4.73%)	8	8	7	8	7	7	8	7	6	6
Голландия (3.82%)	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
Мексика (2.98%)	11	9	11	11	10	10	11	6	10	9
Индия (2.92%)	18	17	17	19	17	15	19	26	32	33
Бразилия (2.90%)	13	12	10	14	12	14	13	15	16	16
Китай (1.95%)	43	50	53	55	62	68	70	74	86	97
Япония (1.54%)	240	282	305	303	264	258	280	288	102	16
Иран (0.73%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Нигер	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Намибия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Малави	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Австралия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Узбекистан	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Страны-участницы ЕАЭС										
Казахстан	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Россия (16.58%)	150	145	149	156	160	163	164	170	173	178
Армения (28.76%)	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2
Белоруссия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Киргизия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59,64]										

В таблице 4 видно, что после произошедшей аварии на АЭС в Японии в марте 2011 года выработка электроэнергии атомными электростанциями в этой стране в этом же году уменьшилась на 64,69% по сравнению с 2010 годом, в 2012 уменьшение составило 94,47% по сравнению с 2010 годом. После произошедшей аварии общественность Японии настаивает на прекращении использования атомной энергетики. В вопросах строительства АЭС есть свои преимущества и недостатки. Однако, один факт очевиден, что в случае крупной аварии могут быть масштабные и долгосрочные негативные последствия.

Как показывает дальнейшее исследование, добыча урана не является ключевым фактором, определяющим наличие атомных электростанций в

стране. Казахстан занимает второе место по доказанным извлекаемым запасам урана и первое место по добыче урана в мире (рисунки 15 и 16). Однако в стране отсутствует производство электроэнергии на АЭС.

На рисунке 17 представлена зависимость объема производства электроэнергии на АЭС от количества добываемого урана в странах, представленных на рисунке 16, в 2012 году.

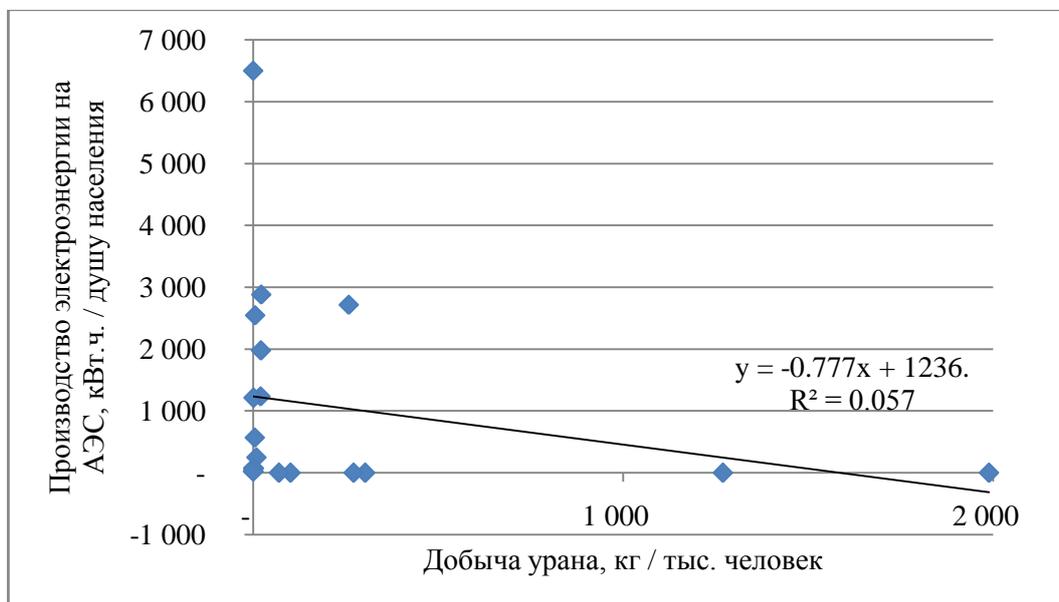


Рисунок 17 – Зависимость объема производства электроэнергии на АЭС от количества добываемого урана в странах, представленных на рисунке 16, в 2012 году

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59, 63, 64]

Как видно на рисунке 17 коэффициент детерминации составляет 5.7%, что говорит о том, что на представленной модели только 5.7% изменений в объеме производства электроэнергии на АЭС (зависимая переменная) объясняется изменением объема добычи урана (независимая переменная) в странах, представленных на рисунке 16.

В Казахстане ядерную энергетику использовали в городе Актау, где был построен первый в мире реактор на быстрых нейтронах БН-350. Энергетический пуск реактора был осуществлен 16 июля 1973 года. После двадцати пяти летней эксплуатации Правительство Казахстана приняло решение о выводе его из эксплуатации. Изначально предполагалось, что реактор будет эксплуатироваться в течение двадцати лет, и, поэтому в целях безопасности, по истечении четверти века было принято решение о его закрытии [65].

Значительное влияние на принятие решений в отношении строительства АЭС оказывают опасения населения связанные с существующими рисками.

В памяти всех людей остается авария на ЧАЭС, произошедшая в 1986 году на территории Украинской ССР. Всего в работах по ликвидации последствий учувствовало около 850 тысяч человек, многие из них заболели и умерли из-за повышенного уровня радиации. Большие земельные территории были выведены из сельскохозяйственного оборота. Закрытие самой станции также занимает длительный период времени - в 1993 году остановлен второй энергоблок, в 1996 году остановлен первый энергоблок, в 2000 году остановлен третий энергоблок, и, в этом же году ЧАЭС была остановлена. Верховная Рада Украины распорядилась о полной ликвидации станции к 2065 году [66].

В результате аварии на АЭС в Японии десятки тысяч жителей покинули зараженные территории в радиусе нескольких десятков километров. Ожидается, что полное закрытие станции займет около 40 лет. Оценивается, что сумма компенсаций и вывода из эксплуатации реакторов АЭС составит около 520-650 миллиардов долларов США [67].

Эти события в определенной мере оказывают психологическое воздействие при принятии решений относительно строительства атомных электростанций. Крупные запасы угля в Казахстане долгое время служат основным видом топлива при производстве электроэнергии. Поэтому отсутствие АЭС в стране не ощущается так критично. Однако, запасы полезных ископаемых не безграничны, а загрязнение атмосферного воздуха из-за эксплуатации ТЭС увеличивается год от года. К тому же необходимо покрывать растущий спрос на электроэнергию (рисунок 18) и решать проблему электроснабжения дефицитных регионов.



Рисунок 18 – Объем потребления электроэнергии в Казахстане с 2003 по 2012 годы, ТВт.ч.

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Как уже отмечалось, в качестве площадок для строительства АЭС в Казахстане рассматриваются район вблизи озера Балхаш и город Курчатов.

В литературе приводится следующее описание тектонического строения земной поверхности в районе озера Балхаш - «Казахстанский щит представляет собой сводово-глыбовое поднятие, разбитое новейшими разломами с образованием сложной системы блоков. Одной из значимых новейших структур является Балхаш-Ертисское сводово-глыбовое поднятие, протяженностью около 600 км» [68].

Отмечается, что «Наиболее прогнутой частью Казахского щита является Балхашская впадина. Наибольшие амплитуды погружения приурочены к ее южной части, где преднеогеновая поверхность фиксируется изокатабазами – 100 и 200 м. Прибалхашье опускается на 2 мм/год, а участок р. Или у железной дороги – на 3,8 мм/год» [68, с. 44-45].

В случае движения земной поверхности может произойти повреждение конструкции здания будущей АЭС в районе озера Балхаш. В результате чего это может привести к аварии и утечке радиоактивного вещества.

Как уже отмечалось, существует потенциальная проблема обмеления озера Балхаш по причине интенсивного потребления водных ресурсов реки Или в Китае, которая впадает в озеро Балхаш. А в случае строительства АЭС в городе Курчатов для охлаждения реакторов ожидается использовать воды реки Иртыш, которая является источником пресной воды для большого количества людей.

Другой потенциальной угрозой является наличие радиоактивных отходов, представляющих опасность для здоровья человека и окружающей среды. Большинство радиоактивных отходов появляется в результате производства электроэнергии на АЭС. Радиоактивные отходы подразделяются на низко-, средне- и высокоуровневые в зависимости от их радиоактивного содержания. Методы хранения отходов и предпринимаемые меры предосторожности зависят от продолжительности времени, в течение которого отходы остаются опасными для людей и окружающей среды. Срок хранения радиоактивных отходов может варьироваться от нескольких сотен тысяч лет до десятилетий и меньше [69].

Основной задачей при работе с радиоактивными отходами является защита людей и окружающей среды в наши дни и в будущем. Хорошее управление отходами начинается перед началом их получения. Начальной точкой отсчета для всех видов деятельности, производящих радиоактивные отходы является стремление избежать либо уменьшить количество радиоактивных отходов у источника производства [69].

Не так давно российскими учеными был представлен новый реактор «Брест-300», который использует уже отработанное топливо АЭС. Очевидно, что со временем, в случае успешного внедрения инновационной технологии, станет возможным безотходное производство на АЭС. Однако для данной технологии требуется практическая апробация, что может занять продолжительное время. При этом существует опасение, что при строительстве

АЭС, широкомасштабное внедрение технологий возобновляемой энергетики будет отложено на неопределенный срок.

К преимуществам строительства АЭС можно отнести тот факт, что атомные электростанции помогут снизить энергодефицит некоторых регионов страны и повысить объем экспортируемой электроэнергии, что становится более актуальным при создании ОЭР в рамках ЕАЭС. К тому же атомные электростанции не выделяют такого большого количества углекислого газа, как это происходит на тепловых электростанциях. Более того в Казахстане на Ульбинском металлургическом заводе производят топливо для ядерных энергетических установок.

При строительстве атомной электростанции необходимо учитывать мнение всех жителей страны, в особенности того региона, где планируется ее строительство. Так, например, в Германии добыча нетрадиционного природного газа ограничена только разведывательным бурением. Производство этого вида газа может негативно влиять на качество питьевой воды и защиту окружающей среды. Общественное мнение является ключевым фактором при принятии такого рода решений, так как от этого зависит настоящее и будущее нации [59].

Развитие возобновляемой энергетики в значительной степени снизит уровень загрязняющих веществ выбрасываемых в атмосферу в результате работы тепловых электростанций. Развитие атомной энергетики также может повлиять на снижение выбросов загрязняющих веществ и решить проблемы некоторых энергодефицитных районов страны. Однако строительство атомных электростанций сопряжено с повышенным риском, а уровень развития возобновляемых источников без учета крупных ГЭС не достиг необходимых масштабов. Решение проблем загрязнения окружающей среды и высокой энергоемкости ВВП по причине потребления большого количества ископаемого топлива должно быть нацелено на использование инновационных технологий и стремление к широкомасштабному использованию ВИЭ.

### **2.3 Анализ и оценка показателей, влияющих на инновационное развитие электроэнергетического комплекса**

Не менее важной проблемой электроэнергетического комплекса является тот факт, что большая часть электроэнергии в Республике Казахстан вырабатывается тепловыми электростанциями, использующими уголь в виде основного топлива. На рисунке 19 представлена выработка электроэнергии в разрезе потребления энергоресурсов в Республике Казахстан с 1990 по 2012 годы. Очевидно, что большая часть выработки приходится на использование угля, который при сжигании выделяет большое количество парниковых газов, включая  $\text{CO}_2$ .

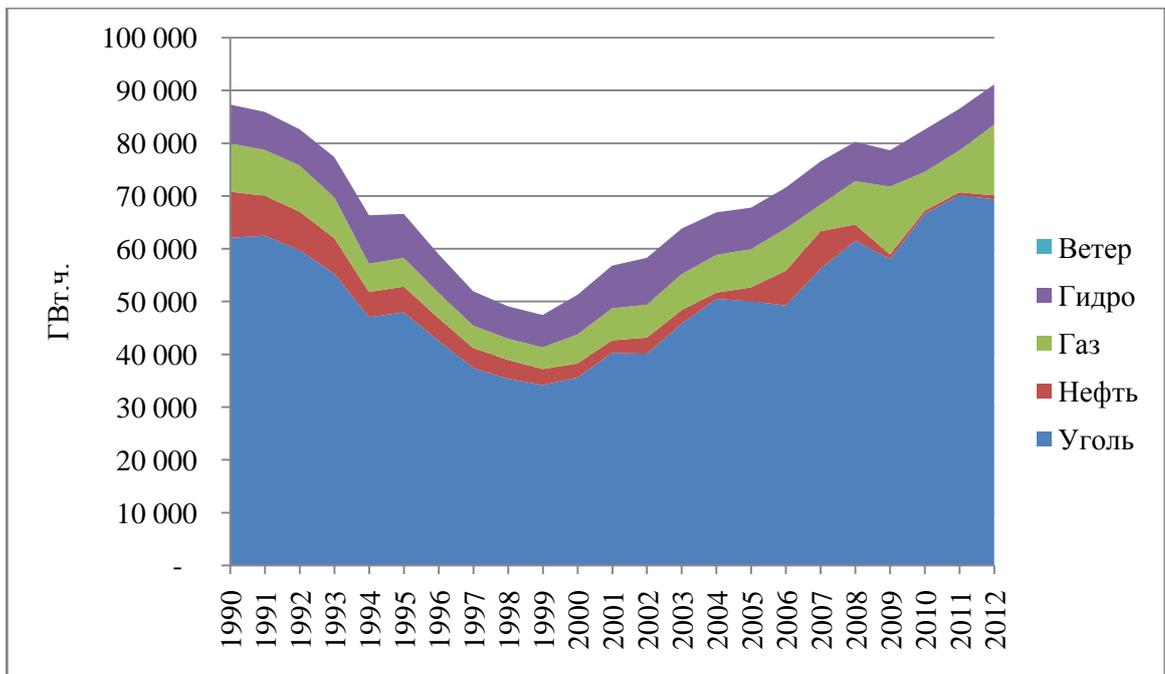


Рисунок 19 - Выработка электроэнергии в Казахстане в разрезе потребления энергоресурсов

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Согласно рисунку 19 в 2012 году доля электроэнергии, выработанная с использованием угля в качестве топлива на тепловых электростанциях, составила 76,11% от общей выработки электроэнергии за год. В 1990 году это соотношение составляло 71,12%, а в 2000 году 69,45%. Как мы можем видеть доля электроэнергии, производимая при сжигании угля, остается примерно на одном уровне в рассматриваемом периоде времени с 1990 по 2012 годы.

Потребление ископаемого топлива на тепловых электростанциях является причиной выбросов больших объемов углекислого газа в атмосферу. Так, например, в 2012 году выбросы CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии в процентном соотношении от общего количества выбросов CO<sub>2</sub> от сгорания топлива составили в Казахстане 37.65% [59]. Для сравнения, в наиболее конкурентоспособной, согласно GCI, и инновационно развитой, согласно GII, стране - Швейцарии в 2012 году этот показатель составил 7.02% [59].

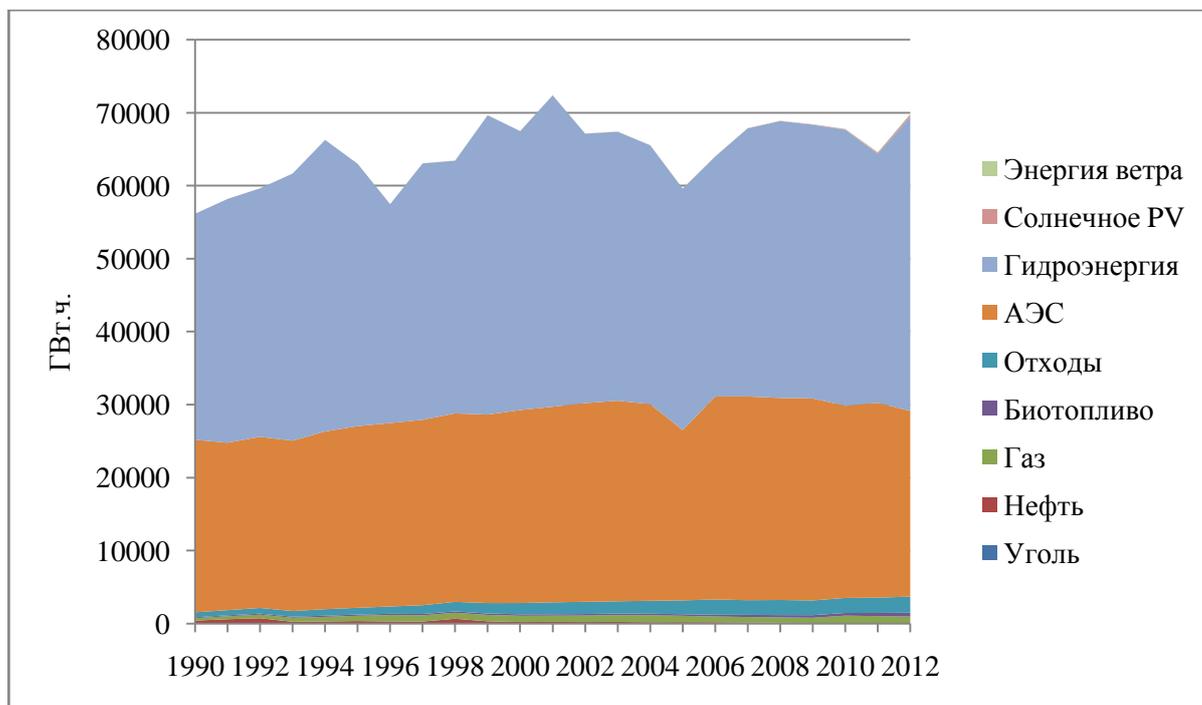


Рисунок 20 - Выработка электроэнергии в Швейцарии в разрезе потребления энергоресурсов

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Согласно рисунку 20 большая часть электроэнергии в Швейцарии вырабатывается гидроэлектростанциями. В 1990 году гидроэлектростанциями было произведено 55,15% от общего объема выработанной электроэнергии. На втором месте по объему генерации электроэнергии в Швейцарии находятся атомные электростанции - 42,07% от всей выработанной электроэнергии в 1990 году. В 2000 году выработка электроэнергии гидроэлектростанциями от общей выработки составила 56,62%, а атомными станциями 39,17%, а в 2012 году 57,69% и 36,41% соответственно. С 1990 по 2012 годы основными производителями электрической энергии в этой стране остаются гидроэлектростанции и атомные электростанции. Однако важно отметить, что в Швейцарии за этот же период времени генерация электроэнергии с использованием энергии солнца и ветра возросла с 1 ГВт.ч. в 1990 году до 408 ГВт.ч. в 2012 году. В то время как в Казахстане аналогичный показатель, согласно данным, представленным на рисунке 19, составил 0 ГВт.ч. в 1990 году и 3 ГВт.ч в 2012 году.

Согласно профессору Р. Вустенхагену - председателю отдела по менеджменту возобновляемой энергетики Университета Санкт-Галлена (University of St.Gallen), парламент Швейцарии, в связи с крупной аварией на атомной электростанции в Японии планирует прекратить эксплуатацию ядерной энергетики к 2034 году. Аналогичное постановление принято и в Германии, где планируется прекратить использование атомных электростанций к 2022 году. Предполагается, что компенсировать энергию АЭС возможно при помощи возобновляемых источников энергии, а также при помощи развития и совершенствования технологий энергосбережения [70].

В Казахстане также прилагаются усилия по повышению энергоэффективности. Программа Энергосбережение 2020, принятая в Казахстане должна в значительной мере повлиять на эффективность производства, передачи и потребления энергии и снизить энергоемкость ВВП, которая в сравнении с наиболее конкурентоспособными странами мира довольно высока (таблица 5).

В таблице 5 приводятся показатели энергоемкости ВВП согласно данным IEA. Показатель энергоемкости рассчитывается как отношение первичного энергоснабжения в тоннах нефтяного эквивалента (т.н.э.) к ВВП в тыс. долларов США (ППС 2005). Показатели энергоемкости представлены для государств-членов ЕАЭС и десяти наиболее конкурентоспособных стран мира согласно данным GCI (2012-2013).

Таблица 5 - Энергоемкость ВВП, т.н.э./тыс. долларов США (ППС 2005)

Страна	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Первая десятка наиболее конкурентоспособных стран мира согласно GCR (2012-2013)										
Швейцария	0.1	0.1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
Сингапур	0.13	0.14	0.09	0.09	0.08	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07
Финляндия	0.24	0.24	0.21	0.22	0.21	0.2	0.21	0.22	0.2	0.19
Швеция	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15
Нидерланды	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13
Германия	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11
США	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15
Великобритания	0.12	0.11	0.11	0.11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.09	0.09
Специальный административный район Гонконг	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Япония	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.11
Государства-члены ЕАЭС										
Казахстан	0.25	0.26	0.24	0.26	0.26	0.27	0.24	0.24	0.25	0.23
Россия	0.43	0.41	0.38	0.37	0.34	0.33	0.33	0.35	0.35	0.35
Белоруссия	0.34	0.31	0.29	0.28	0.25	0.23	0.21	0.21	0.21	0.21
Армения	0.18	0.17	0.18	0.16	0.16	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15
Киргизия	0.25	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	0.21	0.2	0.23	0.29
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59]										

Вероятно, что на уровень энергоёмкости ВВП может оказывать влияние наличие крупных запасов природных энергоресурсов в той или иной стране. То есть чем больше собственные запасы природных энергетических ресурсов в стране, тем больше вероятность их широкого применения в промышленности, например, использование угля, нефти и природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС.

Для примера рассмотрим структуру первичного энергоснабжения в Казахстане и сравним ее со структурой первичного энергоснабжения Швейцарии – наиболее конкурентоспособной страной согласно GCI (2012-2013). При этом согласно данным IEA, в структуру первичного энергоснабжения не включена торговля электроэнергией. На рисунке 21 и 22 соответственно представлены структуры первичного энергоснабжения в Казахстане и в Швейцарии в 2012 году.

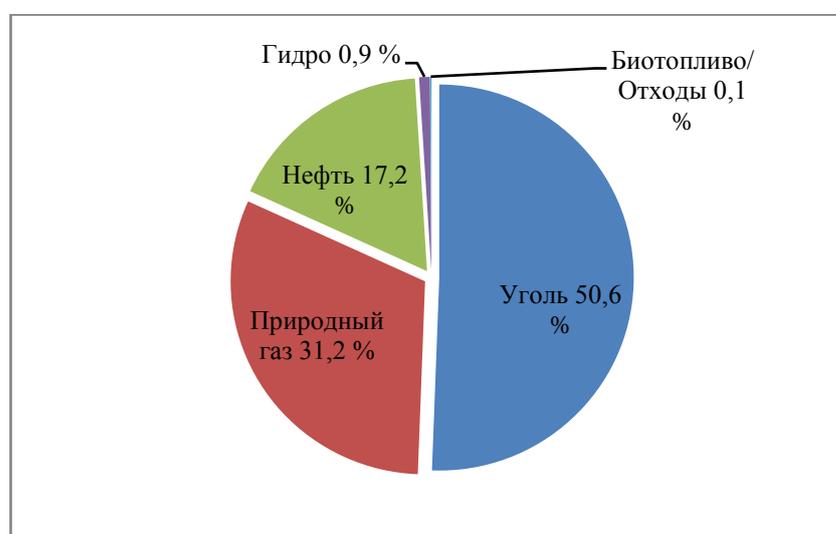


Рисунок 21 - Структура первичного энергоснабжения в Казахстане в 2012 году

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

На рисунке 21 видно, что большая часть первичного энергоснабжения в Казахстане обеспечивается за счет угля, природного газа и нефти - энергетических природных ресурсов, значительная часть которых добывается внутри страны.

Далее на рисунке 22 представлена структура первичного энергоснабжения в Швейцарии в 2012 году.

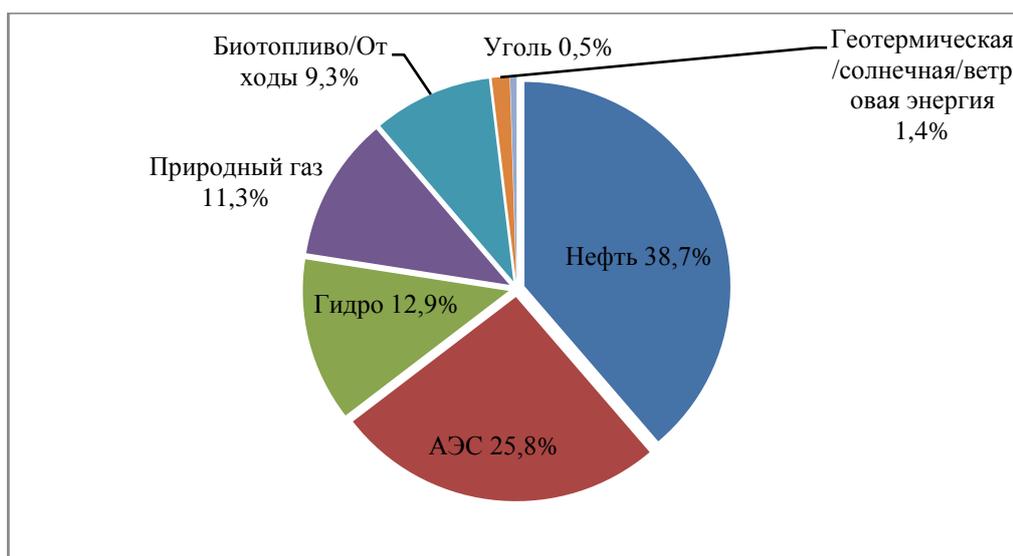


Рисунок 22 - Структура первичного энергоснабжения в Швейцарии в 2012 году

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

На рисунке 22 видно, что в Швейцарии первичное энергоснабжение в стране более диверсифицировано и обеспечивается при помощи импортированной нефти, использовании энергии атомных электростанций, гидроэлектростанций и импортированного природного газа. Большая часть первичного энергоснабжения в Швейцарии обеспечивается за счет использования энергии биотоплива и отходов, за счет геотермической, солнечной и ветровой энергии, то есть при помощи возобновляемых источников энергии. В таблице 6 приводятся данные относительно добываемых, импортированных и экспортированных энергетических ресурсов в Казахстане и Швейцарии в 2012 году.

Таблица 6 – Баланс энергоресурсов в Казахстане и Швейцарии в 2012 году, тыс. т.н.э.

	Добыча энергетических ресурсов/ Производство энергии		Импорт		Экспорт	
	Казахстан	Швейцария	Казахстан	Швейцария	Казахстан	Швейцария
Уголь	52 763	0	645	134	-14 292	0
Сырая нефть	82 608	0	6 030	3 564	-71 217	0
Природный газ	28 550	0	3 647	2 926	-8 993	0

Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59]

Анализируя данные на рисунках 21 и 22 – структура первичного энергоснабжения в Казахстане и Швейцарии и данные в таблице 6 – баланс энергоресурсов, мы видим, что Казахстан вполне может обеспечить себя достаточным количеством энергетических ресурсов, добываемых в пределах страны. Более того значительная часть этих энергоресурсов идет на экспорт. Ситуация в Швейцарии с наличием собственных энергетических ресурсов кардинально противоположная. Согласно таблице 6 в 2012 году объем добычи таких природных ископаемых как уголь, природный газ и нефть в Швейцарии равняется нулю, а поступают эти ресурсы в страну за счет импорта. Такое положение дел с использованием природных ресурсов в странах как Швейцария может объясняться тем, что происходит сбережение собственных полезных ископаемых либо их фактические запасы очень малы, либо вовсе отсутствуют. Как результат, отсутствие или же береженое потребление собственных запасов энергоресурсов способствует диверсификации производственных электроэнергетических мощностей и более прогрессивному развитию инновационных технологий.

В таблице 7 представлена первая двадцатка стран с наибольшими запасами нефти, угля и природного газа согласно U.S. Energy Information Administration.

Таблица 7 – Первые двадцать стран с наибольшими запасами нефти, угля и природного газа

№ п/п	Страна	Доказанные запасы сырой нефти, млрд. баррелей	Страна	Извлекаемый уголь, коротких тонн	Страна	Доказанные запасы природного газа, триллионов кубических футов
1	2	3	4	5	6	7
1	Венесуэла	297,74	США	258619	Россия	1688
2	Саудовская Аравия	268,35	Россия	173073,9	Иран	1193
3	Канада	173,2	Китай	126214,7	Катар	885,29
4	Иран	157,3	Австралия	84216,59	США	338,26
5	Ирак	140,3	Индия	66800,07	Саудовская Аравия	290,81
6	Кувейт	104	Германия	44696,52	Туркменистан	265
7	ОАЭ	97,8	Украина	37338,59	ОАЭ	215,04
8	Россия	80	Казахстан	37037,66	Венесуэла	196,41
9	Ливия	48,47	Южная Африка	33241,3	Нигерия	180,74
10	Нигерия	37,14	Индонезия	30883,46	Алжир	159,1
11	США	36,52	Сербия	14783,1	Китай	155,38

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7
12	Казахстан	30	Турция	9592,31	Ирак	111,52
13	Катар	25,24	Колумбия	7436,19	Индонезия	104,71
14	Китай	24,38	Бразилия	7308,32	Мозамбик	100
15	Бразилия	15,05	Канада	7255,41	Казахстан	85
16	Алжир	12,2	Польша	6024,13	Малайзия	83
17	Мексика	10,07	Греция	3328,98	Египет	77,2
18	Ангола	9,06	Босния и Герцеговина	3144,89	Норвегия	73,81
19	Эквадор	8,24	Монголия	2777,83	Канада	66,72
20	Азербайджан	7	Болгария	2608,07	Узбекистан	65

Примечание – 1) Составлено автором на основе данных источника [64]; 2) Короткая тонна = 907.184740 кг [59]

Из таблицы 7 сформируем общий список стран обладающих, по меньшей мере, одним из трех перечисленных полезных ископаемых и входящих в первые двадцать стран по объему их запасов. Для каждой страны в таблице 7 представим такие показатели как ВВП, измеряемый в тыс. долларов США (ППС 2005) на душу населения в 2012 году, первичное энергоснабжение, измеряемое в т.н.э. в расчете на душу населения в 2012 году и энергоемкость ВВП, рассчитанную как отношение первичного энергоснабжения к ВВП и запишем их в таблице 8.

Таблица 8 – ВВП, первичное энергоснабжение, энергоемкость ВВП стран с наибольшими запасами природных ресурсов (сырая нефть, уголь, природный газ)

№ п/п	Страна	ВВП, тыс. долларов США (ППС 2005) на душу населения в 2012 году	Первичное энергоснабжение, т.н.э. на душу населения в 2012 году	Энергоемкость ВВП, т.н.э./тыс. долларов США (ППС 2005) в 2012 году
1	2	3	4	5
1.	Австралия	37,72	5,55	0,15
2.	Азербайджан	14,16	1,47	0,10
3.	Алжир	11,39	1,20	0,11
4.	Ангола	6,55	0,69	0,11
5.	Болгария	12,17	2,51	0,21
6.	Босния и Герцеговина	7,36	1,74	0,24
7.	Бразилия	12,75	1,42	0,11

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
8.	Венесуэла	15,72	2,55	0,16
9.	Германия	34,81	3,82	0,11
10.	Греция	21,14	2,39	0,11
11.	Египет	9,52	0,97	0,10
12.	Индия	4,50	0,64	0,14
13.	Индонезия	7,89	0,87	0,11
14.	Ирак	12,95	1,38	0,11
15.	Иран	13,78	2,87	0,21
16.	Казахстан	19,17	4,46	0,23
17.	Канада	37,02	7,20	0,19
18.	Катар	120,59	18,49	0,15
19.	Китай	9,60	2,14	0,22
20.	Колумбия	10,42	0,66	0,06
21.	Кувейт	75,06	10,65	0,14
22.	Ливия	11,00	2,79	0,25
23.	Малайзия	19,52	2,78	0,14
24.	Мексика	13,42	1,61	0,12
25.	Мозамбик	0,87	0,41	0,47
26.	Монголия	7,38	1,41	0,19
27.	Нигерия	4,85	0,79	0,16
28.	Норвегия	47,50	5,82	0,12
29.	ОАЭ	50,83	7,33	0,14
30.	Польша	18,31	2,54	0,14
31.	Россия	15,18	5,27	0,35
32.	Саудовская Аравия	45,27	7,08	0,16
33.	Сербия	9,69	2,00	0,21
34.	США	45,28	6,81	0,15
35.	Туркменистан	11,11	4,94	0,44
36.	Турция	13,56	1,56	0,12
37.	Узбекистан	4,19	1,62	0,39
38.	Украина	7,43	2,69	0,36
39.	Эквадор	8,83	0,93	0,11
40.	Южная Африка	10,69	2,68	0,25
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59]				

На рисунке 23 приводится зависимость ВВП в тыс. долларов США (ППС 2005) на душу населения в 2012 году от первичного энергоснабжения в т.н.э. на душу населения в 2012 году в первой двадцатке стран по запасам полезных ископаемых (сырая нефть, уголь, природный газ). Всего получается сорок стран

(представлены в таблице 8 в алфавитном порядке), которые обладают одним или несколькими видами природных ресурсов (сырая нефть, уголь, природный газ) и входят в первую двадцатку по их запасам.

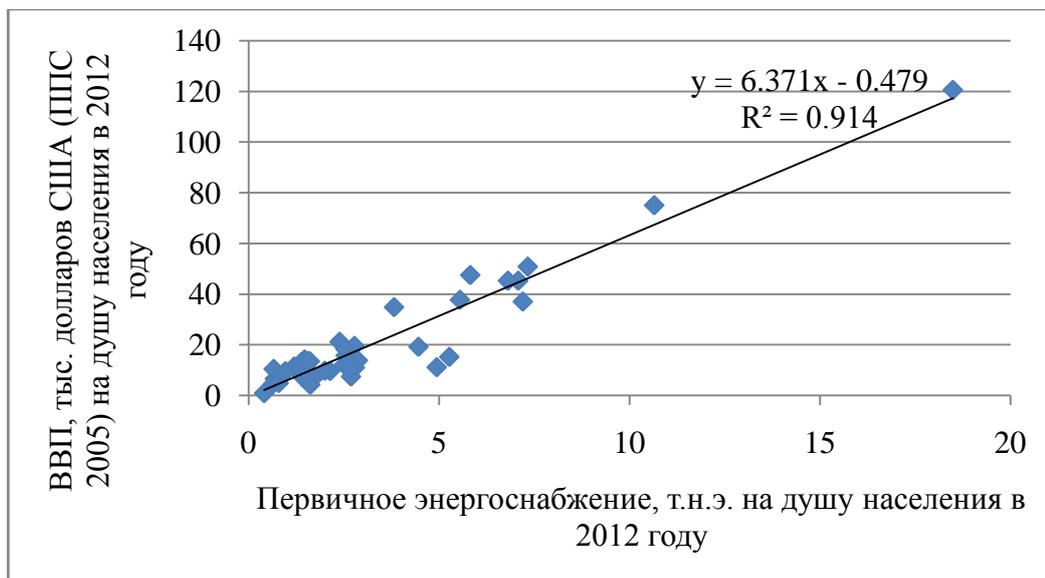


Рисунок 23 – Зависимость ВВП от первичного энергоснабжения стран, входящих в первую двадцатку по запасам полезных ископаемых (сырая нефть, уголь, природный газ)

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Как видно на рисунке 23 коэффициент детерминации для показателей ВВП на душу населения и первичного энергоснабжения на душу населения составляет 91,4%, что говорит о том, что 91,4% изменения зависимой переменной (ВВП) объясняется изменением независимой переменной (первичное энергоснабжение).

Выполним аналогичный анализ для сорока наиболее инновационно развитых стран согласно данным отчета о глобальном инновационном индексе в 2012 году, и посмотрим, каким образом ВВП зависит от первичного энергоснабжения в этих странах. В таблице 9 для каждой из сорока стран представлены данные о ВВП (тыс. долларов США ППС 2005 на душу населения в 2012 году), первичное энергоснабжение (т.н.э. на душу населения в 2012 году) и энергоемкость ВВП, рассчитанную как отношение первичного энергоснабжения к ВВП.

Таблица 9 – ВВП, первичное энергоснабжение и энергоёмкость ВВП сорока наиболее инновационно развитых стран согласно ГИ в 2012 году

№ п/п	Страна	ВВП, тыс. долларов США (ППС 2005) на душу населения в 2012 году	Первичное энергоснабжение, т.н.э. на душу населения в 2012 году	Энергоёмкость ВВП, т.н.э./тыс. долларов США (ППС 2005) в 2012 году
1	2	3	4	5
1	Швейцария	39,63	3,23	0,08
2	Швеция	34,92	5,27	0,15
3	Сингапур	63,74	4,72	0,07
4	Финляндия	31,61	6,15	0,19
5	Великобритания	32,47	3,02	0,09
6	Нидерланды	36,48	4,69	0,13
7	Дания	32,30	3,10	0,10
8	Гонконг	44,80	2,05	0,05
9	Ирландия	36,08	2,89	0,08
10	США	45,28	6,81	0,15
11	Люксембург	65,92	7,69	0,12
12	Канада	37,02	7,20	0,19
13	Новая Зеландия	26,21	4,27	0,16
14	Норвегия	47,50	5,82	0,12
15	Германия	34,81	3,82	0,11
16	Мальта	23,12	1,60	0,07
17	Израиль	29,00	3,07	0,11
18	Исландия	33,91	17,74	0,52
19	Эстония	18,92	4,12	0,22
20	Бельгия	32,91	5,06	0,15
21	Южная Корея	27,99	5,27	0,19
22	Австрия	36,34	3,93	0,11
23	Австралия	37,72	5,55	0,15
24	Франция	29,94	3,86	0,13
25	Япония	31,31	3,55	0,11
26	Словения	24,41	3,40	0,14
27	Чехия	23,83	4,06	0,17
28	Кипр	23,81	2,58	0,11
29	Испания	26,43	2,71	0,10
30	Латвия	15,79	2,17	0,14
31	Венгрия	17,04	2,37	0,14
32	Малайзия	19,52	2,78	0,14
33	Катар	120,6	18,49	0,15
34	Китай	9,60	2,14	0,22

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
35	Португалия	20,93	2,02	0,10
36	Италия	26,35	2,61	0,10
37	ОАЭ	50,83	7,33	0,14
38	Литва	18,77	2,47	0,13
39	Чили	15,9	2,14	0,13
40	Словакия	21,22	3,08	0,15
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [71, 59]				

Также как и в предыдущем случае оценим, насколько изменение ВВП может объясняться изменением первичного энергоснабжения в сорока наиболее инновационно развитых странах в 2012 году, и представим полученные результаты на рисунке 24.

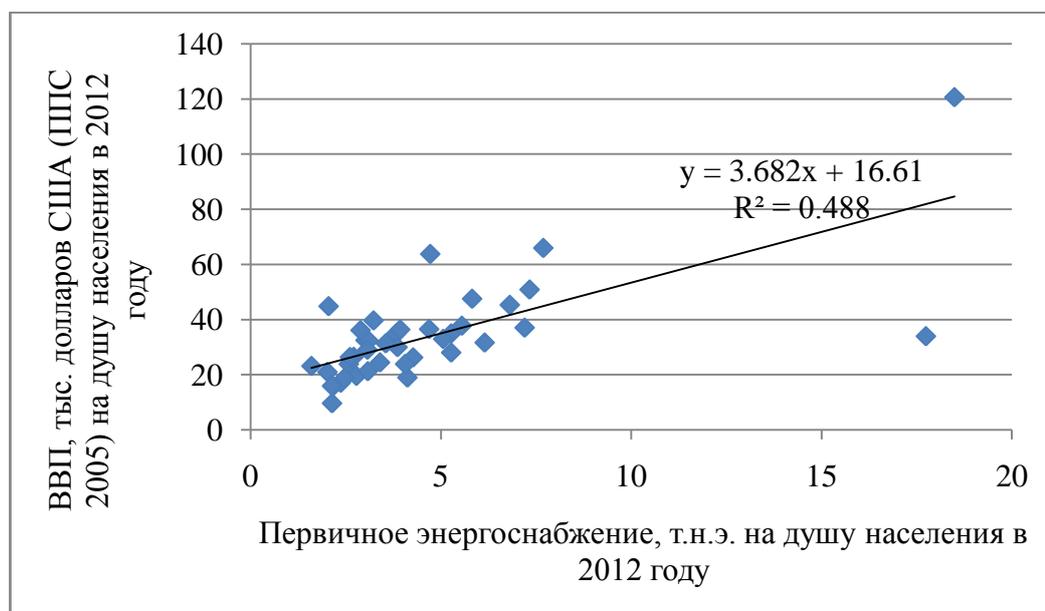


Рисунок 24 – Зависимость ВВП от первичного энергоснабжения сорока наиболее инновационно развитых стран мира

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Как видно на рисунке 24 величина коэффициента детерминации  $R^2$  значительно меньше, чем в предыдущем случае на рисунке 23. Для сорока наиболее инновационно развитых стран коэффициент детерминации  $R^2$  в отношении зависимости ВВП от первичного энергоснабжения составляет 48,8%. С каждой единицей первичного энергоснабжения (т.н.э. на душу населения) величина ВВП увеличивается на 3,682 тыс. долларов США (ППС

2005) на душу населения. В то время как для стран с богатыми природными ресурсами коэффициент детерминации  $R^2$  составляет 91,4%, а увеличение ВВП с каждой единицей увеличения первичного энергоснабжения (т.н.э. на душу населения) составляет 6,371 тыс. долларов США (ППС 2005) на душу населения. Страны с большими запасами природных ресурсов в большей степени от них зависят, и, вероятно больше полагаются именно на их наличие в своем экономическом развитии нежели, например, на развитие и внедрение инновационной составляющей ВВП, такой, как например, возобновляемые источники энергии.

Далее, продолжая исследование, совместим список стран, представленных в таблице 8 и в таблице 9, и посмотрим какое количество, и какие именно страны являются наиболее инновационно развитыми и в то же время входят в первую двадцатку стран с наибольшими запасами одного или нескольких природных ресурсов. Как мы можем видеть к таким странам относятся Австралия, Германия, Канада, Катар, Китай, Малайзия, Норвегия, ОАЭ и США – всего девять стран.

Проанализируем, каким образом изменится зависимость ВВП от первичного энергоснабжения сорока наиболее инновационно развитых стран, если исключить из их списка страны входящие в то же время в первую двадцатку по запасам полезных ископаемых, то есть Австралию, Германию, Канаду, Катар, Китай, Малайзию, Норвегию, ОАЭ и США.

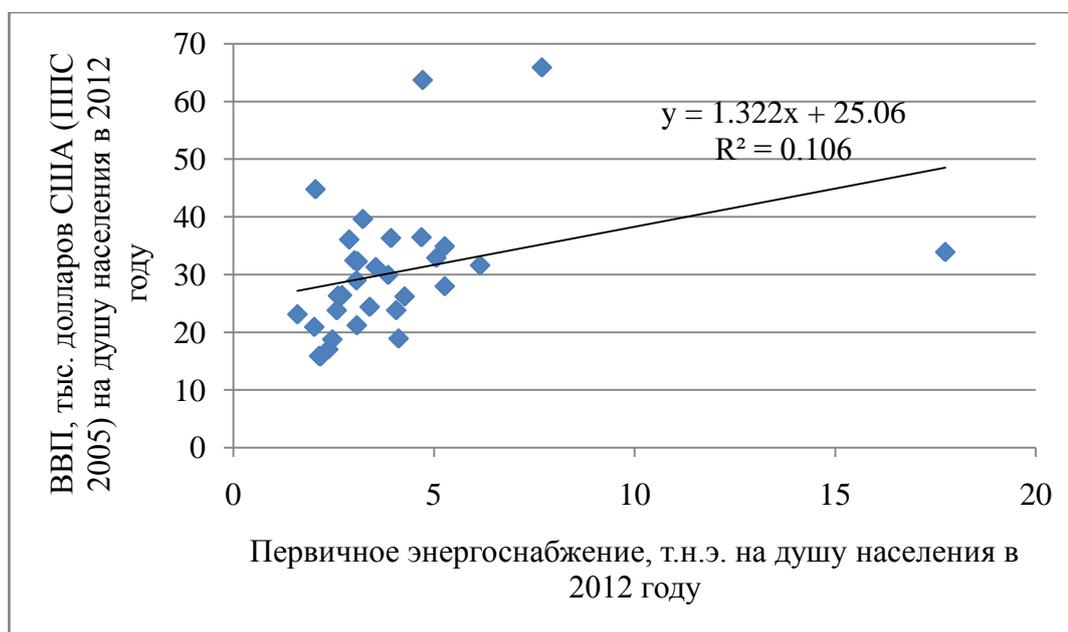


Рисунок 25 – Зависимость ВВП от первичного энергоснабжения сорока наиболее инновационно развитых стран мира за исключением Австралии, Германии, Канады, Катара, Китая, Малайзии, Норвегии, ОАЭ и США

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Согласно рисунку 25, зависимость ВВП от первичного энергоснабжения значительно уменьшилась и  $R^2$  составляет 10,6% в сравнении с 48,8% до исключения указанных девяти стран. Получается, что на каждую единицу увеличения первичного энергоснабжения в т.н.э. ВВП возрастает только на 1,322 тыс. долларов США ППС 2005 в сравнении с предыдущим вариантом, где аналогичный показатель составлял 3,682 тыс. долларов США ППС 2005. На основе полученных данных мы можем предположить, что существует зависимость между уровнем инновационного развития стран и наличием в этих странах запасов полезных ископаемых. В данном случае, на примере рассматриваемых стран, мы можем видеть, что страны с большими запасами природных ископаемых менее инновационно развиты в сравнении со странами, где запасы полезных ископаемых отсутствуют или их наличие незначительно.

«Модель индустриально-инновационного развития национальной экономики» - «...важнейшей предпосылкой модернизации национальной экономики выступает возможность использования доходов от эксплуатации значительных запасов полезных ископаемых... именно наличие таких запасов сырья усиливает инерционность экономических преобразований, не стимулирует крупные национальные компании к массовому использованию инноваций для решения проблемы выживаемости» [72].

В частности, отсутствие инновационных технологий при производстве электроэнергии приводит к продолжительному использованию в Казахстане традиционных методов генерации электрической энергии с использованием ископаемого топлива, при сжигании которого выделяется большое количество углекислого газа (таблица 10).

Таблица 10 – Выбросы CO<sub>2</sub> в Республике Казахстан – основные показатели

Год	Общее количество выбросов CO <sub>2</sub> от сгорания топлива, млн. тонн	Выбросы CO <sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии, млн. тонн	Выбросы CO <sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии, тонн CO <sub>2</sub> на душу населения	Выбросы CO <sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии в отношении к ВВП, тонн/ тысячу долларов США ППС 2005
2003	135,1	76,1	5,1	0,43
2004	145,7	76,8	5,1	0,40
2005	157,1	76,6	5,1	0,36
2006	173,1	92,6	6,1	0,40
2007	187,1	88,7	5,7	0,35
2008	226,4	83,6	5,3	0,32
2009	199,2	89,9	5,6	0,34
2010	217,4	74,9	4,6	0,26
2011	230,9	78,8	4,8	0,26
2012	225,8	85,0	5,1	0,26
Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59]				

Далее на рисунке 26 представлена зависимость между показателями выбросов CO<sub>2</sub> от производства электрической и тепловой энергии (тонн CO<sub>2</sub> тонн на душу населения) и внутренними затратами на исследования и разработки (тыс. тенге на душу населения). Экология является острым вопросом, требующим безотлагательного решения. Как можно видеть на рисунке 19 большая часть электроэнергии в Казахстане вырабатывается за счет сжигания угля, в результате чего в атмосферу выбрасывается большое количество парниковых газов, включая CO<sub>2</sub>. Предполагается, что затраты на исследования и разработки должны оказывать положительное эффект и снижать уровень выбросов CO<sub>2</sub>. Однако, как можно видеть на рисунке 26 это не совсем так.

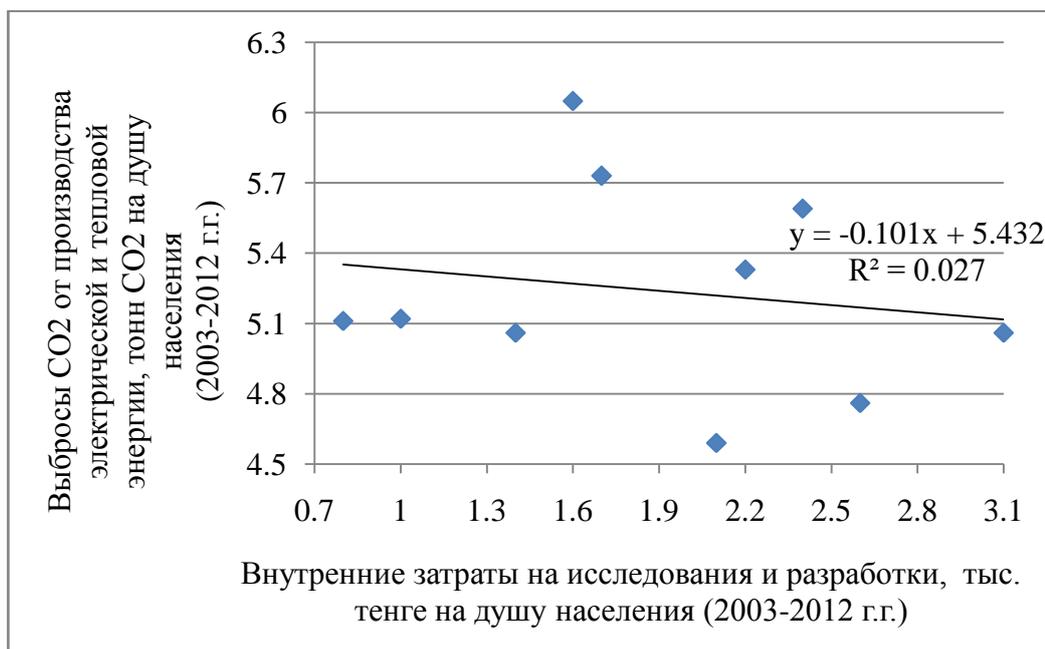


Рисунок 26 – Зависимость между показателями выбросов CO<sub>2</sub> от производства электрической и тепловой энергии и внутренними затратами на исследования и разработки

Примечание – Построено автором на основе данных источника [51, 59]

На рисунке 26 видно, что коэффициент детерминации очень низкий и составляет 2,7%. То есть только 2,7% изменений в объеме выбросов CO<sub>2</sub> объясняется за счет изменения показателей внутренних затрат на исследования и разработки. Это может свидетельствовать о том, что затраты были направлены на другие исследования не связанные с деятельностью по уменьшению выбросов CO<sub>2</sub>, или эти затраты были неэффективны.

Проблема загрязнения окружающей среды от электроэнергетического комплекса актуальна не только в Казахстане. С этой проблемой сталкиваются и другие страны, в частности, страны-участницы ЕАЭС. Для сравнения на

рисунке 27 представлена диаграмма демонстрирующая количество выбросов CO<sub>2</sub> на душу населения в Казахстане, России, Белоруссии, Киргизии и Армении.



Рисунок 27 – Количество выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии на душу населения в Казахстане, России, Белоруссии, Киргизии и Армении

Примечание – Разработано автором на основе данных источника [59]

На рисунке 27 видно, что наибольший показатель выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии на душу населения отмечается в России - 6,49 тонн CO<sub>2</sub> в 2012 году (6,57 тонн CO<sub>2</sub> в 2011 году) и в Казахстане – 5,06 CO<sub>2</sub> в 2012 году (4,76 тонн CO<sub>2</sub> в 2011 году), увеличение выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии на душу населения в период с 2011 по 2012 год в Казахстане составляет 6%.

При создании общего электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС проблема загрязнения окружающей среды должна быть одной из первоочередных задач в процессе совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса. Необходимо время на переход к широкомасштабному использованию возобновляемых источников энергии, которые смогли бы в значительной степени снизить уровень выбросов загрязняющих веществ в работе электроэнергетического комплекса. Для того чтобы снизить уровень выбросов углекислого газа как можно скорее одновременно с развитием ВИЭ необходимо применять инновационные технологии на существующих ТЭС, с тем, чтобы сделать негативное влияние на экологию минимальным.

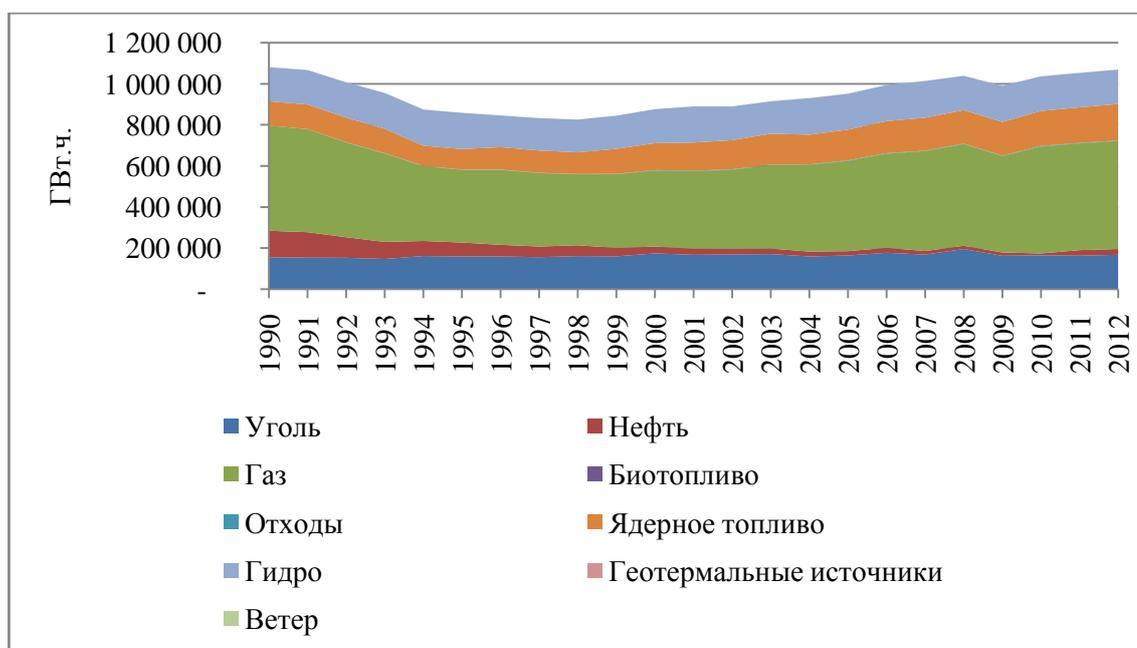


Рисунок 28 – Производство электроэнергии в разрезе энергоисточников в России с 1990 по 2012 годы

Примечание – Разработано автором на основе данных источника [59]

Россия находится на первом месте по запасам природного газа в мире (таблица 7). На рисунке 28 видно, что большая часть электроэнергии в России производится тепловыми электростанциями, где основным источником энергии является природный газ. Производство электроэнергии из ВИЭ незначительно, и, при этом, в России наблюдается наибольший объем выбросов CO<sub>2</sub> на душу населения из всех стран-участниц ЕАЭС (рисунок 27). Очевидно, что если тенденция производства большей части электроэнергии в России на ТЭС сохранится (рисунок 28), то это может значительно затруднить развитие «зеленой» экономики при создании общего электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС.

При создании общего электроэнергетического рынка необходимо учитывать существующий потенциал генерирующих мощностей с тем, чтобы реально оценивать возможности развития низко углеродной инновационной энергетики. Далее в диссертационной работе рассматриваются факторы, в значительной степени, влияющие на количество выбросов углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Республике Казахстан. А также, производится прогноз производства электроэнергии из доминирующих источников энергии в странах-участницах ЕАЭС в контексте инновационного развития и следования принципам «зеленой» экономики.

### **3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КОНТЕКСТЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

#### **3.1 Использование метода декаплинга и декомпозиционного анализа при определении уровня выбросов углекислого газа**

Электроэнергетический комплекс в Казахстане представляет собой наибольший источник выбросов углекислого газа. Поэтому необходимо определить факторы, влияющие на изменение выбросов  $\text{CO}_2$  в электроэнергетике с целью уменьшения их негативного влияния на окружающую среду.

В данной работе используется Метод декаплинга (Decoupling Method) для оценки взаимосвязей между энергопотреблением и количеством выбросов  $\text{CO}_2$  при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС. Оценка основных факторов, влияющих на уровень выбросов углекислого газа на ТЭС, производится при помощи Метода декомпозиции индексов (Divisia Index Decomposition). В частности, анализируются изменения коэффициента выбросов, удельного расхода тепла, производства электроэнергии (органическое топливо), электроемкости ВВП и экономического роста [73].

Электроэнергия является основой развития экономической системы страны. Практически любой вид деятельности нуждается в наличии электрической энергии, которая в том или ином виде используется на большинстве этапов производственных процессов различных предприятий. Значительным недостатком при производстве электроэнергии является большое количество углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу. Так как большая часть электроэнергии в Казахстане вырабатывается с помощью ТЭС, работающих на угле, выбросы  $\text{CO}_2$  от выработки электрической и тепловой энергии составляют существенную долю от общего количества вырабатываемого углекислого газа в стране. В 2012 году выбросы  $\text{CO}_2$  от производства электрической и тепловой энергии от общего количества выбросов  $\text{CO}_2$  составили 37,7%, собственные нужды энергетической промышленности 17,6%, обрабатывающая промышленность и строительство 27,6%, транспорт 6,4%, прочие сектора 10,7% [59].

В 2012 году 76,11% электроэнергии вырабатывалось при сжигании угля, 14,70% с помощью газа, 8,37% от общей выработки электроэнергии были произведены гидроэлектростанциями, 0,81% с использованием нефти и 0,003% было произведено с помощью энергии ветра [59]. Большая зависимость электроэнергетического комплекса от угля приводит к быстрому истощению его запасов и повышенному уровню загрязнения окружающей среды. Для исправления сложившейся ситуации и более эффективной работы в сфере энергетики в Казахстане было принято несколько постановлений. В частности принята Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике, Программа Энергосбережение – 2020, Закон РК О поддержке использования

возобновляемых источников энергии и Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Несмотря на предпринимаемые усилия, электроэнергетический комплекс по-прежнему является самым крупным источником выбросов углекислого газа в атмосферу, поэтому требуется проведение дальнейших исследований по выявлению факторов, наиболее влияющих на уровень выбросов CO<sub>2</sub> и поиску решений по уменьшению их негативного влияния на экологическую обстановку в стране.

В последнее время исследования в области энергетики были обращены на изучение взаимосвязи между экономической активностью и выбросами CO<sub>2</sub>. Lin S.J., Liu C.H. и Lewis C. определяли связь между экономической активностью и выбросами CO<sub>2</sub> в сфере электроэнергетики Тайваня, используя при этом анализ входящих – исходящих величин. Исследователи адаптировали метод оценки жизненного цикла на основе входящих – исходящих величин для исследования влияния электроэнергетики на окружающую среду в Тайване с 2001 по 2006 годы. Gao J., Wang J. и Zhao J. при помощи Метода декаплинга проанализировали потребление энергии транспортом и промышленностью Китая с 1985 по 2009 годы. Wang W., Liu R., Zhang M. и Li H. применили метод LMDI при анализе производства электроэнергии в Китае в период с 1991 по 2009 годы. Исследователи пришли к заключению, что экономическая активность оказывает наибольшее влияние на увеличение объема выбросов углекислого газа по сравнению с другими факторами [73, p. 1930].

При этом Метод декаплинга является недостаточным для определения взаимосвязи между влиянием на окружающую среду и экономической активностью. В то время как Метод декомпозиции индексов применяется как инструмент для исследования механизмов, влияющих на потребление энергии и уровень загрязнения окружающей среды. Вследствие чего комбинирование этих двух методов является приемлемым подходом при определении взаимосвязи между экономическим ростом и выбросами CO<sub>2</sub> в электроэнергетическом комплексе и для определения ключевых факторов, влияющих на изменение уровня выбросов CO<sub>2</sub> [73, p. 1930].

При проведении исследования мы стремимся получить лучшее понимание того как функционировали тепловые электростанции в Казахстане в период с 2003 по 2012 годы и проанализировать каким образом происходит взаимодействие между энергопотреблением, выбросами CO<sub>2</sub> и уровнем экономической активности.

Самым простым методом для получения тренда энергопотребления и выбросов CO<sub>2</sub> в отношении изменения экономической активности различных периодов времени является использование Метода декаплинга. В то же время Метод декомпозиции индексов может использоваться как инструмент при оценке взаимосвязи между факторами, оказывающими влияние на окружающую среду и уровнем экономического развития. Между тем, Метод декомпозиции индексов полезен не только для определения факторов, приводящих к изменениям уровня выбросов CO<sub>2</sub>, но также и для определения

соответствующих мер по снижению энергопотребления и снижению выбросов CO<sub>2</sub> [73, p. 1931].

При проведении расчетов по Методу декаплинга использовались уравнения 11, 12 [73, p. 1931].

Разбивая на отдельные компоненты связи между экономическим ростом и использованием ресурсов, Метод декаплинга позволяет удостовериться, что потребление ресурсов и соответствующий от этого эффект не превышает нормы воздействия на окружающую среду. В данном исследовании используется декаплинг индекс - уравнение 11, определенный OECD в 2002 году:

$$\text{Decoupling index} = \left(\frac{EP}{DF}\right) T / \left(\frac{EP}{DF}\right) T_0, \quad (11)$$

где EP – воздействие на окружающую среду, DF – побудительная причина, T – окончание временного периода, T<sub>0</sub> – начало временного периода [73, p. 1931].

В случае если декаплинг индекс меньше единицы, это означает что происходит разделение между рассматриваемыми величинами. Однако, в данном случае невозможно определить было ли разделение абсолютным или относительным.

Абсолютный декаплинг происходит, когда величины природного характера, например, выбросы CO<sub>2</sub> или энергопотребление остаются неизменными или же уменьшаются, в то время как экономические величины, например ВВП – увеличиваются. Декаплинг является относительным, если наблюдается положительный рост величин природного характера, но при этом этот рост меньше чем рост экономических величин [74].

Далее, если Декаплинг фактор равняется нулю или является отрицательным (уравнение 12), то рост потребления природного ресурса происходит быстрее, чем экономический рост. При положительном значении Декаплинг фактора рост экономического показателя увеличивается быстрее, чем рост показателя величины природного характера [73, p. 1931].

$$\text{Decoupling Factor} = 1 - \text{Decoupling index} \quad (12)$$

При использовании Метода декомпозиции индексов рассматриваются пять факторов, которые оказывают влияние на изменение объемов выбросов углекислого газа: коэффициент выбросов, удельный расход тепла, производство электроэнергии (органическое топливо), электроемкость ВВП и экономический рост. Далее, изменения в выбросах CO<sub>2</sub> делятся на три временных периода: 2003-2006, 2006-2010 и 2010-2012. Выбросы углекислого газа при выработке электроэнергии могут быть выражены следующим образом [73, p. 1931]:

$$Q_t = \left(\frac{Q_t}{F_t}\right) * \left(\frac{F_t}{EG_f}\right) * \left(\frac{EG_f}{EG_t}\right) * \left(\frac{EG_t}{G_t}\right) * G_t, \quad (13)$$

где  $Q_t$  – выбросы  $CO_2$  при производстве электрической и тепловой энергии в Казахстане в году  $t$  (млн. тонн),

$F_t$  – количество органического топлива использованного при производстве электрической и тепловой энергии в году  $t$  (тыс. т.н.э.),

$EG_f$  – производство электрической и тепловой энергии на ТЭС с использованием органического топлива в году  $t$  (ГВт.ч),

$EG_t$  – общее производство электроэнергии в году  $t$  (ГВт.ч),

$G_t$  - ВВП (ППС млрд. долларов США 2005) [73, p. 1931].

Уравнение (13) может быть представлено в следующей форме:

$$Q_t = C_{Ft} * H_t * F_{It} * E_{It} * G_t \quad (14)$$

где

$C_{Ft} = \frac{Q_t}{F_t}$  – коэффициент выбросов от использования органического топлива при производстве электрической и тепловой энергии в году  $t$ ,

$H_t = \frac{F_t}{EG_f}$  – удельный расход тепла при производстве электрической и тепловой энергии в году  $t$ ,

$F_{It} = \frac{EG_f}{EG_t}$  – отношение произведенной электроэнергии с использованием органического топлива к общему объему произведенной электроэнергии в году  $t$ ,

$E_{It} = \frac{EG_t}{G_t}$  – электроемкость ВВП (ППС млрд. долларов США 2005) в году  $t$  [73, p. 1931].

Далее, декомпозиция выбросов  $CO_2$ , представленная в уравнении (14) может быть преобразована в виде декомпозиции каждого компонента в отдельности. Записывая уравнение (14) в дифференциальном виде по отношению ко времени  $t$ , получаем [73, p. 1931]:

$$\frac{dQ_t}{dt} = \frac{dC_{Ft}}{C_{Ft}} * \frac{Q_t}{dt} + \frac{dH_t}{H_t} * \frac{Q_t}{dt} + \frac{dF_{It}}{F_{It}} * \frac{Q_t}{dt} + \frac{dE_{It}}{E_{It}} * \frac{Q_t}{dt} + \frac{dG_t}{G_t} * \frac{Q_t}{dt} \quad (15)$$

Интегрируя обе части уравнения (15) за временной период с года 0 до года  $t$ , получаем [73, p. 1932]:

$$\Delta Q_t = \int_0^t d\ln(C_{Ft}) * Q_t + \int_0^t d\ln(H_t) * Q_t + \int_0^t d\ln(F_{It}) * Q_t + \int_0^t d\ln(E_{It}) * Q_t + \int_0^t d\ln(G_t) * Q_t \quad (16)$$

Интеграл в уравнении (16) может быть измерен средней величиной начальных и конечных значений в течение небольшого промежутка времени, так как данные в исследовании являются дискретными [73, p. 1932]:

$$\Delta Q_t = \ln\left(\frac{CF_t}{CF_0}\right) * \frac{Q_t+Q_0}{2} + \ln\left(\frac{H_t}{H_0}\right) * \frac{Q_t+Q_0}{2} + \ln\left(\frac{FI_t}{FI_0}\right) * \frac{Q_t+Q_0}{2} + \\ + \ln\left(\frac{EI_t}{EI_0}\right) * \frac{Q_t+Q_0}{2} + \ln\left(\frac{G_t}{G_0}\right) * \frac{Q_t+Q_0}{2} \quad (17)$$

$$\Delta Q_t = DCF + DH + DFI + DEI + DG + RD,$$

где DCF – изменение коэффициента выбросов от использования органического топлива,

DH – изменение удельного расхода тепла при производстве электроэнергии тепловыми электростанциями,

DFI – изменение отношения произведенной электроэнергии с использованием органического топлива к общему объему произведенной электроэнергии,

DEI – изменение электроемкости ВВП (ППС млрд. долларов США 2005),

DG – экономический рост,

RD – остаточный фактор, возникающий по причине дискретной аппроксимации [73, p. 1932].

Органическое топливо является доминирующим при производстве электроэнергии в Казахстане. Энергопотребление в сфере электроэнергетики возросло с 20 969 тыс. т.н.э. в 2003 году до 23 234 тыс. т.н.э. в 2012 году, со средним годовым ростом в 1,45% (таблица 11). Рост потребления электроэнергии в Казахстане привел к росту потребления энергоресурсов. Выбросы углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии возросли с 76,1 млн. тонн в 2003 году до 85,0 млн. тонн в 2012 году. В среднем годовое увеличение выбросов углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии составило 1,72% (таблица 11). В 2007 – 2008 годах наблюдается спад потребления энергоресурсов при производстве электроэнергии, что обусловлено начинающимся финансовым и экономическим кризисом. В это же время последовал спад выбросов углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии и в 2011 году вслед за постепенным увеличением потребления энергетических ресурсов наблюдается соответствующее увеличение выбросов CO<sub>2</sub> (таблица 11).

Таблица 11 – Энергопотребление, выбросы CO<sub>2</sub> и ВВП в Казахстане

Год	Потребление энергоресурсов при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС, Ft (тыс. т.н.э.)	Выбросы CO <sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС, Qt (млн. тонн)	ВВП, Gt (ППС млрд. долларов США 2005)
1	2	3	4
2003	20 969	76,1	175,40

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
2004	20 586	76,8	192,24
2005	21 151	76,6	210,89
2006	24 754	92,6	233,46
2007	22 957	88,7	254,23
2008	22 551	83,6	262,62
2009	20 443	89,9	265,78
2010	20 002	74,9	285,18
2011	21 062	78,8	306,57
2012	23 234	85,0	321,89

Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59]

Далее на рисунке 29 графически представлены выбросы CO<sub>2</sub> и энергопотребление при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Республике Казахстан.



Рисунок 29 - Выбросы CO<sub>2</sub> и энергопотребление при производстве электрической и тепловой энергии

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Далее на рисунке 30 представлен декаплинг фактор потребления энергоресурсов и выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Республике Казахстан.

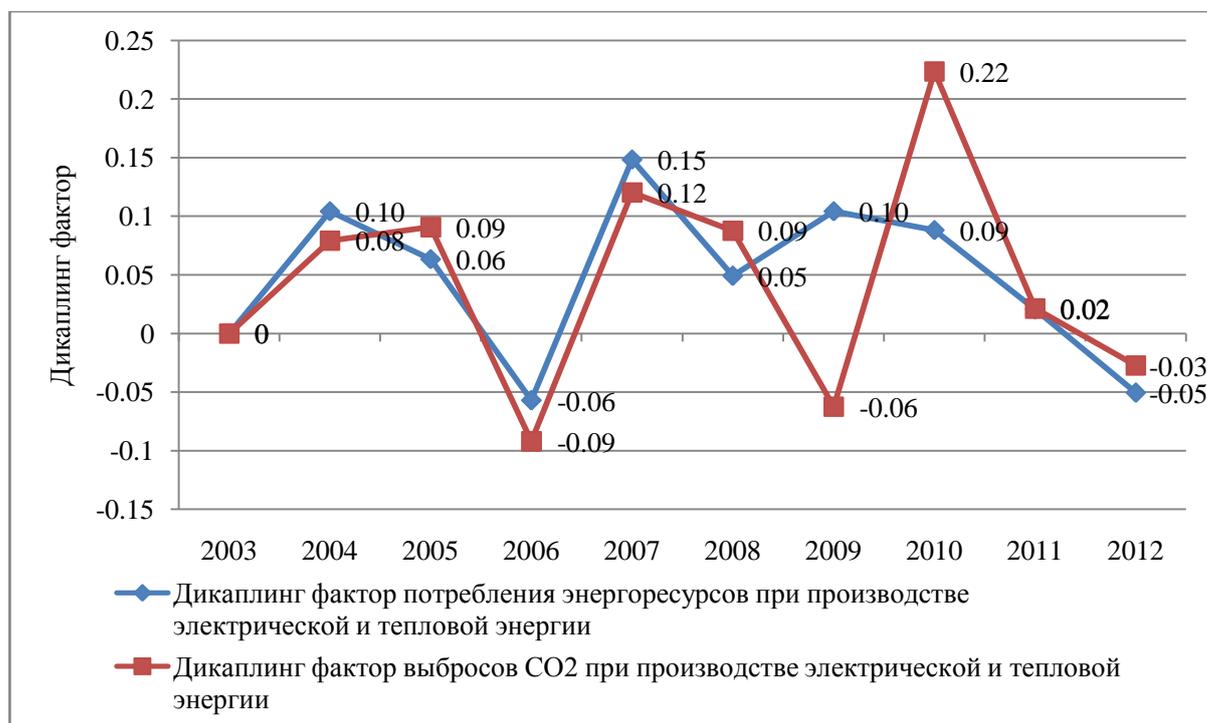


Рисунок 30 – Декаплинг фактор потребления энергоресурсов и выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

На рисунке 30 видно, что в 2006 году и в 2012 году декаплинг фактор потребления энергоресурсов принимает отрицательные значения. Это связано с тем, что темпы роста потребления энергетических ресурсов при производстве электрической и тепловой энергии превышали темпы роста экономической активности в стране. На рисунке 29 видно, что потребление энергоресурсов в 2006 году значительно возросло в сравнении с 2003, 2004 и 2005 годами и составило 24 754 тыс. т.н.э., увеличение энергопотребления в 2006 году в сравнении с 2003 годом составило 18,05%.

В 2007 наблюдается постепенный спад потребления энергетических ресурсов при производстве электрической и тепловой энергии. Спад потребления продолжается до 2011 года, в котором оно вновь увеличивается до 21 062 тыс. т.н.э. и с 2007 года достигает своего максимума в 2012 году - 23 234 тыс. т.н.э.

Декаплинг фактор выбросов CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии имеет схожую тенденцию с декаплинг фактором потребления энергоресурсов. Однако, в период с 2008 по 2009 годы рост выбросов CO<sub>2</sub>

превышает рост ВВП, в то время как рост потребления энергоресурсов меньше экономического роста. Такая ситуация может быть обусловлена начавшимся экономическим и финансовым кризисом во время которого наблюдается снижение либо незначительный рост объемов производства. Так, например, рост ВВП в РК с 2008 по 2009 годы составил всего 1.2%, а с 2009 по 2010 увеличение ВВП составило уже 7.3% (таблица 11).

Далее рассмотрим декомпозиционный анализ выбросов CO<sub>2</sub> на казахстанских ТЭС на основе таких показателей как энергопотребление, производство электроэнергии на ТЭС, общий объем производства электроэнергии и ВВП.

Таблица 12 – Потребление органического топлива, производство электроэнергии на ТЭС, общее производство электроэнергии

Год	Выбросы CO <sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии, Qt, млн. тонн	Производство электроэнергии тепловыми электростанциями, EGft, ГВт.ч	Общее производство электроэнергии EGt, ГВт.ч	ВВП, Gt, (ППС млрд. \$ США 2005)
2003	76,1	55 241	63 866	175,40
2004	76,8	58 888	66 945	192,24
2005	76,6	59 991	67 847	210,89
2006	92,6	63 889	71 657	233,46
2007	88,7	68 427	76 598	254,23
2008	83,6	72 867	80 327	262,62
2009	89,9	71 831	78 710	265,78
2010	74,9	74 624	82 646	285,18
2011	78,8	78 703	86 586	306,57
2012	85,0	83 570	91 207	321,89

Примечание – Составлено автором на основе данных источника [59]

Используя формулу (17) произведем следующие расчеты за период с 2003 по 2006 годы.

Коэффициент выбросов от использования органического топлива при производстве электрической и тепловой энергии рассчитывается как:

$$CF(2006) = \frac{Q(2006)}{F(2006)} = \frac{92,6}{24\,754} * 1000 = 3,741 \frac{\text{тыс. тонн}}{\text{тыс. т. н. э.}}$$

$$CF(2003) = \frac{Q(2003)}{F(2003)} = \frac{76,1}{20\,969} * 1000 = 3,629 \frac{\text{тыс. тонн}}{\text{тыс. т. н. э.}}$$

Удельный расход тепла при производстве электрической и тепловой энергии рассчитаем следующим образом:

$$H(2006) = \frac{F(2006)}{EGf(2006)} = \frac{24\,754}{63\,889} = 0,39 \frac{\text{тыс. т. н. э.}}{\text{ГВт. ч}}$$

$$H(2003) = \frac{F(2003)}{EGf(2003)} = \frac{20\,969}{55\,241} = 0,38 \frac{\text{тыс. т. н. э.}}{\text{ГВт. ч}}$$

Далее рассчитаем отношение произведенной электроэнергии с использованием органического топлива к общему объему произведенной электроэнергии:

$$FI(2006) = \frac{EGf(2006)}{EG(2006)} = \frac{63\,889}{71\,657} = 0,89$$

$$FI(2003) = \frac{EGf(2003)}{EG(2003)} = \frac{55\,241}{63\,866} = 0,86$$

Электроемкость ВВП (ППС млрд. долларов США 2005) рассчитывается как:

$$EI(2006) = \frac{EG(2006)}{G(2006)} = \frac{71\,657}{233,46} = 306,93 \frac{\text{ГВт. ч}}{\text{ППС млрд. \$ США 2005}}$$

$$EI(2003) = \frac{EG(2003)}{G(2003)} = \frac{63\,866}{175,40} = 364,12 \frac{\text{ГВт. ч}}{\text{ППС млрд. \$ США 2005}}$$

Среднее значение выбросов CO<sub>2</sub> рассчитаем как:

$$\frac{Q(2006) + Q(2003)}{2} = \frac{92,6 + 76,1}{2} = 84,35 \text{ млн. тонн}$$

Общие выбросы CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии рассчитаем как:

$$\begin{aligned} & \Delta Qt(2003 - 2006) = \\ & = \ln\left(\frac{3,741}{3,629}\right) * 84,35 + \ln\left(\frac{0,39}{0,38}\right) * 84,35 + \ln\left(\frac{0,89}{0,86}\right) * 84,35 + \end{aligned}$$

$$+ \ln\left(\frac{306,93}{364,12}\right) * 84,35 + \ln\left(\frac{233,46}{175,40}\right) * 84,35 = 17,31 \text{ млн. тонн}$$

Используя формулу (3.7) произведем следующие расчеты за период с 2006 по 2010 годы:

Коэффициент выбросов от использования органического топлива при производстве электрической и тепловой энергии рассчитывается как:

$$CF(2010) = \frac{Q(2010)}{F(2010)} = \frac{74,9}{20\,002} * 1000 = 3,745 \frac{\text{тыс. тонн}}{\text{тыс. т. н. э.}}$$

$$CF(2006) = \frac{Q(2006)}{F(2006)} = \frac{92,6}{24\,754} * 1000 = 3,741 \frac{\text{тыс. тонн}}{\text{тыс. т. н. э.}}$$

Удельный расход тепла при производстве электрической и тепловой энергии рассчитаем следующим образом:

$$H(2010) = \frac{F(2010)}{EGf(2010)} = \frac{20\,002}{74\,624} = 0,27 \frac{\text{тыс. т. н. э.}}{\text{ГВт. ч}}$$

$$H(2006) = \frac{F(2006)}{EGf(2006)} = \frac{24\,754}{63\,889} = 0,39 \frac{\text{тыс. т. н. э.}}{\text{ГВт. ч}}$$

Далее рассчитаем отношение произведенной электроэнергии с использованием органического топлива к общему объему произведенной электроэнергии:

$$FI(2010) = \frac{EGf(2010)}{EG(2010)} = \frac{74\,624}{82\,646} = 0,90$$

$$FI(2006) = \frac{EGf(2006)}{EG(2006)} = \frac{63\,889}{71\,657} = 0,89$$

Электроемкость ВВП (ППС млрд. долларов США 2005) рассчитывается как:

$$EI(2010) = \frac{EG(2010)}{G(2010)} = \frac{82\,646}{285,18} = 289,80 \frac{\text{ГВт. ч}}{\text{ППС млрд. \$ США 2005}}$$

$$EI(2006) = \frac{EG(2006)}{G(2006)} = \frac{71\,657}{233,46} = 306,93 \frac{\text{ГВт. ч}}{\text{ППС млрд. \$ США 2005}}$$

Среднее значение выбросов CO<sub>2</sub> рассчитаем как:

$$\frac{Q(2010) + Q(2006)}{2} = \frac{74,9 + 92,6}{2} = 83,75 \text{ млн. тонн}$$

Общие выбросы CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии рассчитаем как:

$$\begin{aligned} \Delta Q_t(2006 - 2010) &= \\ &= \ln\left(\frac{3,745}{3,741}\right) * 83,75 + \ln\left(\frac{0,27}{0,39}\right) * 83,75 + \ln\left(\frac{0,90}{0,89}\right) * 83,75 + \\ &+ \ln\left(\frac{289,80}{306,93}\right) * 83,75 + \ln\left(\frac{285,18}{233,46}\right) * 83,75 = -17,77 \text{ млн. тонн} \end{aligned}$$

Используя формулу (17) произведем следующие расчеты за период с 2010 по 2012 годы:

Коэффициент выбросов от использования органического топлива при производстве электрической и тепловой энергии рассчитывается как:

$$CF(2012) = \frac{Q(2012)}{F(2012)} = \frac{85,0}{23\ 234} * 1000 = 3,658 \frac{\text{тыс. тонн}}{\text{тыс. т. н. э.}}$$

$$CF(2010) = \frac{Q(2010)}{F(2010)} = \frac{74,9}{20\ 002} * 1000 = 3,745 \frac{\text{тыс. тонн}}{\text{тыс. т. н. э.}}$$

Удельный расход тепла при производстве электрической и тепловой энергии рассчитаем следующим образом:

$$H(2012) = \frac{F(2012)}{EGf(2012)} = \frac{23\ 234}{83\ 570} = 0,28 \frac{\text{тыс. т. н. э.}}{\text{ГВт. ч}}$$

$$H(2010) = \frac{F(2010)}{EGf(2010)} = \frac{20\ 002}{74\ 624} = 0,27 \frac{\text{тыс. т. н. э.}}{\text{ГВт. ч}}$$

Далее рассчитаем отношение произведенной электроэнергии с использованием органического топлива к общему объему произведенной электроэнергии:

$$FI(2012) = \frac{EGf(2012)}{EG(2012)} = \frac{83\,570}{91\,207} = 0,92$$

$$FI(2010) = \frac{EGf(2010)}{EG(2010)} = \frac{74\,624}{82\,646} = 0,90$$

Электроёмкость ВВП (ППС млрд. долларов США 2005) рассчитывается как:

$$EI(2012) = \frac{EG(2012)}{G(2012)} = \frac{91\,207}{321,89} = 283,35 \frac{\text{ГВт. ч}}{\text{ППС млрд. \$ США 2005}}$$

$$EI(2010) = \frac{EG(2010)}{G(2010)} = \frac{82\,646}{285,18} = 289,80 \frac{\text{ГВт. ч}}{\text{ППС млрд. \$ США 2005}}$$

Среднее значение выбросов CO<sub>2</sub> рассчитаем как:

$$\frac{Q(2012) + Q(2010)}{2} = \frac{85,0 + 74,9}{2} = 79,95 \text{ млн. тонн}$$

Общие выбросы CO<sub>2</sub> при производстве электрической и тепловой энергии рассчитаем как:

$$\begin{aligned} \Delta Qt(2012 - 2010) = & \\ = \ln\left(\frac{3,658}{3,745}\right) * 79,95 + \ln\left(\frac{0,28}{0,27}\right) * 79,95 + \ln\left(\frac{0,92}{0,90}\right) * 79,95 + & \\ + \ln\left(\frac{283,35}{289,80}\right) * 79,95 + \ln\left(\frac{321,89}{285,18}\right) * 79,95 = 10,11 \text{ млн. тонн} & \end{aligned}$$

Таблица 13 – Декомпозиционный анализ изменения выбросов CO<sub>2</sub> (млн. тонн), при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Казахстане в период с 2003 по 2012 годы

Год	CF эффект	Н эффект	FI эффект	EI эффект	G эффект	Вариация выбросов CO <sub>2</sub>	RD, %
2003-2006	2.52	2.19	2.89	-14.41	24.12	17.31	-4.68%
2006-2010	0.09	-30.86	1.06	-4.81	16.76	-17.77	-0.39%
2010-2012	-1.86	2.92	1.17	-1.80	9.68	10.11	-0.1%
2003-2012	0.75	-25.75	5.12	-21.02	50.56	9.65	-7.77%
Примечание – Рассчитано автором на основе данных источника [59]							

Полученные данные в таблице 13 графически представлены на рисунке 31.

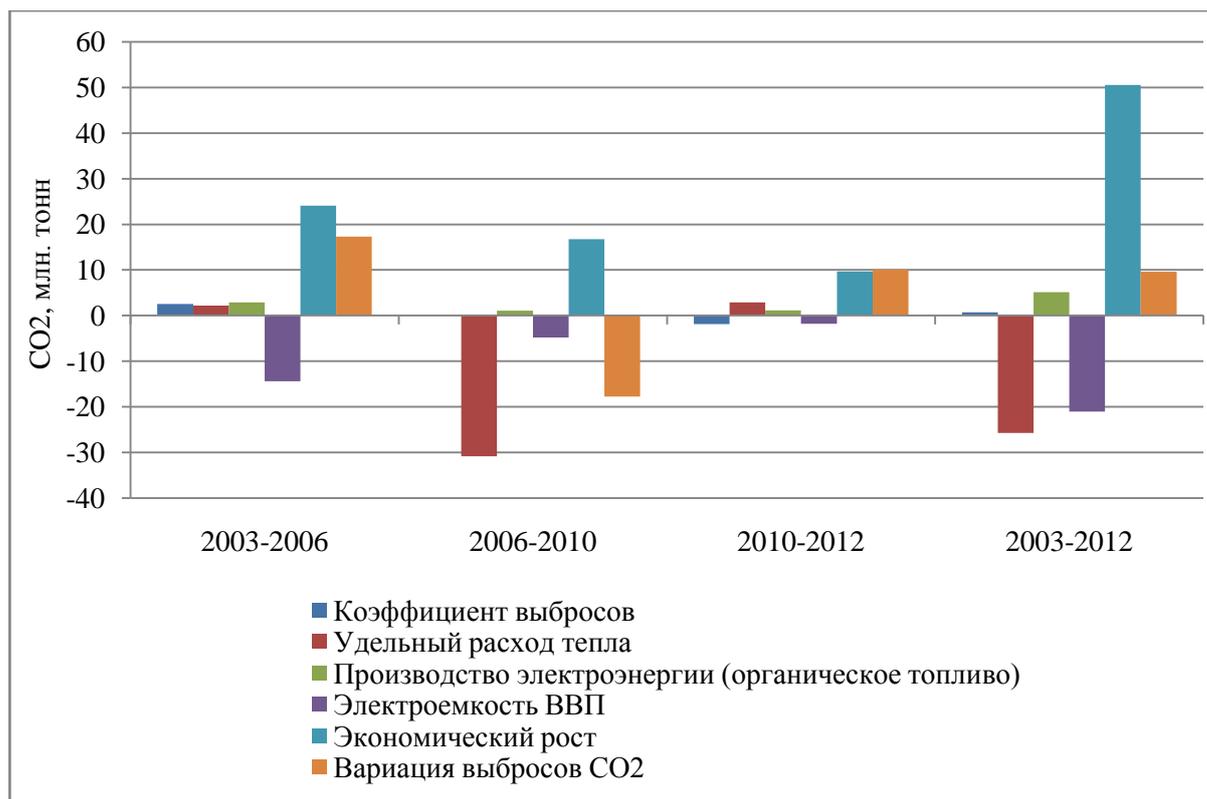


Рисунок 31 – Декомпозиция выбросов CO<sub>2</sub> от производства электрической и тепловой энергии в Казахстане с 2003 по 2012 годы

Примечание – Построено автором на основе данных источника [59]

Совокупный эффект от Коэффициента выбросов привел к увеличению выбросов CO<sub>2</sub> на 0.75 млн. тонн за рассматриваемый период с 2003 по 2012 годы (таблица 13). Основной причиной снижения выбросов CO<sub>2</sub> за период с 2006 по 2010 годы является снижение потребления энергоресурсов при производстве электрической и тепловой энергии. Согласно данным IEA, снижение потребления угля в период с 2006-2010 годы в сравнении с 2003-2006 годами составило 0.86%, снижение потребления нефти 22.59%, а снижение потребления природного газа 3.32%.

Удельный расход тепла оказал значительное влияние на снижение выбросов CO<sub>2</sub> в период с 2006 по 2010 годы. Согласно данным IEA, в 2009 году объем выработки электроэнергии при сжигании нефти составил 884 Гвт.ч., в то время как в 2008 году этот показатель составлял 3080 Гвт.ч.

Коэффициент производства электроэнергии при сжигании органического топлива (уголь, нефть, природный газ) оказывает влияние на увеличение выбросов CO<sub>2</sub>. С 2003 по 2012 годы выбросы углекислого газа от этого показателя составили 5.12 млн. тонн. Наиболее значимое увеличение выбросов

CO<sub>2</sub> составляет 2.89 млн. тонн, произошедшее в период с 2003 по 2006 годы. В этот период наблюдается стабильное потребление органического топлива при производстве электрической и тепловой энергии. В среднем за указанный период потребление энергоресурсов составило (тыс. т.н.э.): угля 19115, нефти 625, природного газа 2125.

Электроемкость ВВП оказывала значительное влияние на снижение выбросов углекислого газа в период с 2003 по 2012 годы. Общее снижение выбросов составило 21.02 млн. тонн. При постепенном увеличении количества населения, экономический рост происходил быстрее чем рост производства электроэнергии, что оказало влияние на снижение выбросов CO<sub>2</sub>.

Экономическая деятельность (G эффект) является основным фактором, оказывающим влияние на увеличение выбросов CO<sub>2</sub> от ТЭС в Казахстане (рисунок 31). В общем, за рассматриваемый период увеличение выбросов углекислого газа от экономического роста составило 50.56 млн. тонн (таблица 13), что является наибольшим показателем по сравнению с другими факторами. Выбросы CO<sub>2</sub> от производства электроэнергии тесно связаны с экономическим ростом, который зависит от большого объема производства электроэнергии. При этом количество выбросов снижается в период с 2006 по 2010 годы в связи с финансовым и экономическим кризисом 2008 года. Вследствие чего наблюдается замедление роста ВВП и как результат снижение объемов производства электроэнергии.

В исследовании использовались Метод декомпозиции индексов и Метод декаплинга для определения взаимосвязи между экономическим ростом и выбросами углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии и для определения основных факторов, влияющих на изменение объемов выбросов CO<sub>2</sub>. Декаплинг метод выявил, что с 2003 по 2005 годы рост потребления энергоресурсов и выбросов CO<sub>2</sub> был ниже роста экономической активности. В 2006 году происходит превышение роста потребления ресурсов и выбросов углекислого газа над ростом экономической активности. В 2009 году превышение над экономической активностью выявлено только в отношении выбросов CO<sub>2</sub>, и в 2012 году рост энергопотребления и выбросов углекислого газа вновь превысил экономический рост. К тому же среди пяти факторов, влияющих на уровень выбросов углекислого газа - экономический рост, то есть увеличение ВВП, оказало наибольшее влияние на рост эмиссии CO<sub>2</sub>. Экономический рост в стране во многом зависит от потребления электроэнергии, поэтому ВВП является ключевым фактором, влияющим на увеличение выбросов CO<sub>2</sub> тепловыми электростанциями. С другой стороны, электроемкость ВВП и удельный расход тепла являются основными факторами, влияющими на уменьшение объемов выбросов CO<sub>2</sub> по причине использования меньшего количества углеродного топлива в связи с финансовым и экономическим кризисом.

Для того чтобы снизить объем выбросов углекислого газа в сфере электроэнергетики и достигнуть устойчивого развития необходимо

сосредоточиться на повышении эффективности электропотребления. Необходимо осуществлять переход от использования органического топлива к использованию низко углеродных источников, таких как ВИЭ. Необходимо внедрять новые технологии при производстве и передаче электроэнергии и осуществлять замену физически и морально устаревшего оборудования.

Снижение потребления электроэнергии может быть достигнуто при помощи инновационных энергосберегающих технологий. К таким технологиям, например, относится двухслойное остекление, которое повышает эффективность энергопотребления в зданиях. В технологии используется два оконных стекла, расстояние между которыми заполняется инертным газом для повышения изоляционных свойств. Такое стекло не только предотвращает попадание тепла и холода снаружи, но и снижает уровень потерь тепла и холода внутри помещения. Технология двойного остекления снижает объем энергопотребления на отопление помещения в холодное время года и на охлаждение помещений в теплое время года [75]. Сюда же можно отнести и использование энергосберегающих бытовых приборов, тепловых насосов и автоматическое регулирование температуры – инновационные технологии, широко внедряемые во многих странах мира.

Применение зарубежного опыта по использованию инновационных технологий в значительной степени могло бы содействовать совершенствованию инновационной деятельности электроэнергетического комплекса и снижению выбросов CO<sub>2</sub> в Казахстане. В мировой практике все большее применение находят продвинутые технологии, способствующие снижению выбросов парниковых газов при производстве электрической и тепловой энергии с использованием угля.

США на своем примере показали, что можно использовать большее количество угля для производства электроэнергии более эффективно и при этом снижать выбросы загрязняющих веществ [76]. В данном случае речь идет о многоступенчатой комплексной системе фильтрации на ТЭС.

Основной принцип заключается в том, что передовые технологии фильтрации уменьшают основные виды выбросов, применяя решения на основе использования известняка для очистки от сернистого газа, усовершенствованных угольных горелок и катализаторов для уменьшения выбросов оксида азота и электрически заряженных пластин или тканевых фильтров для удаления частиц. Комбинация всех этих технологий, наряду с использованием сорбирующей системы впрыскивания также делает возможным высокоэффективное удаление ртути [76, p.1].

В США использование угля при производстве электроэнергии увеличилось более чем на 170% с 1970 года. ВВП в стране возросло более чем вдвое, а выбросы основных загрязняющих веществ в отношении к одному Квт.ч. уменьшились на 89% [64, 77, 78, 79]. Такое уменьшение выбросов загрязняющих веществ было достигнуто за счет использования современных

технологий фильтрации, которые позволяют ТЭС, использующим уголь, производить больше энергии с меньшими выбросами вредных веществ.

Современные технологии фильтрации применяются на высокоэффективных сверхкритических ТЭС, которые производят больше энергии на каждую использованную тонну угля. В пределах котла уровень оксида азота уменьшается за счет снижения температуры горения. Далее избирательное каталитическое восстановление контролирует выбросы оксида азота посредством впрыскивания продукта реакции в воздушный поток в присутствии катализатора, конвертируя при этом оксид азота в азот и воду. Также избирательное каталитическое восстановление способствует контролю уровня ртути. Сухой электрофильтр удаляет практически все частицы из воздушного потока наряду с некоторым количеством ртути. В сухих электрофильтрах используются электроды для помещения электрического заряда на частицы, которые затем собираются на противоположно заряженной пластине. После чего частицы стряхиваются с пластин и укомплектовываются. Далее в газопромывателе происходит значительное снижение уровня двуокиси серы посредством впрыскивания смеси известняка и воды в воздушный поток. Установка газопромывателя также способствует регулированию уровня ртути. Проходя газопромыватель, воздушный поток попадает во влажный электрофильтр, в котором происходит удаление мелких частиц. За счет применения высоковольтных полей происходит притяжение частиц к электродам, которые затем промываются водой для сбора составных частей загрязняющих веществ, включая некоторое количество ртути. Сверхкритические угольные ТЭС функционируют более эффективно, что значительно снижает выбросы вредных веществ на каждый произведенный Квт.ч. В США сверхкритические ТЭС достигли снижения выбросов углекислого газа на 25% по сравнению с традиционными ТЭС, использующими устаревшие технологии очистки [64].

Наряду с применением передовых очистных технологий на ТЭС значительных результатов по снижению выбросов углекислого газа в атмосферу можно достичь с помощью инновационной технологии по сбору, транспортировке и хранению CO<sub>2</sub> (Carbon Capture and Storage - CCS).

Как отмечается на официальном сайте правительства Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, CCS является единственным способом уменьшения выбросов CO<sub>2</sub> и поддержанием использования ископаемого топлива (уголь и газ) в виде источника электроснабжения [80].

Согласно Глобальному институту CCS при переработке природного газа и при производстве электроэнергии на электростанциях сбор CO<sub>2</sub> осуществляется перед сжиганием топлива. Процесс сбора CO<sub>2</sub> перед сжиганием топлива происходит при конвертации топлива в газообразную смесь водорода и углекислого газа. Затем происходит отделение водорода, который может быть

сожжен без выделения  $\text{CO}_2$ . После этого углекислый газ сжимается для транспортировки и хранения [81].

Наиболее распространенный и перспективный метод транспортировки  $\text{CO}_2$  – это использование трубопроводов. Для небольших объемов транспортировки  $\text{CO}_2$  могут использоваться грузовые автомобили и железная дорога. Альтернативным методом может быть корабельная транспортировка углекислого газа [81].

Хранение под землей выбросов углекислого газа произведенного в результате человеческой деятельности помогает влиять на изменение климата посредством предотвращения попадания парниковых газов в атмосферу. Хранение  $\text{CO}_2$  может осуществляться в соленосной формации под землей, в глубоких не выработанных угольных пластах, также собранный углекислый газ может использоваться при добыче нефти усовершенствованными методами для повышения нефтеотдачи пластов, а также хранение  $\text{CO}_2$  возможно в истощенных пластах после добычи нефти и газа [81].

Таким образом, согласно полученным результатам декомпозиционного анализа, рост экономической активности является фактором в наибольшей степени оказывающий влияние на увеличение выбросов углекислого газа на тепловых электростанциях. При этом уменьшение потребления углеродного топлива при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС оказало наибольшее влияние на снижение выбросов углекислого газа. Для того чтобы увеличение экономического роста не сопровождалось увеличением выбросов углекислого газа необходимо заниматься активным внедрением инновационных энергосберегающих технологий, таких как, например, технология двойного остекления, тепловые насосы и автоматическое регулирование температуры, использование которых позволит снизить нагрузку на ТЭС – основной источник электроэнергии в Республике Казахстан. Наряду с широкомасштабным внедрением энергосберегающих технологий необходимо совершенствовать работу очистительных сооружений тепловых электростанций за счет внедрения инновационной многоступенчатой комплексной системы фильтрации для уменьшения основных видов выбросов загрязняющих веществ. Также необходимо заниматься внедрением инновационной технологии по сбору и хранению углекислого газа (Carbon Capture and Storage). Для достижения высоких результатов по уменьшению выбросов углекислого газа необходимо придерживаться комплексного подхода и параллельно с внедрением инновационных энергосберегающих и очистных технологий заниматься диверсификацией генерирующих мощностей за счет широкомасштабного внедрения возобновляемых источников энергии, следуя принципам «зеленой» экономики.

### **3.2 Модель зависимости общих потерь электроэнергии от показателей инновационного развития**

Общие потери электроэнергии являются важным показателем инновационного развития электроэнергетического комплекса. Потери электроэнергии происходят на стадии ее производства, транспортировки, распределения и потребления. Общие потери электроэнергии в электроэнергетических системах и сетях оказывают существенный отрицательный эффект на экономику и экологию страны. Так как большая часть электроэнергии в Казахстане производится на тепловых электростанциях, то и покрытие потерь происходит за счет дополнительного сжигания ископаемого топлива, вовлекая при этом дополнительные издержки на его добычу, обработку и транспортировку до места назначения.

Существенные потери электроэнергии в значительной степени затрудняют развитие инноваций в сфере электроэнергетики. К примеру, снижение потерь электроэнергии может способствовать развитию возобновляемых источников энергии. Согласно проведенному анализу и данным ИЕА в период с 2003 по 2012 годы объем выработки электроэнергии из возобновляемых источников энергии в Казахстане, с учетом крупных гидроэлектростанций, достаточно высокий (рисунок 12). В среднем в процентном отношении от общей выработки электроэнергии за 23-х летний период с 1990 по 2012 годы этот показатель согласно ИЕА составил 11.29% [59]. Проведя разграничение между ВИЭ с учетом крупных гидроэлектростанций, построенных в Казахстане в большинстве своем во время вхождения Республики Казахстан в состав Советского Союза, и без них мы отмечаем, что объем выработки электроэнергии из ВИЭ становятся значительно ниже. Но и он будет утерян при передаче электроэнергии на далекие расстояния из-за высокого уровня потерь электроэнергии.

Продолжив исследование в направлении изучения перспектив развития ВИЭ, мы отмечаем, что и в последующих 2013 и 2014 годах их доля от общей выработки электроэнергии по-прежнему незначительна. Согласно Комитету по Статистике МНЭ РК в 2013 году выработка электроэнергии ветровыми электростанциями составила 4.5 ГВт.ч. В 2014 году согласно данным Министерства энергетики Республики Казахстан ветровыми электростанциями произведено 17.4 ГВт.ч., а солнечными электростанциями 2.62 ГВт.ч. [82]. Итак, получается, что без учета крупных гидроэлектростанций доля выработки электроэнергии из ВИЭ от общего объема произведенной электроэнергии в Казахстане в 2014 году, с учетом малых гидроэлектростанций, составляет 0.62% [82]. При этом общие потери электроэнергии в Казахстане в среднем в процентном отношении от общего производства электроэнергии с 1990 по 2012 годы составили 11.36% (9.36% - 1990 год и 7.83% - 2012 год) [59].

Модель, представленная на рисунке 32 демонстрирует взаимосвязь между инновационной деятельностью, представленной в данном случае затратами на технологические инновации предприятий, объемом инновационной продукции

и внутренними затратами на исследования и разработки и уровнем потерь электроэнергии.

Таблица 14 - Общие потери электроэнергии, затраты на технологические инновации предприятий, объем инновационной продукции и внутренние затраты на исследования и разработки в Казахстане с 2003 по 2012 годы

Год	Общие потери электроэнергии, ГВт.ч.	Затраты на технологические инновации предприятий, млн. тенге	Объем инновационной продукции, млн. тенге	Внутренние затраты на исследования и разработки, млн. тенге
2003	6208	26 933	65 020	11 643
2004	6838	35 360	74 719	14 580
2005	6946	67 089	120 408	21 527
2006	6651	79 986	156 040	24 800
2007	7191	83 523	152 501	26 835
2008	7114	113 460	111 531	34 762
2009	6472	61 051	82 597	38 989
2010	6633	235 502	142 167	33 467
2011	6367	194 991	235 963	43 352
2012	7142	325 639	379 006	51 253
Примечание - Составлено автором на основе данных источника [51; 59]				

С использованием статистической программы Knowledge Miner построим линейную модель зависимости между показателями общих потерь электроэнергии в Казахстане за период времени с 2003 по 2012 годы и затратами на технологические инновации предприятий, объемом инновационной продукции и внутренними затратами на исследования и разработки. Результаты построения модели представлены на рисунке 32.

К преимуществам использования статистической программы Knowledge Miner можно отнести то, что она позволяет производить прогнозы динамических систем, используя при этом как регрессионные модели, так и технологию Схожих моделей. Также к преимуществам программы относятся ее возможности по изъятию данных. Программа самостоятельно определяет значимые входящие величины, генерирует их оптимальную композицию (модель) и оперативно предоставляет пояснительные компоненты в виде уравнений и графиков. Статистическая программа Knowledge Miner имеет преимущество по отношению к другим статистическим программам. Она детально изучает представленные данные и раскрывает существующие между ними взаимосвязи, которые, на первый взгляд, не очевидны [49].

```

Prediction Error Sum Of Squares (PESS): ----- 1.0754
Mean Absolute Percentage Error: ----- 4.01 %
Approximation Error Variance: ----- 0.8905
Coefficient Of Determination (R-squared): ----- 0.1095
adjusted R-squared: ----- 0.0000
Descriptive Power: ----- 0 %

OUTPUT VARIABLE:
X1 - Electricity losses, GWh

RELEVANT INPUT VARIABLES: 1
X3 - Scope of innovative products, mln tenge (100%)
(The percentages in parantheses reflect the contribution of an input to reducing the model error.)

CHOSEN HEURISTICS:
Data Length: 10
Examination Set: 0
Number of Input Variables: 3
Max. Lagged Time: 0
Normalization: with
Model Type: input-output-model / exclusively linear / static
Number Of Chosen Best Models: 5
Performance Increase Level: 10%
Application Of Layer Break-Through: on all variables
MODEL EVALUATION:
The model appears to reflect a random relation only.
The summarized linear model is:

X1 = 6.5721e+3 + 1.2112e-3X3

```

(18)

Рисунок 32 – Модель зависимости общих потерь электроэнергии в Казахстане от затрат на технологические инновации предприятий, объема инновационной продукции и внутренних затрат на исследования и разработки

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [51, 59]

Линейная модель, представленная на рисунке 32, демонстрирует слабую связь между исходными данными. Коэффициент детерминации (Coefficient of Determination, R-squared) составляет 10.95%, что говорит о том, что изменение в уровне общих потерь электроэнергии может только на 10.95% объясняться изменением значений вышеперечисленных показателей (таблица 14). Исходящей зависимой переменной (Output Variable) модели являются общие потери электроэнергии (Electricity losses), обозначается переменная как X1 и измеряется в ГВт.ч. (GWh). Релевантной независимой входящей переменной является объем инновационной продукции (Scope of innovative products) – обозначается как X3 и имеет 100% уровень снижения погрешности модели (The percentages in parentheses reflect the contribution of an input to reducing the model error). Количество лет, используемых при создании модели (Data Length), составляет 10 лет – с 2003 по 2012 годы, количество входящих независимых переменных (Number of Input Variables) – 3. Сумма квадратов ошибки прогнозирования (Prediction Error Sum Of Squares (PESS)) составляет 1.0754 – показатель способности прогнозирования модели. Средняя абсолютная погрешность в процентах (Mean Absolute Percentage Error) составляет 4.01% - показатель размера погрешности в процентах. Приближение дисперсии

погрешности (Approximation Error Variance) 0.8905 – критерий, служащий для отбора наиболее подходящих моделей [47].

Полученные результаты указывают на незначительную взаимосвязь между рассматриваемыми величинами. Высокие потери электроэнергии оказывают негативный эффект на экономику, экологию, влияют на показатели энергоёмкости ВВП и замедляют процесс развития возобновляемой энергетики.

Снижение электрических потерь может быть достигнуто путем обновления основного фонда электроэнергетического комплекса, как с помощью отечественного, так и зарубежного передового оборудования, за счет усиления научно-исследовательской базы внутри страны и присоединения к международным исследовательским организациям, занимающихся инновационными разработками в сфере электроэнергетики.

На международном уровне существует потенциальная возможность присоединения к договору (IEA Implementing Agreement on HTS Technology Analysis & Evaluation, далее – Договор) по исследованию высокотемпературной сверхпроводимости, инициированному IEA. К Договору присоединились такие страны как Канада, Финляндия, Германия, Израиль, Италия, Япония, Южная Корея, Голландия, Швеция, Швейцария, Великобритания и США. Для присоединения к Договору и проведения совместных исследований в области высокотемпературной сверхпроводимости в Казахстане необходимо создать исследовательскую группу на базе одного или нескольких университетов, как например, это сделано в Финляндии на базе Тамперского Технологического Университета [83].

Договор, в частности, регулирует вопросы финансирования Операционного агента (далее – Агент), который занимается подготовкой отчетности в области интересов проводимых исследований. Участники Договора совместно с Агентом занимаются определением приоритетных направлений будущих исследований. Результативность проекта зависит от умения его участников делиться полученными знаниями и научно-исследовательскими разработками для достижения общих целей. Время от времени проводятся семинары, на которых участники Договора обсуждают достигнутые результаты и приоритетные направления проведения дальнейших исследований. К одним из таких проектов относится исследование в сфере высокотемпературной сверхпроводимости, что позволит в значительной степени уменьшить потери электроэнергии при производстве, транспортировке и потреблении. Страны-участницы Договора представлены такими коммунальными группами как KEPRI – Корейский электроэнергетический исследовательский институт и Hydro-Quebec – канадская государственная компания, отвечающая за производство, транспортировку и сбыт электроэнергии в Квебеке. А также страны-участницы Договора представлены такими производственными компаниями как Bruker HTS – германский производитель сверхпроводников, Columbus Superconductors – итальянский производитель и исследователь в области сверхпроводников и Siemens, наряду

с правительственными исследовательскими лабораториями и университетами [83].

Высокотемпературные сверхпроводники имеют очевидные преимущества для электроэнергетики. Они способствуют более компактному использованию пространства в условиях города и при охлаждении ниже 200 градусов Цельсия проводники могут передавать почти в три раза больше электроэнергии, чем традиционные медные проводники с гораздо меньшими потерями и без образования магнитных полей. Недавний двухлетний проект в области исследования высокотемпературных сверхпроводников в Германии показал, что, несмотря на необходимость наличия жидкого азота для охлаждения сверхпроводников, их применение значительно эффективнее в отношении издержек и их эксплуатация может длиться в течение 40 лет. По сравнению с традиционными высоковольтными ЛЭП, которые требуют высокий уровень технического обслуживания и дополнительной сетевой инфраструктуры использование сверхпроводников значительно эффективнее. Более того исследования 2012 года, проведенные электросетевой компанией AmpraCity выявило, что использование 20 трансформаторов в обычной городской сети может быть заменено 15 трансформаторами при использовании сверхпроводников, при этом значительно уменьшая издержки [59].

Присоединение к Договору могло бы ускорить развитие отечественной научно-исследовательской работы, способствовало бы приобретению опыта по работе со сверхпроводниками и другими инновационными разработками на международном уровне. Более того международное сотрудничество могло бы усилить контроль над инвестициями за счет дополнительного отслеживания денежных потоков иностранными партнерами. Применение инновационной технологии высокотемпературной сверхпроводимости в значительной степени понизит уровень потерь электроэнергии, повысит эффективность электроэнергетического комплекса и уменьшит энергоемкость Казахстанского ВВП.

При снижении электрических потерь появится возможность более эффективно передавать электроэнергию, что будет способствовать развитию ВИЭ в регионах с наиболее благоприятными погодными условиями и передаче произведенной электроэнергии на средние и далекие расстояния в регионы, нуждающиеся в дополнительном электроснабжении.

Следуя принципу открытых (заимствованных) инноваций, процессу широкомасштабного внедрения ВИЭ в энергобаланс страны (и в рамках ЕАЭС) будет способствовать использование инновационной разработки Smart Grid (Smart Grid - «Умные сети»).

«Умные сети - это усовершенствованная система, способная надежно и экономически эффективно управлять процессом потребления электроэнергии. Умные сети повышают надежность и качество электроснабжения, увеличивают энергоэффективность, способствуют интеграции возобновляемых источников энергии в энергетическую систему. Также умные сети способствуют

сбалансированию потребления и выработки электроэнергии, так же как и внедрению новых энергосберегающих технологий. Электрические системы будут подвергаться значительному развитию - повышение надежности и снижение электрических потерь, уменьшение капитальных расходов и расходов на содержание. При этом умные сети будут способны обеспечить более эффективный контроль в отношении стоимости энергии и более надежного электроснабжения потребителей. Благополучный эффект оказывается и на окружающую среду за счет снижения пиковых нагрузок, внедрения возобновляемых источников энергии и снижения выбросов углекислого газа в атмосферу. Умные сети по праву являются будущим электрических систем, так как их работа нацелена на повышение качества, надежности, эффективности и устойчивости электроэнергетического комплекса» [84].

Таким образом, согласно полученным результатам построения модели – общие потери электроэнергии имеют слабую взаимосвязь с такими показателями инновационного развития как затраты на технологические инновации предприятий, объем инновационной продукции и внутренние затраты на исследования и разработки. Снижение потерь электроэнергии может быть достигнуто за счет заимствования и внедрения таких инновационных технологий как система Смарт грид, и, в перспективе, внедрения технологий на основе высокотемпературной сверхпроводимости. «Нужно отметить, что с момента открытия сверхпроводимых материалов их свойства постоянно совершенствовались. В наши дни ученые продолжают исследовать их свойства и характеристики. Ожидается, что в скором времени будет разработан сверхпроводник, эксплуатация которого будет целесообразна и коммерчески выгодна по сравнению с существующими технологиями передачи электроэнергии» [85]. Снижение потерь электроэнергии оказывает положительный эффект как на экономику страны в целом, так и на показатели энергоемкости ВВП. Данное направление совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса также необходимо учитывать и внедрять при создании общего электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС.

### **3.3 Прогнозные модели производства электроэнергии в рамках общего электроэнергетического рынка**

Общий электроэнергетический рынок в пределах ЕАЭС во многом будет способствовать общей экономической интеграции. Создание ОЭР это сложный и длительный процесс. При его создании необходимо учитывать множество факторов. К таким факторам относятся экономическая активность, количество населения и тенденция к его увеличению, объемы производства электроэнергии, существующая технологическая оснащенность в каждой стране-участнице ЕАЭС.

Специфика электроэнергии как товара заключается в отсутствии возможности ее хранения в больших количествах. Для поддержания

бесперебойной работы электроэнергетической системы необходимо иметь спрогнозированные данные об объемах выработки (потребления) электроэнергии и учитывать их при планировании количества и мощности производственных единиц, а также при выборе типов электрических станций.

Производство электроэнергии тепловыми электростанциями высокоэнергоёмкое и экологически небезопасное. Одной из основных задач при совершенствовании инновационной деятельности электроэнергетического комплекса является диверсификация производственных мощностей. Однако проведенный анализ свидетельствует о том, что, несмотря на наличие большого потенциала в Казахстане производить менее энергозатратную и более экологически чистую электроэнергию, предпочтение отдается тепловым электростанциям.

Что касается наличия крупных гидроэлектростанций, то они также относятся к возобновляемым источникам энергии, однако при этом довольно сложно проследить существенное влияние современной инновационной деятельности в их эксплуатации, так как они были построены еще во времена Советского Союза и принцип производства электроэнергии на них существенно не изменялся. Показатели же производства электроэнергии на ветровых и солнечных электростанциях все еще довольно низкие по сравнению с общим объемом производимой электроэнергии. Логично предположить, что в случае развития производственных мощностей, использующих органические виды топлива (уголь, нефть, природный газ), уровень использования ВИЭ, в состав которых условно не входят крупные гидроэлектростанции, продолжит оставаться низким.

#### *Казахстан*

В Казахстане большая часть электроэнергии вырабатывается при помощи угля. С 1990 по 2012 годы в среднем в процентном соотношении производство электроэнергии при сжигании угля составило 73.03% (71.12% - 1990 год и 76.11% - 2012 год)[59].

В данном разделе при помощи статистической программы Knowledge Miner рассчитывается линейная математическая модель для Казахстана, позволяющая спрогнозировать объем производства электроэнергии тепловыми электростанциями в зависимости от таких факторов как ВВП, общая численность населения и потребление каменного и бурого угля при производстве электрической и тепловой энергии.

Составление прогноза производства электроэнергии включает в себя прогнозирование показателей ВВП и количества населения. Прогноз об изменении ВВП, в процентах предоставлен на официальном сайте Всемирного банка, а прогноз о численности населения предоставлен на официальном сайте Денверского университета, США.

Определив прогнозные значения выработки электроэнергии на ТЭС можно получить общую картину развития органической электроэнергетики и косвенно оценить потенциал развития инновационной возобновляемой энергетики.

Прогнозирование производства электроэнергии от доминирующих генерирующих единиц в системе стран-участниц ЕАЭС поможет определить перспективы развития ОЭР и его инновационной составляющей. Каким образом будет происходить производство большей части электроэнергии в странах-участницах ЕАЭС, во многом будет определять приверженность принципу инновационного развития и направленности на создание «зеленой» экономики.

Наряду с созданием общего электроэнергетического рынка необходимо работать над повышением энергетической безопасности внутри страны. Вероятно, что растущие потребности в электроэнергии в Казахстане в значительной мере будут покрываться за счет работы тепловых электростанций [86]. Более того в случае экспорта электроэнергии в страны-участницы ЕАЭС нагрузка на ТЭС Казахстана увеличится. Однако, нашей стране необходимо сосредоточиться на сохранении собственных природных ресурсов и учитывать это при создании договоренностей об ОЭР в рамках ЕАЭС. К примеру, в договоре можно создать раздел, в котором бы говорилось об обязательном покрытии части потребностей в электроэнергии за счет использования ВИЭ, тем самым обязать себя и остальные страны-участницы ЕАЭС более интенсивно заниматься развитием именно этих экологически чистых источников энергии.

В таблице 15 представлены исходные данные – производство электроэнергии тепловыми электростанциями, ВВП, количество населения и потребление каменного и бурого угля при производстве электрической и тепловой энергии в Казахстане за 23-х летний период с 1990 по 2012 годы.

Таблица 15 - Производство электроэнергии на ТЭС, ВВП, количество населения, потребление каменного и бурого угля при производстве электрической и тепловой энергии в Казахстане

Год	Производство электроэнергии тепловыми электростанциями, ГВт.ч.	ВВП ППС (млрд. долл. США 2005)	Население, млн. человек	Потребление каменного и бурого угля при производстве электрической и тепловой энергии, кт
1	2	3	4	5
1990	62144	185.49	16.35	54296
1991	62534	165.08	16.45	54637
1992	59800	156.33	16.44	52140
1993	55320	141.95	16.33	48907
1994	47100	124.07	16.10	51680
1995	48016	113.89	15.82	37742
1996	42631	114.46	15.58	34336
1997	37455	116.41	15.33	27850
1998	35397	114.2	15.07	29129

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
1999	34221	117.28	14.93	28334
2000	35645	128.77	14.88	32965
2001	40301	146.16	14.86	30243
2002	40151	160.48	14.86	36913
2003	45827	175.4	14.91	40456
2004	50558	192.24	15.01	41486
2005	50107	210.89	15.15	40222
2006	49313	233.46	15.31	49431
2007	56228	254.23	15.48	47256
2008	61581	262.62	15.67	44712
2009	58090	265.78	16.09	38741
2010	66657	285.18	16.32	41005
2011	70220	306.57	16.56	43069
2012	69421	321.89	16.79	44596

Примечание - Составлено автором на основе данных источника [59]

Далее с использованием статистической программы Knowledge Miner построим модель, описывающую фактическое производство электроэнергии на ТЭС при использовании угля в виде основного источника топлива, и на основе полученной модели рассчитаем прогнозные показатели по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием каменного и бурого угля в Казахстане.

For the chosen data basis the following best model was generated:

X1= + 2.28220e+3z11 + 9.61344e+3z12 + 5.12486e+4  
z11= + 1.19720e-4X4 - 4.94571e+0  
z12= + 7.79628e-3X2 + 9.55023e-1X3 - 1.64154e+1

Prediction Error Sum Of Squares (PESS): ----- 0.0687  
Mean Absolute Percentage Error: ----- 4.20 %  
Approximation Error Variance: ----- 0.0559  
Coefficient Of Determination (R-squared): ----- 0.9441  
adjusted R-squared: ----- 0.9204  
Descriptive Power: ----- 72 %

OUTPUT VARIABLE:

X1 - Electricity production from coal, GWh

RELEVANT INPUT VARIABLES: 3

X4 - Bituminous and lignite coal consumption at the electricity production, kt (38%)

X2 - GDP PPP (billion 2005 USD) (37%)

X3 - Population, mln (25%)

(The percentages in parantheses reflect the contribution of an input to reducing the model error.)

Рисунок 33 – Линейная прогнозная модель выработки электроэнергии в Казахстане на ТЭС с использованием каменного и бурого угля с 1990 по 2012 годы, лист 1

Data Length: 23  
Examination Set: 0  
Number of Input Variables: 3  
Max. Lagged Time: 0  
Normalization: with  
Model Type: input-output-model / exclusively linear / static  
Number Of Chosen Best Models: 5  
Performance Increase Level: 10%  
Application Of Layer Break-Through: on all variables

MODEL EVALUATION:

The model appears to reflect a valid relationship. It describes 72 % of the data.  
For the chosen model type, modeling is based on a SUFFICIENTLY sized information basis.  
The summarized linear model is:

$$X1 = -1.1785e+5 + 2.7322e-1X4 + 7.4949e+1X2 + 9.1811e+3X3 \quad (19)$$

### Рисунок 33, лист 2

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

Линейная модель, представленная на рисунке 33, демонстрирует тесную связь между исходными данными, где коэффициент детерминации составляет 94.41%. Модель отражает надежный уровень взаимозависимости данных и имеет 72% описательную способность (Descriptive Power). Исходящей зависимой переменной является производство электроэнергии на ТЭС при использовании каменного и бурого угля в виде основного источника энергии, обозначается переменная как X1 и измеряется в ГВт.ч.. Релевантными независимыми входящими переменными являются: ВВП ППС (млрд. долл. США 2005) – обозначается как X2 и имеет 37% уровень снижения погрешности модели, количество населения (миллионов человек) - обозначенное как X3 и имеющее уровень снижения погрешности модели 25%, а также потребление каменного и бурого угля при производстве электрической и тепловой энергии (килотонн) - обозначенное как X4 с уровнем снижения погрешности модели 38%. Количество лет, используемых при построении модели, составляет 23 года – с 1990 по 2012 годы, количество входящих независимых переменных – 3.

Графически модель выработки электроэнергии тепловыми электростанциями с использованием угля в виде основного источника энергии представлена на рисунке 34. Синей линией обозначается фактическая выработка электроэнергии на ТЭС, а красной линией обозначается выработка электроэнергии на ТЭС на основе полученного уравнения модели (19).

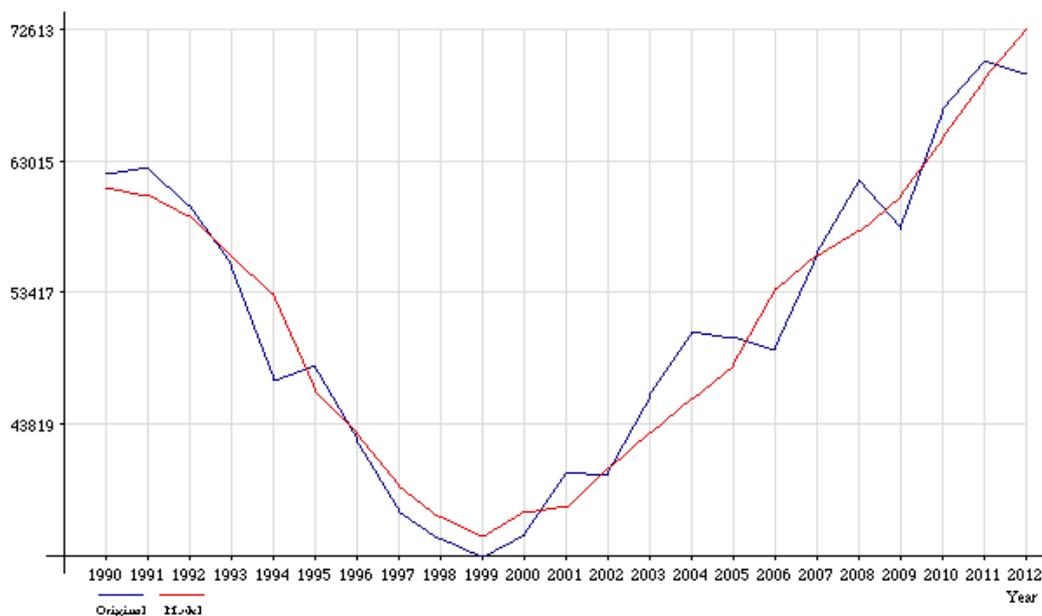


Рисунок 34 – Графическая модель выработки электроэнергии (ГВт.ч.) на ТЭС с использованием каменного и бурого угля в Казахстане с 1990 по 2012 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

На рисунке 34 можно видеть, что выработка электроэнергии с использованием бурого и каменного угля в качестве источника энергии постепенно идет на убыль и достигает своего минимума в 1999 году. Это могло быть связано с общей адаптацией к рыночной экономике в роли независимого государства после длительной плановой экономики в составе Советского Союза. В конце 90-х годов происходит снижение цен на нефть и главный торговый партнер нашей страны – Россия объявляет дефолт, то есть невозможность платить по своим обязательствам. В результате чего на фоне финансового кризиса в Казахстане происходит снижение экономической активности и как результат наблюдается спад объема производства электроэнергии. После 1999 года наблюдается постепенный рост выработки электроэнергии на ТЭС с использованием каменного и бурого угля в связи с постепенной стабилизацией экономической деятельности, ростом ВВП и увеличением количества населения. В 2008 году наблюдается наиболее резкое падение производства электроэнергии на ТЭС с конца 90-х годов в связи с мировым финансовым и экономическим кризисом. Очередной кризис способствует более целенаправленной работе с инновациями. В стране принят ряд ключевых законов направленных на инновационное развитие экономики в целом и электроэнергетического комплекса в частности.

Далее, по полученному уравнению рассчитаем прогноз производства электроэнергии тепловыми электростанциями с использованием каменного и бурого угля в Казахстане за пятилетний период с 2013 по 2017 годы на основе полученных прогнозных значений количества населения, ВВП и потребления каменного и бурого угля при производстве электрической и тепловой энергии. Полученные результаты сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Прогнозные значения ВВП ППС (млрд. долларов США 2005) и количества населения (млн. человек)

Год	Годовой прогнозный рост ВВП в Казахстане, %	Расчет прогнозного значения ВВП ППС (млрд. долларов США 2005)	Прогнозное значение количества населения в Казахстане, млн. человек
2013	6.0	$321.89 * 1.06 = 341$	16.5
2014	4.1	$341.20 * 1.041 = 355$	16.69
2015	1.8	$355.19 * 1.018 = 362$	16.87
2016	3.2	$361.59 * 1.032 = 373$	17.05
2017	4.7	$373.16 * 1.047 = 391$	17.22
Примечание - Разработано автором на основе данных источника [59, 87, 88]			

Прогноз потребления каменного и бурого угля при производстве электроэнергии рассчитаем как величину, зависящую от среднего изменения в процентах между показателями ВВП и количеством населения. Такой подход основывается на том, что большая часть электроэнергии в Казахстане вырабатывается тепловыми электростанциями, а основная часть ее потребления распределяется между промышленными предприятиями и жилым сектором. В среднем в процентах от общего конечного потребления электроэнергии с 1990 по 2012 годы промышленный сектор потребил 59.07%, сельское хозяйство 12.11%, а жилой сектор 12.04%, далее следует транспортный сектор 6.22%, коммерческие и общественные услуги 1.80% и прочее 8.76% [59].

Таблица 17 – Прогнозные значения потребления каменного и бурого угля при производстве электроэнергии в Казахстане

Год	Среднее прогнозное значение между изменением в процентах показателей ВВП и количества населения, %	Расчет прогнозного потребления каменного и бурого угля при производстве электроэнергии
1	2	3
2013	2.14	$44596 * 1.0214 = 45550$

Продолжение таблицы 17

1	2	3
2014	2.63	$45550.35 * 1.0263 = 46748$
2015	1.44	$46748.33 * 1.0144 = 47422$
2016	2.13	$47421.5 * 1.0213 = 48432$
2017	2.85	$48431.58 * 1.0285 = 49812$
Примечание - Разработано автором на основе данных источника [59, 87, 88]		

Подставляя полученные прогнозные значения в таблице 16 и 17 в уравнение модели (19), получаем прогнозную выработку электроэнергии тепловыми электростанциями с использованием угля в Казахстане с 2013 по 2017 годы.

Таблица 18 – Прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием каменного и бурого угля в Казахстане с 2013 по 2017 годы

Год	Прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием каменного и бурого угля, ГВт.ч.
2013	70212
2014	72283
2015	73385
2016	73661
2017	74038
Примечание – Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87, 88]	

Полученные прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием каменного и бурого угля в Казахстане с 2013 по 2017 годы графически представлены на рисунке 35.

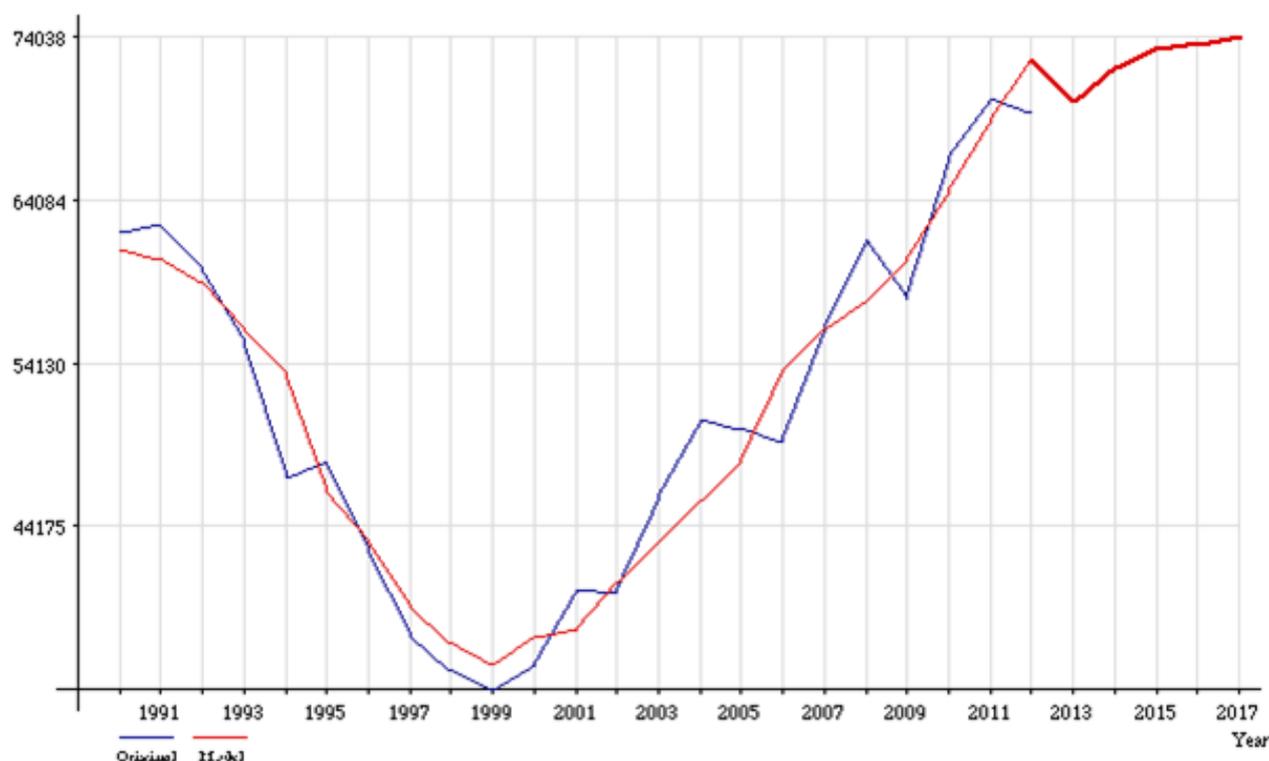


Рисунок 35 - Прогнозные значения по выработке электроэнергии (ГВт.ч.) на ТЭС с использованием каменного и бурого угля в Казахстане с 2013 по 2017 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87, 88]

На рисунке 35 видно, что прогнозные значения выработки электроэнергии с использованием каменного и бурого угля (красная линия) постепенно увеличиваются. Так, например, согласно полученным прогнозным данным (таблица 18) с 2013 по 2017 годы это увеличение может составить 5.45%. Очевидно, что при подобном сценарии развития выбросы углекислого газа в атмосферу от производства электрической и тепловой энергии будут увеличиваться пропорционально и к 2017 году могут достигнуть отметки 89.63 млн. тонн CO<sub>2</sub> в год (85 млн. тонн CO<sub>2</sub> (2012 г.)\*1.0545).

В рамках создаваемого общего электроэнергетического рынка ЕАЭС необходимо обязать всех участников частично покрывать возрастающий спрос на электроэнергию за счет возобновляемых источников энергии. При этом необходимо сформировать единое понятие о ВИЭ в рамках ЕАЭС, подчеркивая их значимость для улучшения экологической ситуации и покрытия возрастающих потребностей в электроэнергии, и исключить из их состава, для целей учета, работу крупных гидроэлектростанций. В случае невыполнения установленных нормативов по производству электроэнергии из ВИЭ обязать производителей электроэнергии выплачивать компенсацию в общий

инновационный фонд ЕАЭС. Выплачиваемая компенсация может составлять определенный процент от чистой прибыли предприятия-производителя электроэнергии, который будет периодически увеличиваться в случае не соблюдения нормативов по ВИЭ.

Согласно проведенному анализу общий уровень инновационной активности в Казахстане постепенно увеличивается. Однако довольно немного детальной информации в публичном доступе о развитии инновационной деятельности в сфере электроэнергетики. Для отслеживания процесса и выполнения оценки инновационного развития в сфере электроэнергетики необходимо разработать широко-информационный вебсайт, например, на основе официального сайта Министерства энергетики Республики Казахстан, с детальным указанием исторической, фактической и прогнозной информации о деятельности и основных показателях на всех этапах функционирования электроэнергетического комплекса страны. В качестве примера могут использоваться официальные сайты Международного агентства по энергетике и Администрации США по информированию в сфере энергетики. Например, помимо детальной и разделенной по временным периодам информации на этих сайтах можно узнать о последних инновационных достижениях, практически внедряемых и разрабатываемых в сфере электроэнергетики.

#### *Россия*

В рамках Евразийского экономического союза наиболее крупным участником по количеству населения, размеру ВВП, территории и объемам производимой электроэнергии является Российская Федерация. Согласно IEA, за 23-х летний период с 1990 по 2012 годы производство электроэнергии с использованием ископаемого топлива в среднем от общего производства электроэнергии в России составило: природный газ 45.15%, уголь 17.50% и нефть 4.95%.

В России при производстве электроэнергии больше всего используется природный газ в виде источника энергии. По аналогии построения модели выработки электроэнергии с использованием угля в Казахстане построим модель выработки электроэнергии в России с использованием природного газа с 1990 по 2012 годы. Данные о производстве электроэнергии с использованием природного газа на тепловых электростанциях, ВВП, количестве населения и потреблении природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на тепловых электростанциях в России с 1990 по 2012 годы представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Производство электроэнергии с использованием природного газа на ТЭС, ВВП, количество населения и потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в России с 1990 по 2012 годы

Год	Производство электроэнергии с использованием природного газа на ТЭС, ГВт.ч.	ВВП ППС (млрд. долларов США 2005)	Население, млн. человек	Потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии, тыс. т.н.э.
1990	512194	1872.28	148.29	170139
1991	501645	1777.79	148.62	184722
1992	460670	1519.45	148.69	174155
1993	429745	1387.74	148.52	155205
1994	364316	1213.3	148.34	139444
1995	354056	1163.03	148.14	131891
1996	364724	1121.16	147.74	131526
1997	357403	1136.86	147.3	128823
1998	345520	1076.6	146.9	123766
1999	358633	1145.51	146.31	124954
2000	370372	1260.06	146.3	126748
2001	376744	1324.22	145.95	129823
2002	384744	1387.04	145.3	132486
2003	406758	1488.23	144.6	136610
2004	422437	1595.03	143.85	138873
2005	439312	1696.73	143.15	143290
2006	457749	1835.07	142.5	147467
2007	486713	1991.7	142.1	153352
2008	494716	2096.22	141.95	154033
2009	469034	1932.28	141.91	145955
2010	520529	2019.3	142.39	159022
2011	519202	2105.95	142.96	169260
2012	525377	2178.44	143.53	172600
Примечание - Составлено автором на основе данных источника [59]				

Используя данные в таблице 19 в статистической программе Knowledge Miner, получаем сгенерированную модель, которая описывает производство электроэнергии с использованием природного газа в России (рисунок 36). Коэффициент детерминации составляет 98.38%, что говорит о том, что изменение зависимой величины – генерация электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа на 98.38% описывается представленными в модели независимыми величинами. Значимые входящие переменные X2 - ВВП

ППС (млрд. долларов США 2005) и X4 – потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии.

```
Prediction Error Sum Of Squares (PESS): ----- 0.0192
Mean Absolute Percentage Error: ----- 1.34 %
Approximation Error Variance: ----- 0.0162
Coefficient Of Determination (R-squared): ----- 0.9838
adjusted R-squared: ----- 0.9769
Descriptive Power: ----- 85 %

OUTPUT VARIABLE:
X1 - Electricity production from gas , GWh

RELEVANT INPUT VARIABLES: 2
X2 - GDP PPP (bln. 2005 USD) (93%)
X4 - Electricity and CHP plants natural gas consumption, ktoe (7%)
(The percentages in parantheses reflect the contribution of an input to reducing the model error.)

Data Length: 23
Examination Set: 0
Number of Input Variables: 3
Max. Lagged Time: 0
Normalization: with
Model Type: input-output-model / exclusively linear / static
Number Of Chosen Best Models: 5
Performance Increase Level: 10%
Application Of Layer Break-Through: on all variables

MODEL EVALUATION:
The model appears to reflect a valid relationship. It describes 85 % of the data.
For the chosen model type, modeling is based on a SUFFICIENTLY sized information basis.
The summarized linear model is:

X1 = 4.8056e+4 + 1.1427e+2X2 + 1.3830e+0X4
```

(20)

Рисунок 36 – Линейная прогнозная модель выработки электроэнергии в России на ТЭС и использованием природного газа с 1990 по 2012 годы

Примечание - Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

Графически модель выработки электроэнергии в России на ТЭС с использованием природного газа с 1990 по 2012 годы представлена на рисунке 37.

Значимыми входящими переменными (X2, X4) являются ВВП и потребление газа при производстве электрической и тепловой энергии (GDP, Electricity and CHP plants natural gas consumption). Исходящей переменной величиной (X1) является производство электроэнергии с использованием природного газа на ТЭС (Electricity production from gas). Количество рассматриваемых периодов времени (Data Length) - 23 года. Построение модели основывается на достаточном количестве данных (For the chosen model type, modeling is based on a SUFFICIENTLY sized information basis). Количество входящих переменных равняется 3 (Number of Input Variables 3).

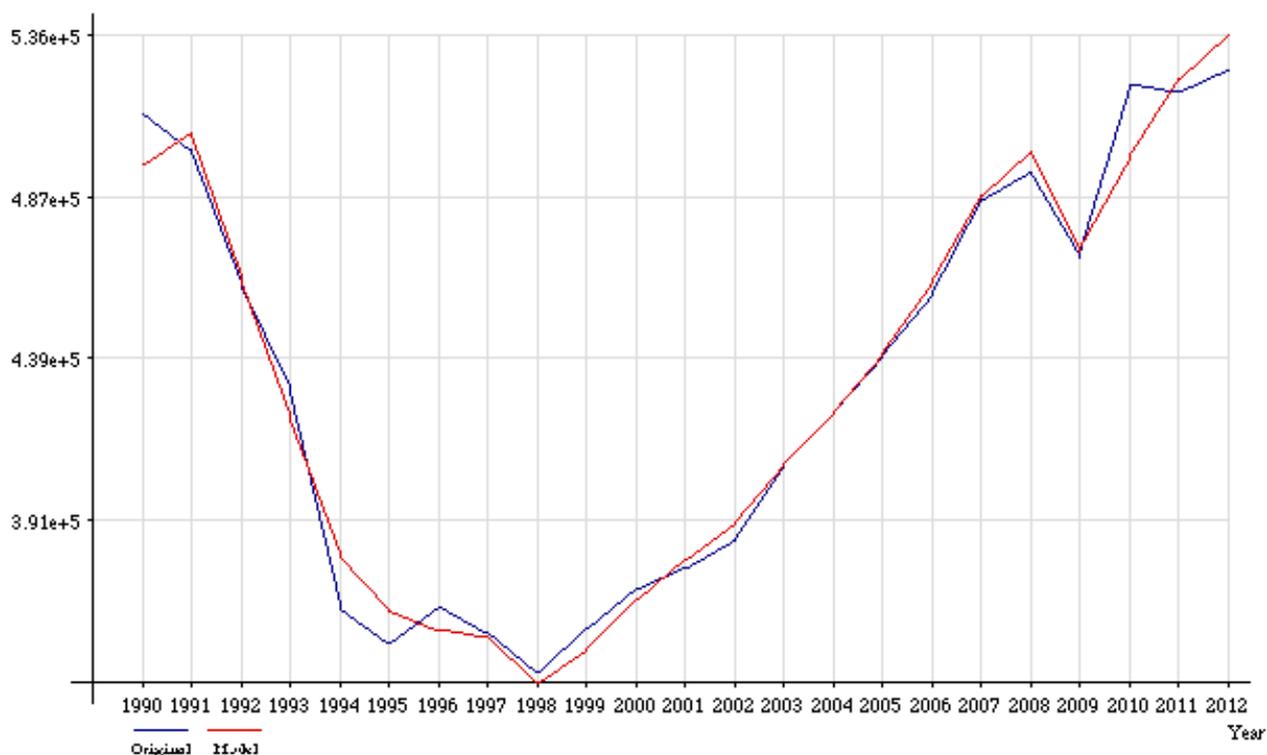


Рисунок 37 – Графическая модель выработки электроэнергии (ГВт.ч.) в России на ТЭС в зависимости от ВВП, количества населения и потребления природного газа на ТЭС в России с 1990 по 2012 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

Далее, по полученному уравнению (20) рассчитаем прогноз производства электроэнергии на ТЭС в России с использованием природного газа за пятилетний период с 2013 по 2017 годы на основе полученных прогнозных значений ВВП и потребления природного газа. Прогнозное значение ВВП рассчитывается на основе данных Всемирного банка. Прогнозные значения потребления природного газа рассчитаем с использованием прогнозного процентного изменения ВВП в России с 2013 по 2017 годы. Такой подход объясняется тем, что согласно IEA на промышленный сектор приходится большая часть конечного потребления электроэнергии в России. В сравнении с предыдущим расчетом прогнозного показателя потребления угля в Казахстане, в данном случае будем использовать только прогнозные значения изменения ВВП с тем, чтобы в дальнейшем оценить какая модель оказывается наиболее достоверной при наличии уже фактических показателей. Полученные прогнозные результаты сведены в таблицу 20.

Таблица 20 – Прогнозные значения ВВП ППС (млрд. долларов США 2005) и потребления природного газа (тыс. т.н.э.) при производстве электрической и тепловой энергии в России с 2013 по 2017 годы

Год	Годовой прогнозный рост ВВП в России, %	Расчет прогнозного значения ВВП ППС (млрд. долларов США 2005)	Прогнозное значение потребления природного газа (тыс. т.н.э.) при производстве электрической и тепловой энергии
2013	1.32	$2178 * 1.0132 = 2207$	$172600 * 1.0132 = 174878$
2014	0.70	$2207 * 1.007 = 2223$	$174878 * 1.007 = 176102$
2015	-2.90	$2223 * (-0.029) + 2223 = 2158$	$176102 * (-0.029) + 176102 = 170996$
2016	0.10	$2158.19 * 1.001 = 2160$	$170996 * 1.001 = 171166$
2017	1.10	$2160.35 * 1.011 = 2184$	$171166 * 1.011 = 173049$
Примечание - Разработано автором на основе данных источника [59, 87]			

Таблица 21 – Прогнозные значения производства электроэнергии на ТЭС в России с использованием природного газа с 2013 по 2017 годы.

Год	Прогнозные значения производства электроэнергии на ТЭС в России с использованием природного газа, ГВт.ч.
2013	538849.13
2014	540542.19
2015	531165.13
2016	531648.44
2017	536319.56
Примечание – рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87]	

Полученные прогнозные значения производства электроэнергии на ТЭС в России с использованием природного газа с 2013 по 2017 годы графически представлены на рисунке 38. Синяя линия обозначает фактические значения выработки электроэнергии на ТЭС в России с использованием природного газа, а красная линия построена на основе сгенерированной прогнозной модели. На рисунке 38 можно видеть, что синяя и красная линии описывают схожую траекторию, что говорит о высокой степени описательной способности модели (Descriptive Power 85%) (рисунок 36).

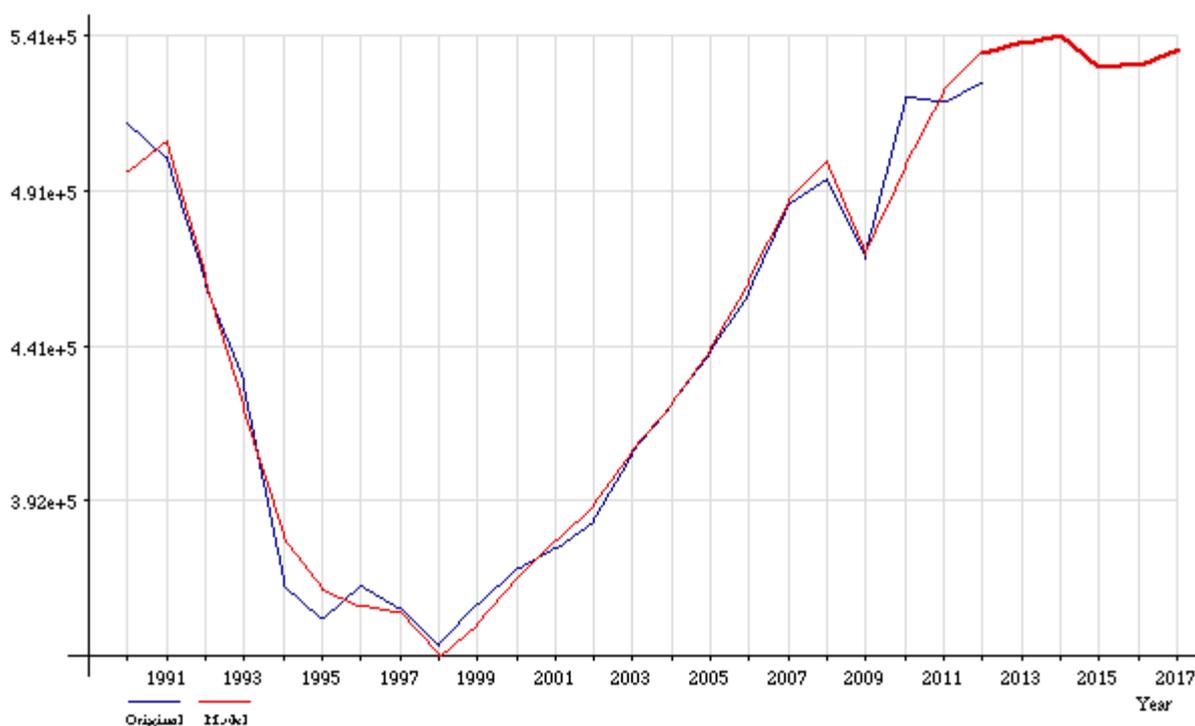


Рисунок 38 – Графическая модель прогнозных значений производства электроэнергии (ГВт.ч.) на ТЭС в России с использованием природного газа с 2013 по 2017 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87]

### *Белоруссия*

В Белоруссии также как и в Казахстане и России большая часть электроэнергии производится с использованием ископаемого топлива. Согласно IEA за 23-х летний период с 1990 по 2012 годы в среднем от общего производства электроэнергии в Белоруссии генерация электроэнергии при использовании угля составила 0.02%, нефти 14.40% и газа 85.42% - наибольший показатель. Исходя из того, что природный газ является доминирующим источником энергии, построим математическую модель производства электроэнергии с использованием природного газа в зависимости от ВВП, количества населения и потребления природного газа при производстве электрической и тепловой энергии. В таблице 22 представлены исходные данные для построения математической модели.

Таблица 22 - ВВП, количество населения и потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС в Белоруссии

Год	Производство электроэнергии с использованием природного газа, ГВт.ч.	ВВП ППС (млрд. долларов США 2005)	Население, млн. человек	Потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии, тыс. т.н.э.
1990	20607	73.41	10.19	6230
1991	20095	72.53	10.19	5573
1992	25933	65.57	10.22	8936
1993	24009	60.59	10.24	8048
1994	22608	53.5	10.23	7071
1995	17899	47.93	10.19	5900
1996	19073	49.28	10.16	6170
1997	22544	54.89	10.12	7192
1998	20353	59.51	10.07	6564
1999	23294	61.53	10.04	6786
2000	24360	65.1	10.01	7459
2001	23577	68.17	9.93	7455
2002	25068	71.61	9.87	7688
2003	25509	76.66	9.8	7860
2004	29657	85.43	9.73	9030
2005	29980	93.5	9.66	9205
2006	30212	102.85	9.6	9236
2007	31523	111.74	9.56	9662
2008	33958	123.19	9.53	10083
2009	24818	123.39	9.51	7425
2010	33899	132.89	9.49	10373
2011	31639	140.2	9.47	9628
2012	29787	142.31	9.46	9171
Примечание - Составлено автором на основе данных источника [59]				

Используя данные из таблицы 22 в статистической программе Knowledge Miner, получаем сгенерированную модель, которая описывает производство электроэнергии в Белоруссии на ТЭС с использованием природного газа. Коэффициент детерминации составляет 97.11%, что отражает тесную взаимосвязь между представленными исходными данными. Значимыми входящими переменными модели являются: X3 – количество населения (млн. человек) и X4 – потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии (тыс. т.н.э.) (рисунок 39).

Prediction Error Sum Of Squares (PESS): ----- 0.0386  
 Mean Absolute Percentage Error: ----- 2.47 %  
 Approximation Error Variance: ----- 0.0289  
 Coefficient Of Determination (R-squared): ----- 0.9711  
 adjusted R-squared: ----- 0.9589  
 Descriptive Power: ----- 80 %  
 OUTPUT VARIABLE:  
 X1 - Electricity production from gas, GWh  
 RELEVANT INPUT VARIABLES: 2  
 X3 - Population, mln (74%)  
 X4 - Electricity and CHP plants natural gas consumption, ktoe (26%)  
 (The percentages in parantheses reflect the contribution of an input to reducing the model error.)  
 Data Length: 23  
 Examination Set: 0  
 Number of Input Variables: 3  
 Max. Lagged Time: 0  
 Normalization: with  
 Model Type: input-output-model / exclusively linear / static  
 Number Of Chosen Best Models: 5  
 Performance Increase Level: 10%  
 Application Of Layer Break-Through: on all variables  
 MODEL EVALUATION:  
 The model appears to reflect a valid relationship. It describes 80 % of the data.  
 For the chosen model type, modeling is based on a SUFFICIENTLY sized information basis.  
 The summarized linear model is:

$$X1 = 4.3778e+4 - 3.9551e+3X3 + 2.6396e+0X4 \quad (21)$$

Рисунок 39 – Линейная прогнозная модель производства электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Белоруссии с 1990 по 2012 годы

Примечание - Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

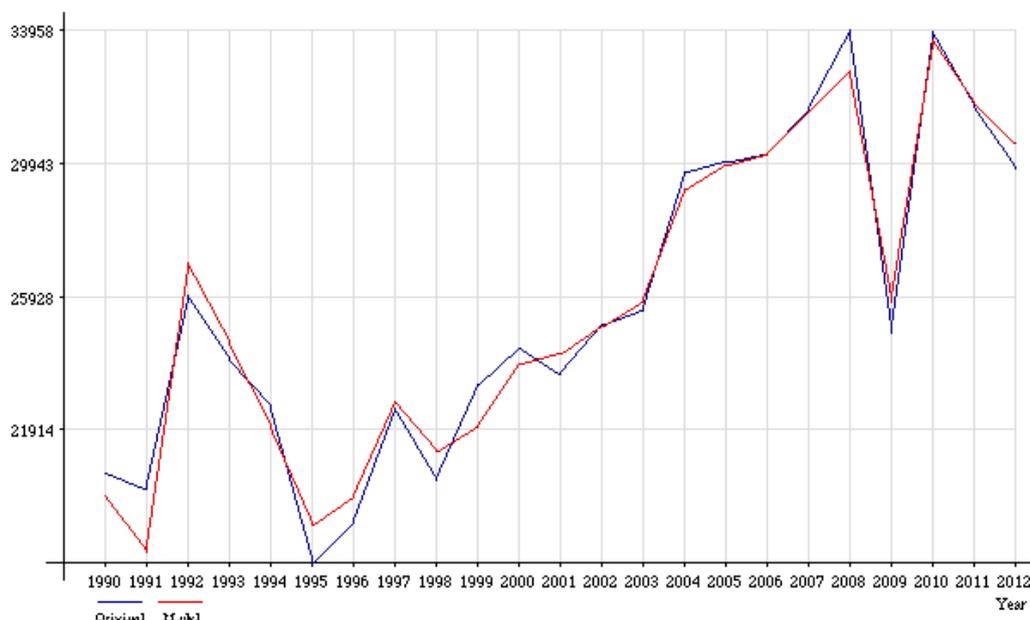


Рисунок 40 – Графическая модель производства электроэнергии (ГВт.ч.) на ТЭС с использованием природного газа в Белоруссии с 1990 по 2012 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

Далее, по полученному уравнению (21) рассчитаем прогноз производства электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Белоруссии за пятилетний период с 2013 по 2017 годы на основе полученных прогнозных значений количества населения и потребления природного газа при производстве электрической и тепловой энергии. Прогнозные значения количества населения принимаются на основе данных, предоставленных на официальном сайте Денверского университета, США. Прогнозные значения потребления природного газа на ТЭС рассчитываем с учетом процентного изменения количества населения в стране. В данном случае за основу прогнозирования берется изменение количества населения, так как показатель количества населения уменьшает уровень погрешности модели производства электроэнергии на ТЭС в Белоруссии с использованием природного газа на 74% (рисунок 39). Полученные результаты сведены в таблицу 23.

Таблица 23 – Прогнозные значения количества населения (млн. чел.) и потребления природного газа на ТЭС Белоруссии с 2013 по 2017 годы

Год	Прогнозное значение количества населения в Белоруссии, млн. человек	Годовой прогнозный рост/(-уменьшение) количества населения в Белоруссии, %	Расчет прогнозного значения потребления природного газа на ТЭС в Белоруссии, тыс. т.н.э.
2013	9.384	-0.80	$9171 * (-0.80\%) + 9171 = 9098$
2014	9.345	-0.42	$9097.63 * (-0.42\%) + 9097.63 = 9059$
2015	9.306	-0.42	$9059.42 * (-0.42\%) + 9059.42 = 9021$
2016	9.267	-0.42	$9021.37 * (-0.42\%) + 9021.37 = 8983$
2017	9.226	-0.44	$8983.48 * (-0.44\%) + 8983.48 = 8944$
Примечание - Разработано автором на основе данных источника [59, 88]			

Подставляя полученные прогнозные значения в таблице 23 в уравнение модели (21) производства электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Белоруссии, получаем прогнозную выработку электроэнергии с 2013 по 2017 годы.

Таблица 24 – Прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Белоруссии с 2013 по 2017 годы.

Год	Прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС Белоруссии с использованием природного газа, ГВт.ч.
1	2
2013	30377.29
2014	30276.43

Продолжение таблицы 24

1	2
2015	30175.996
2016	30075.98
2017	29971.64

Примечание – Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 88]

Полученные прогнозные значения в таблице 24 графически представлены на рисунке 41.

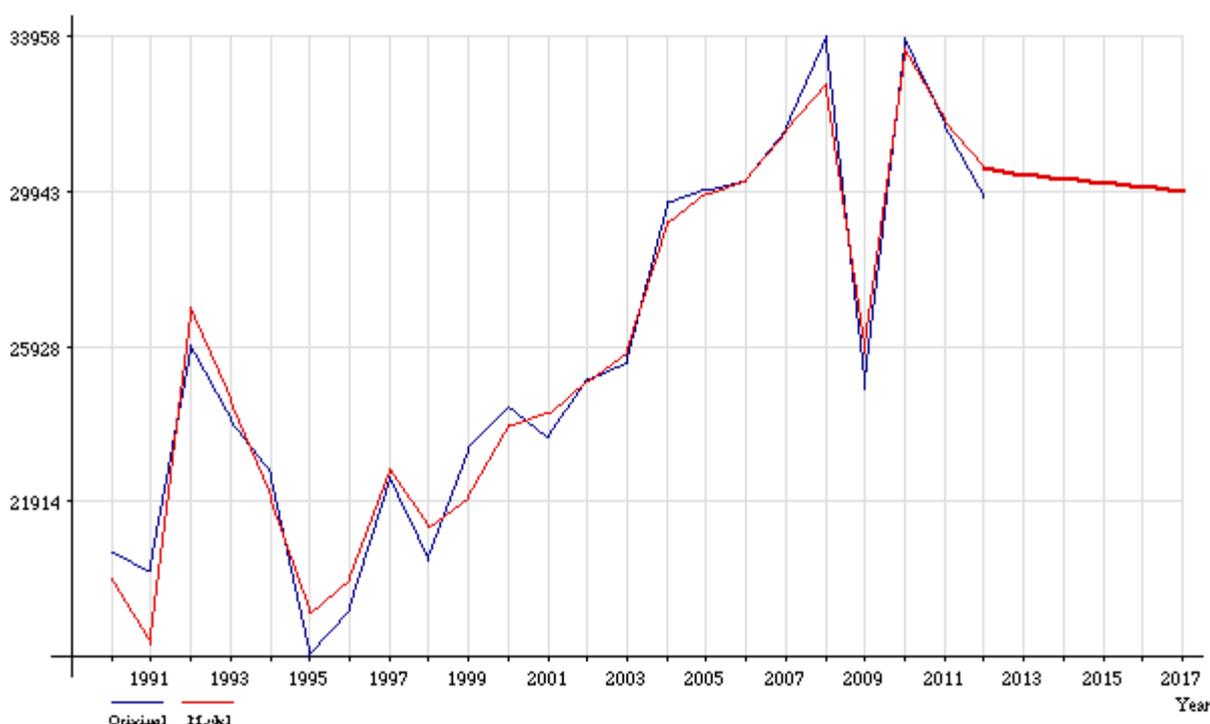


Рисунок 41 – Графическая модель прогнозных значений по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Белоруссии с 2013 по 2017 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 88]

*Армения*

Согласно IEA производство электроэнергии в Армении с 1990 по 2012 годы в среднем от общего производства электроэнергии составило: с использованием угля 0%, нефти 8.59%, природного газа 32.58%, на АЭС 27.51%, на ГЭС 31.30%, и с использованием энергии ветра 0.02%. Из приведенных данных видно, что крупнейшими производителями

электроэнергии в стране являются ТЭС, гидроэлектростанции и АЭС. Причем большая часть электроэнергии вырабатывается на ТЭС с использованием природного газа.

Таблица 25 - Суммарное производство электроэнергии, ВВП и количество населения в Армении

Год	Суммарное производство электроэнергии, ГВт.ч.	ВВП ППС (млрд. долларов США 2005)	Население, млн. человек	Импорт природного газа, ТДж	Потребление природного газа при производстве электрической и тепловой энергии, тыс. т.н.э.
1990	1700	11.8	3.55	167200	822
1991	2670	10.42	3.51	167200	983
1992	2060	6.07	3.45	70680	490
1993	1456	5.53	3.37	30628	245
1994	1508	5.83	3.29	32870	245
1995	2913	6.23	3.22	53200	528
1996	2191	6.6	3.17	41470	588
1997	3013	6.82	3.14	54477	753
1998	3065	7.32	3.11	56739	752
1999	2439	7.56	3.09	46239	613
2000	2692	8	3.08	52116	674
2001	2790	8.77	3.06	53082	649
2002	1579	9.92	3.05	40716	384
2003	1521	11.32	3.04	45278	368
2004	1831	12.5	3.03	50292	321
2005	1828	14.24	3.02	62281	398
2006	1476	16.11	3	63864	378
2007	1489	18.33	2.99	76456	452
2008	1510	19.59	2.98	83769	443
2009	1154	16.82	2.97	65550	275
2010	1438	17.19	2.96	63761	269
2011	2390	18	2.96	77737	402
2012	3399	19.3	2.97	92289	609
Примечание - Составлено автором на основе данных источника [59]					

Используя данные из таблицы 25, построим в статистической программе Knowledge Miner модель, описывающую производство электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 1990 по 2012 годы (Рисунок 42).

Prediction Error Sum Of Squares (PESS): ----- 0.4173  
 Mean Absolute Percentage Error: ----- 12.89 %  
 Approximation Error Variance: ----- 0.3550  
 Coefficient Of Determination (R-squared): ----- 0.6450  
 adjusted R-squared: ----- 0.4617  
 Descriptive Power: ----- 31 %  
 OUTPUT VARIABLE:  
 X1 - Electricity production from gas, GWh  
 RELEVANT INPUT VARIABLES: 2  
 X4 - CHP plants natural gas consumption, ktoe (75%)  
 X5 - Natural gas imports, TJ (25%)  
 (The percentages in parantheses reflect the contribution of an input to reducing the model error.)  
 Data Length: 23  
 Examination Set: 0  
 Number of Input Variables: 4  
 Max. Lagged Time: 0  
 Normalization: with  
 Model Type: input-output-model / exclusively linear / static  
 Number Of Chosen Best Models: 5  
 Performance Increase Level: 10%  
 Application Of Layer Break-Through: on all variables  
 MODEL EVALUATION:  
 The model seems to reflect a valid relationship. It describes 31 % of the data.  
 For the chosen model type, modeling is based on a SUFFICIENTLY sized information basis.  
 The summarized linear model is:

$$X1 = 1.0511e+3 + 3.2933e+0X4 - 9.3035e-3X5 \quad (22)$$

Рисунок 42 – Линейная прогнозная модель производства электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 1990 по 2012 годы

Примечание - Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

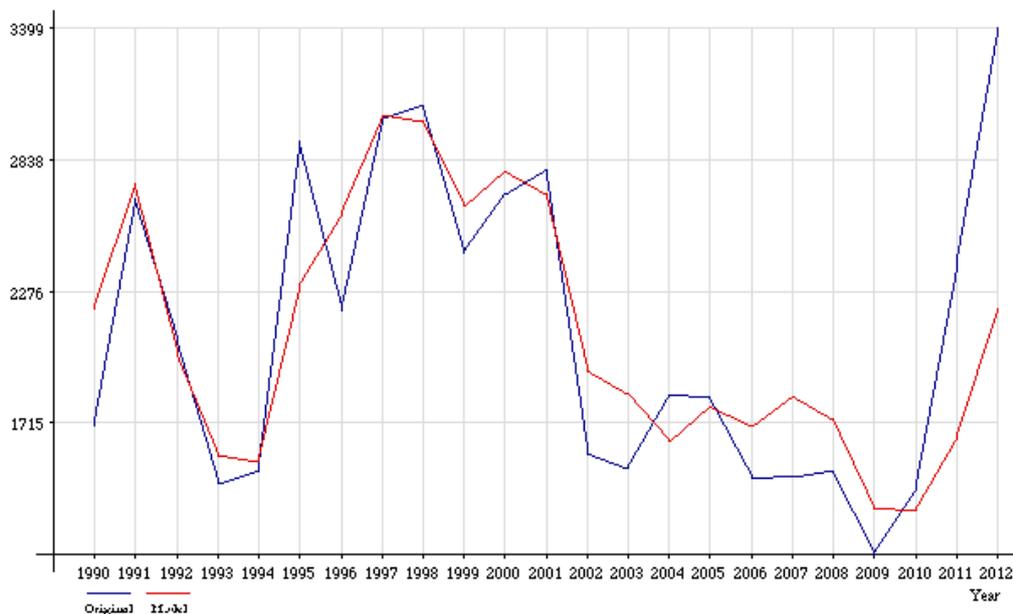


Рисунок 43 – Графическая модель производства электр-ии (ГВт.ч.) на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 1990 по 2012 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы «Knowledge Miner» на основе данных источника [59]

Далее, по полученному уравнению (22) рассчитаем прогноз производства электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении за пятилетний период с 2013 по 2017 годы. Прогнозные значения потребления природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС, а также прогнозные значения импорта природного газа рассчитаем на основе среднего процентного изменения между ВВП и количеством населения. Среднее процентное изменение между ВВП и количеством населения выбрано для расчета прогнозных значений потребления и импорта природного газа аналогично произведенному прогнозу в первом случае для Казахстана. Конечное потребление электроэнергии в Армении согласно ИЕА в большей мере приходится на жилой сектор и промышленность.

Прогнозные значения количества населения принимаются на основе данных, предоставленных на официальном сайте Денверского университета, США. Прогнозные значения ВВП рассчитывается на основе данных Всемирного банка. Полученные результаты сведены в таблицу 26.

Таблица 26 – Расчет прогнозного значения потребления природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС (тыс. т.н.э.) и расчет прогнозного значения импорта природного газа (ТДж) в Армении

Год	Годовой прогнозный рост ВВП в Армении, %	Годовой прогнозный рост количества населения в Армении, %	Среднее значение между прогнозным ростом ВВП и прогнозным ростом количества населения, %	Расчет прогнозного значения потребления природного газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС, тыс. т.н.э.	Расчет прогнозного значения импорта природного газа, ТДж
2013	3.5	0.34	$(3.5+0.34)/2=1.9$	$609*1.02=621$	$92289*1.02=94059$
2014	2.6	0.30	$(2.6+0.30)/2=1.4$	$620.68*1.01=630$	$94059*1.01=95424$
2015	3.3	0.20	$(3.3+0.20)/2=1.7$	$629.69*1.02=641$	$95424*1.02=97095$
2016	3.7	0.17	$(3.7+0.17)/2=1.9$	$640.71*1.02=653$	$97094*1.02=98972$
2017	4.1	0.07	$(4.1+0.07)/2=2.0$	$653.10*1.02=667$	$98972*1.02=101034$
Примечание - Разработано автором на основе данных источника [59, 87, 88]					

Подставляя полученные прогнозные значения в таблице 26 в уравнение модели (22), получаем прогнозную выработку электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 2013 по 2017 годы.

Таблица 27 – Прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 2013 по 2017 годы.

Год	Прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении, ГВт.ч.
2013	2220.12
2014	2237.09
2015	2257.84
2016	2281.18
2017	2306.79

Примечание – Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87, 88]

Полученные прогнозные значения по выработке электроэнергии на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 2013 по 2017 годы графически представлены на рисунке 44.

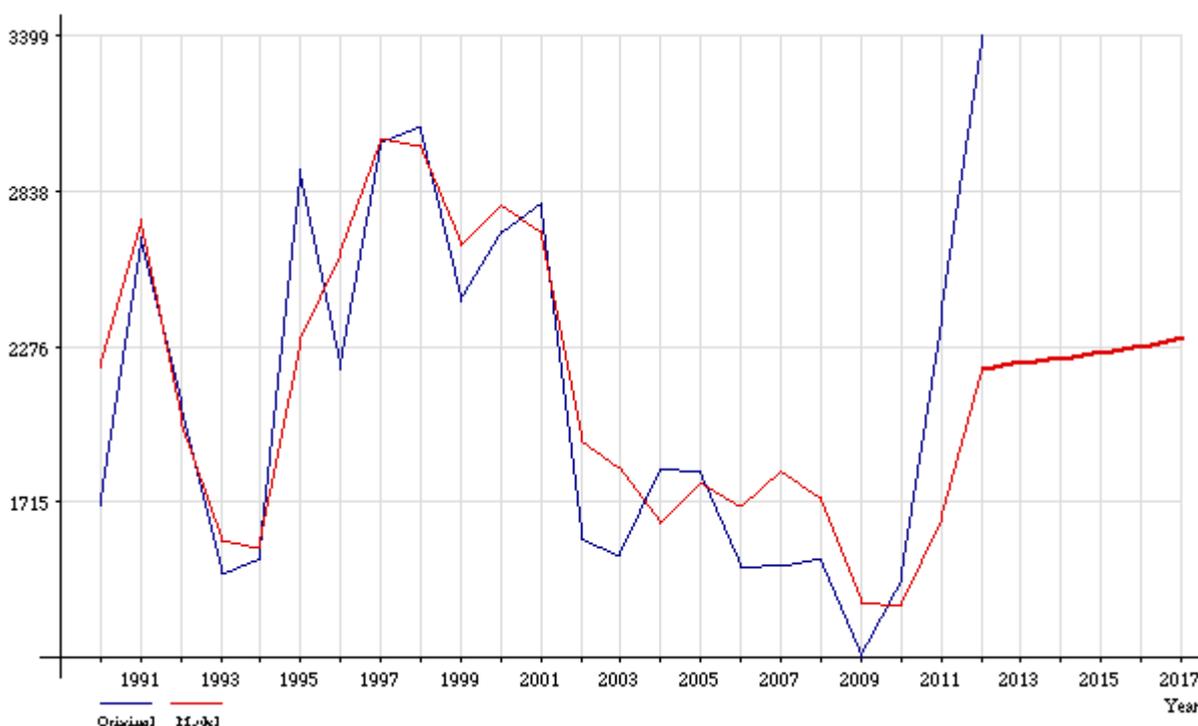


Рисунок 44 – Графическая модель прогнозных значений по выработке электроэнергии (ГВт.ч.) на ТЭС с использованием природного газа в Армении с 2013 по 2017 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87, 88]

### *Киргизия*

Производство электроэнергии в Киргизии в основном осуществляется при помощи гидроэлектростанций. Согласно IEA в среднем в процентах от общей выработки электроэнергии за период с 1990 по 2012 годы производство электроэнергии на гидроэлектростанциях в Киргизии составило 82.82%. Производство электроэнергии на ТЭС с использованием газа 9.94%, угля 6.73% и нефти 0.5%. Очевидно, что большая часть электроэнергии производится гидроэлектростанциями.

Более того, российским энергетическим холдингом РусГидро ведется строительство каскада Верхне-нарынских ГЭС в Киргизии, состоящего из четырех станций общей мощностью 237.7 МВт. В настоящее время ведется строительство первоочередных Нарынской ГЭС-1 и Акбулунской ГЭС [89]. Данное строительство, в перспективе, сможет еще больше увеличить долю выработанной электроэнергии на гидроэлектростанциях и повысить экспортный потенциал страны.

Значительное доминирование гидроэлектроэнергии с постоянно увеличивающейся долей в общем объеме производимой электроэнергии в стране (1990 год – 63.48% и в 2012 году – 93.48%) согласно IEA, указывает на целесообразность учитывать общий объем производимой электроэнергии в Киргизии при построении математической модели. В качестве значимых факторов при построении модели выбраны ВВП, количество населения и экспорт электроэнергии.

Согласно IEA конечное потребление электроэнергии в Киргизии в 2008 году составило 7078 ГВт.ч, а в 2012 году 9591 ГВт.ч, с учетом импорта, экспорта, а также потерь электроэнергии. В таблице 28 представлено конечное потребление электроэнергии по секторам экономики в Киргизии с 2008 по 2012 годы.

Значительную часть электроэнергии Киргизия экспортирует в другие страны (таблица 29). Крупнейшим импортером электроэнергии из Киргизии является Казахстан. Так согласно данным Банка развития Казахстана импорт электроэнергии из Киргизии составил 2456.8 ГВт.ч. и 1361.6 ГВт.ч. в 2011 и 2012 годах соответственно.

Таблица 28 - Конечное потребление электроэнергии по секторам экономики в Киргизии с 2008 по 2012 годы

Сектор	Год				
	2008	2009	2010	2011	2012
1	2	3	4	5	6
Промышленность	28.65%	27.63%	24.92%	22.96%	20.70%
Транспорт	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Жилой сектор	43.98%	44.85%	49.04%	52.18%	54.42%
Общественные и комм. услуги	17.89%	18.24%	19.94%	21.21%	22.12%

Продолжение таблицы 28

1	2	3	4	5	6
Сельское хозяйство	8.39%	8.83%	5.33%	2.97%	2.31%
Прочее	1.09%	0.45%	0.78%	0.68%	0.45%
Примечание - Составлено автором на основе данных источника [59]					

Из таблицы 28 видно, что большая часть потребления электроэнергии приходится на жилой сектор. В среднем с 2008 по 2012 годы этот показатель составил 48.89%. Следующий по величине идет промышленный сектор, где среднее значение за пятилетний период составляет 24.97%.

В таблице 29 приводятся данные общей выработки электроэнергии, ВВП, количество населения и объемы экспорта электроэнергии из Киргизии.

Таблица 29 - Суммарное производство электроэнергии, ВВП, количество населения и экспорт электроэнергии из Киргизии

Год	Суммарное производство электроэнергии, ГВт.ч.	ВВП ППС (млрд. долларов США 2005)	Население, млн. человек	Экспорт электроэнергии из Киргизии, ГВт.ч.
1	2	3	4	5
1990	15732	13.6	4.39	5488
1991	15722	12.53	4.46	5346
1992	13789	10.79	4.52	2176
1993	11453	9.12	4.52	1023
1994	13087	7.29	4.52	2377
1995	14285	6.9	4.56	1622
1996	15729	7.38	4.63	2881
1997	14285	8.12	4.7	2417
1998	12455	8.29	4.77	998
1999	14135	8.59	4.84	2011
2000	14931	9.06	4.9	3153
2001	13667	9.54	4.95	2165
2002	11922	9.54	4.99	1062
2003	14021	10.21	5.04	1716
2004	15141	10.93	5.11	3382
2005	14891	10.91	5.16	2661
2006	14523	11.25	5.22	2682
2007	14830	12.21	5.27	2579
2008	11789	13.23	5.32	868
2009	11083	13.61	5.38	1251
2010	12100	13.55	5.45	1828

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5
2011	15158	14.36	5.52	2848
2012	15168	14.23	5.61	1840
Примечание - Составлено автором на основе данных источника [59]				

Используя данные из таблицы 29 в статистической программе Knowledge Miner, получаем сгенерированную модель, которая описывает производство электроэнергии в Киргизии за 23-х летний период с 1990 по 2012 годы (рисунок 45).

Коэффициент детерминации составляет 59%. Описательная способность модели составляет 26%. Модель определяет значимую переменную X4 - экспорт электроэнергии.

```

Prediction Error Sum Of Squares (PESS): ----- 0.4740
Mean Absolute Percentage Error: ----- 5.58 %
Approximation Error Variance: ----- 0.4100
Coefficient Of Determination (R-squared): ----- 0.5900
adjusted R-squared: ----- 0.4165
Descriptive Power: ----- 26 %
OUTPUT VARIABLE:
X1 - Total electricityt production, GWh
RELEVANT INPUT VARIABLES: 1
X4 - Electricity export, GWh
(100%)
(The percentages in parantheses reflect the contribution of an input to reducing the model error.)
CHOSEN HEURISTICS:
Data Length: 23
Examination Set: 0
Number of Input Variables: 3
Max. Lagged Time: 0
Normalization: with
Model Type: input-output-model / exclusively linear / static
Number Of Chosen Best Models: 5
Performance Increase Level: 10%
Application Of Layer Break-Through: on all variables
MODEL EVALUATION:
The model seems to reflect a valid relationship. It describes 26 % of the data.
For the chosen model type , modeling is based on a SUFFICIENTLY sized information basis.
The summarized linear model is:

X1 = 1.1700e+4 + 9.3408e-1X4
    
```

(23)

Рисунок 45 – Линейная прогнозная модель суммарной выработки электроэнергии в Киргизии с 1990 по 2012 годы

Примечание - Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

На рисунке 46 представлена графическая модель суммарной выработки электроэнергии в Киргизии с 1990 по 2012 годы.

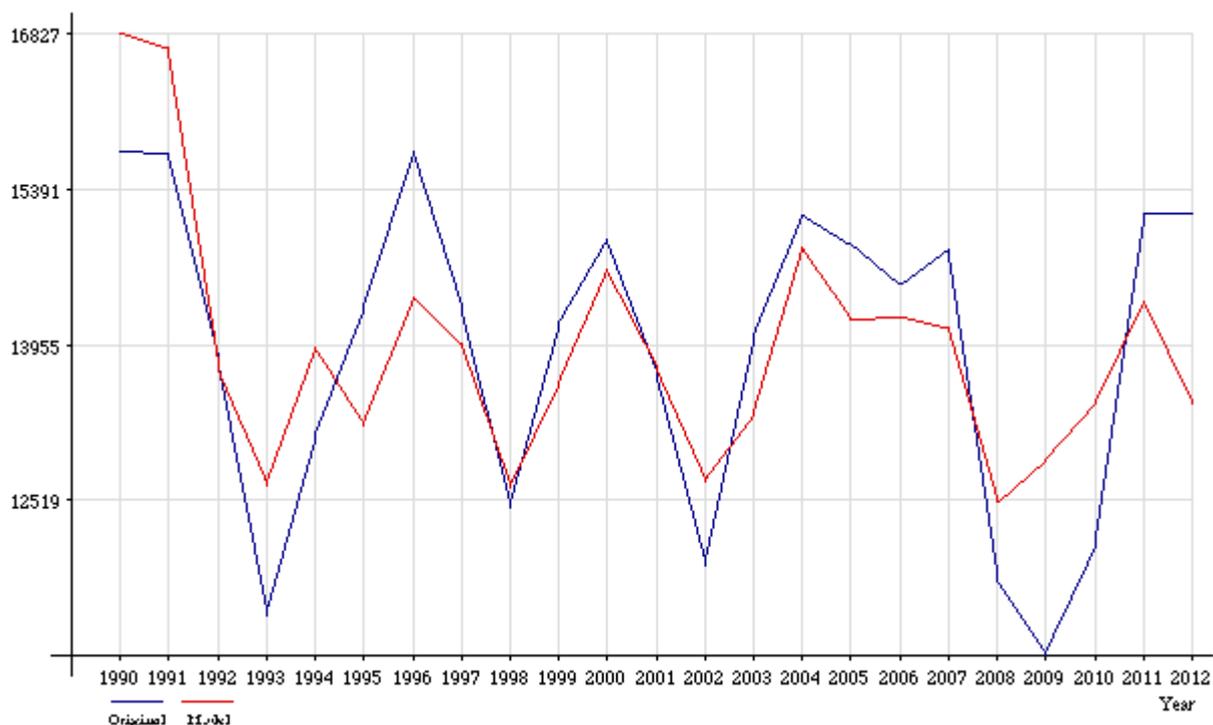


Рисунок 46 – Графическая модель суммарной выработки электроэнергии (ГВт.ч.) в Киргизии с 1990 по 2012 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59]

Во времена Советского Союза на юго-востоке Киргизии создавалось единое энергетическое кольцо. Производство электроэнергии на гидроэлектростанциях сосредоточено на юге и западе страны на реке Нарын. Производимая электроэнергия покрывает нужды юго-западного региона и экспортируется в Узбекистан и Казахстан через территорию Узбекистана, и, затем по остаточному принципу поступает в Иссыкульскую и Нарынскую области на юго-востоке Киргизии [90].

Очевидно, что электроэнергетическая инфраструктура Киргизии изначально строилась таким образом, чтобы можно было экспортировать значительную часть произведенной гидроэлектроэнергии в соседние союзные республики – Узбекистан и Казахстан. Так как Казахстан и Узбекистан являются основными импортерами значительной части производимой электроэнергии в Киргизии, то предположим, что прогнозные значения по экспорту электроэнергии из Киргизии зависят от среднего процентного значения между изменением ВВП и изменением численности населения в Узбекистане и Казахстане.

Таблица 30 – Расчет средних прогнозных значений между ростом ВВП и количеством населения Узбекистана и Казахстана и прогнозных значений экспорта электроэнергии из Киргизии с 2013 по 2017 годы

Год	Годовой прогнозный рост ВВП в Узбекис., %	Годовой прогнозный рост кол-ва населения в Узбекис., %	Годовой прогнозный рост ВВП в Казахстане, %	Годовой прогнозный рост кол-ва населения в Казахстане, %	Среднее прогнозируемое значение между ростом ВВП и количеством населения Узбекис. и Казахстана, %	Прогнозные значения экспорта электр-ии из Киргизии, ГВт.ч.
2013	8	-2.65	6.0	-1.73	2.41	1884.25
2014	7.9	1.45	4.1	1.15	3.65	1953.03
2015	7.4	1.43	1.8	1.08	2.93	2010.20
2016	8.2	1.37	3.2	1.07	3.46	2079.76
2017	8.1	1.32	4.7	1.00	3.78	2158.37

Примечание - Разработано автором на основе данных источника [59, 87, 88]

Подставляя полученные прогнозные значения экспорта электроэнергии из Киргизии в линейное уравнение (23), получаем следующие прогнозные значения по выработке электроэнергии в Киргизии с 2013 по 2017 годы.

Таблица 31 - Прогнозные значения по выработке электроэнергии в Киргизии с 2013 по 2017 годы

Год	Прогнозные значения по выработке электроэнергии в Киргизии, ГВт.ч.
2013	13460.31
2014	13524.56
2015	13577.96
2016	13642.94
2017	13716.37

Примечание – Рассчитано автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87, 88]

Графически прогнозные значения по выработке электроэнергии в Киргизии представлены на рисунке 47.

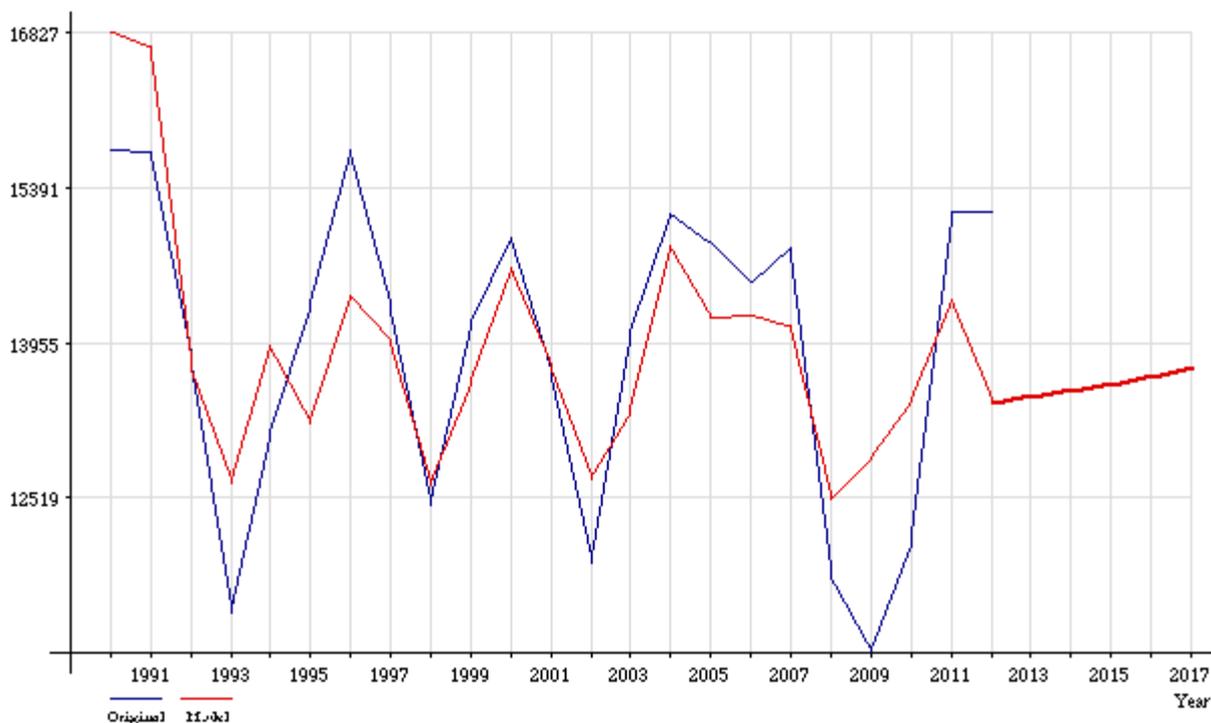


Рисунок 47 - Графическая модель прогнозных значений по общей выработке электроэнергии (ГВт.ч.) в Киргизии с 2013 по 2017 годы

Примечание - Построено автором с использованием статистической программы Knowledge Miner на основе данных источника [59, 87, 88]

Очевидно, что в государствах-членах ЕАЭС существует вполне устойчивая система производства электроэнергии, во многом зависящая от потребления ископаемого топлива. В данном исследовании, при построении математических моделей производства электроэнергии рассматривались ключевые факторы, влияющие на доминирующие способы и объемы производства электроэнергии. На основе проведенного анализа выяснилось, большая часть электроэнергии в Казахстане, России, Белоруссии и Армении производится с использованием органического топлива. В Киргизии основным источником электроэнергии являются гидроэлектростанции (2012 год – 93.48% от общего объема производства электроэнергии согласно IEA), что, при отсутствии диверсификации электрических мощностей, повышает системный риск эксплуатации электроэнергетического комплекса Киргизии и всего ЕАЭС в целом.

Отмечается низкий уровень развитости принципиально новых источников энергии, таких как ветровые и солнечные электростанции во всех странах-участницах ЕАЭС. Более того существующие тенденции и фактически проводимые работы по строительству новых энергетических мощностей указывают на то, что тенденция приверженности традиционным существующим методам производства электроэнергии сохраняется.

Например, в Казахстане в связи с увеличением потребностей в электроэнергии строятся новые ТЭС, что может еще более усугубить положение с выбросами углекислого газа в атмосферу [91]. В Киргизии ведется масштабное строительство гидроэлектростанций, что, в принципе благоприятно повлияет в отношении снижения выбросов CO<sub>2</sub>, однако это в значительной степени замедляет развитие и без того отсутствующих принципиально инновационных технологий по производству электроэнергии. В России и Армении наряду с масштабной эксплуатацией крупных гидроэлектростанций и АЭС существует большая зависимость от использования природного газа на ТЭС. В Белоруссии также существует значительная зависимость от природного газа при производстве электроэнергии.

В дополнение к высокой инерционности электроэнергетического комплекса как токового, замедление инновационного развития в странах-участницах ЕАЭС происходит еще и от особенностей энергосистемы каждой страны, которая исторически должна была быть единой и наличием в ней высокой зависимости друг от друга при поставке энергоресурсов. К примеру, большая часть природного газа поставляется в Армению и Белоруссию из России, значительная часть экспорта электроэнергии из Киргизии осуществляется в Казахстан. Ядерное топливо для Армянской АЭС поставляется из России. Несомненно, создание единого электроэнергетического пространства повысит устойчивость всей системы в целом, однако, может повлиять и на замедление инновационного развития электроэнергетического комплекса в каждой отдельно взятой стране и в целом в ЕАЭС.

Проведенный анализ указывает на то, что прогнозные значения производства электроэнергии в странах ЕАЭС от традиционных и наиболее используемых энергетических ресурсов остаются стабильными и в большинстве случаев возрастающими.

Консервативность работы электроэнергетического комплекса очевидна. Существующая инновационная деятельность существует по большей части на уровне открытых инноваций, то есть инновационных заимствованиях. Оценка основных показателей развития электроэнергетики в сравнении с наиболее инновационными и конкурентоспособными странами мира указывает на некоторое отставание в странах-участницах ЕАЭС. Соответственно дальнейшее совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса должно основываться на принципах открытых инноваций с постепенным наращиванием научно-исследовательского и практического потенциала для создания инноваций внутри страны и ЕАЭС.

При достижении соглашений относительно ОЭР в рамках ЕАЭС необходимо учитывать рассмотрение таких вопросов как: «1) оптимальный вариант структуры генерирующих мощностей; 2) соблюдение нормативно-правовых требований; 3) финансирование приобретения или строительства генерирующих активов, обеспечивающих более низкие выбросы углеродсодержащих соединений; 4) управление рисками, возникающими при

реализации крупномасштабных строительных проектов в сфере электроэнергетики; 5) консультирование потребителей электроэнергии относительно стоимости перехода на технологии, обеспечивающие более низкие выбросы углеродсодержащих соединений в будущем» [92].

Совершенствование инновационной деятельности электроэнергетического комплекса должно происходить за счет внедрения продвинутых технологий при эксплуатации угольных ТЭС, использовании инновационных технологий CCS, системы Смарт грид, работы в направлении применения высокотемпературных сверхпроводников. Укрепляющаяся структура доминирующих генерирующих мощностей с использованием ископаемого топлива должна постепенно дополняться ВИЭ с целью сохранения существующих природных ресурсов, улучшения экологической обстановки и снижения энергоемкости ВВП [93]. Рассмотренные в предыдущих разделах инновационные технологии во многом содействуют первоочередным задачам дальнейшего инновационного развития электроэнергетического комплекса.

Более для более продуктивного развития возобновляемых источников энергии предлагается усилить меры по борьбе с коррупцией, в частности, в вопросах связанных с проектами по возобновляемой энергетике, осуществлять государственную поддержку с предоставлением гарантий в сфере возобновляемой энергетике, и сократить расширение тепловых электростанций с целью продвижения ВИЭ [94]. Также отмечается, что «Применение международных стандартов в сфере электроэнергетики будет способствовать ускоренному развитию возобновляемых источников. Стандарты позволят более целенаправленно достигать поставленные цели и проводить сравнительный анализ между различными странами. Использование стандартов поможет снизить инвестиционные риски, что привлечет дополнительные вложения в электроэнергетику и ее дальнейшее инновационное развитие» [95].

Проведенный анализ показывает, что в нашей стране принято несколько законов и концепций по инновационному развитию электроэнергетики по принципу «зеленой» экономики. Многие законы и концепции имеют идентичные цели и задачи с законами, принятыми в сфере энергетике в наиболее инновационно развитых и конкурентоспособных странах мира, как, например, в Швейцарии и Германии (таблицы 2 и 3). В этом отношении, необходимо продолжать работу по выбранным направлениям и делать это с большей практической результативностью. В силу своей специфики электроэнергетический комплекс относится к естественным монополиям, однако, для повышения эффективности его работы необходимо постепенно создавать более конкурентоспособную среду для привлечения новых участников и инвестиций.

Так, например, при создании внутреннего европейского рынка электроэнергии предусматривался отказ от государственной монополии на рынке электроэнергии [96]. Необходимо также заниматься изучением основ формирования внутреннего европейского рынка электроэнергии и других

международных рынков, таких как: Общий рынок стран Южной Америки, Рынок стран соглашения о свободной торговле с Канадой, США и Мексикой, Электроэнергетическая система Стран Центральной Америки, Региональный рынок электроэнергии Скандинавских стран, Рынок стран Центральной и Западной Европы для поиска наиболее приемлемых решений при создании ОЭР в рамках ЕАЭС [97].

Более того работа по снижению зависимости большинства стран-участниц ЕАЭС от ископаемого топлива и уменьшению выбросов парникового газа может проводиться по аналогии с Дорожной картой энергетики – 2050, «определяющей видение и стратегию Европейского Союза по декарбонизации энергетики к 2050 году при сохранении безопасности поставок и конкурентоспособности» [96, с. 10].

Очевидно, что ощутимая трансформация производственных мощностей в направлении «чистой» энергии весьма затруднительна по причине устоявшейся структуры и принципов функционирования электроэнергетических комплексов в странах-участницах ЕАЭС. Однако так происходит не только в странах ЕАЭС. Согласно данным WWF, сценарии развития электроэнергетического комплекса Европы без углеводородного топлива выполняются только отчасти. Согласно докладу WWF, необходимо прикладывать больше усилий, а именно, серьезнее относиться к энергосбережению, сделать приоритетным строительство ВИЭ по сравнению с АЭС или станциями, работающими на углеводородном сырье.

Более того, «WWF призывает Еврокомиссию пересмотреть планы по инвестициям в инфраструктуру энергетики на основе ископаемого топлива, а также отмечает необходимость модернизации современной сетевой инфраструктуры, чтобы в будущем сети могли справиться с возрастанием доли ВИЭ в энергобалансе» [98]. Аналогичная ситуация складывается и в ОЭР ЕАЭС. То есть, несмотря на принятые законы и концепции мы все-таки отдаем приоритет использованию угля, нефти и природного газа при производстве электроэнергии. Нам также необходимо прислушаться к рекомендациям, которые были даны WWF, и следовать принципам, указанным в Дорожной энергетической карте – 2050, разработанной для стран ЕС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Электроэнергетика является одной из ключевых отраслей экономики. Электроэнергетика охватывает широкий спектр человеческой деятельности. Производственная деятельность большинства компаний зависит от надежного и качественного электроснабжения. Объекты здравоохранения, оборонная деятельность страны, повседневная жизнь каждого человека во многом зависят от использования электроэнергии.

Совершенствование деятельности электроэнергетического комплекса является неотъемлемой частью его развития. Более того это совершенствование должно быть инновационным.

Важным является и понимание того чем же на самом деле является инновация и инновационная деятельность и их приемлемость в современных условиях экономического развития. Приоритетным направлением развития инноваций в Казахстане является развитие внутренней научно-исследовательской и производственной базы, заимствование зарубежного опыта и новых технологий, а также налаживание совместной научно-исследовательской и практической деятельности с передовыми зарубежными исследовательскими центрами с целью ускорения процесса получения новых разработок и совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса.

В диссертационной работе исследовались предпосылки и возможности развития инновационной деятельности в электроэнергетическом комплексе. К предпосылкам относится то, что в Казахстане существует значительная зависимость от ископаемого топлива при производстве электрической и тепловой энергии, что ведет к масштабному загрязнению окружающей среды и истощению природных ресурсов. В то же время происходит постепенный рост потребления электроэнергии, что требует введения дополнительных мощностей, но уже более экологически безопасных. Несмотря на ряд принятых государственных программ и законодательных актов в поддержку развития возобновляемых источников энергии – их доля в общем энергобалансе страны по-прежнему незначительна. При этом в Казахстане существуют все необходимые условия и возможности для их развития – географическая расположенность страны и наличие необходимой базовой инфраструктуры.

Существующие предпосылки и возможности определяют дальнейшую направленность развития инновационной деятельности электроэнергетического комплекса. Инновационная деятельность должна быть направлена на целесообразное внедрение инноваций приемлемых в современных экономических условиях и с учетом потребностей электроэнергетического комплекса. Необходимо заниматься реализацией возможностей по использованию возобновляемых источников энергии и изучением потенциала и возможных рисков развития атомной энергетики. Использовать существующие возможности электроэнергетического комплекса при создании общего

электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС, придерживаясь принципов «зеленой» экономики и инновационного развития.

2. Инновационное развитие в Казахстане еще не достигло тех показателей, которые существуют в наиболее конкурентоспособных странах мира согласно GCI. В сравнении со странами, входящими в ЕАЭС большинство показателей находятся примерно на одном уровне. Это может объясняться тем, что раньше страны-участницы ЕАЭС входили в состав Советского Союза и, до сих пор, во многом имеют схожую направленность при проведении научно-исследовательских работ и формировании основ технологической оснащенности. Важно отметить, что в отношении государственных закупок продвинутой технологической продукции Казахстан в значительной мере приблизился к аналогичным показателям наиболее конкурентоспособной страны по версии GCI – Швейцарии. Очевидно, это объясняется тем, что Казахстан придерживается принципа открытых инноваций, то есть следует по пути заимствования. При успешном заимствовании и внедрении инноваций Казахстан сможет выйти на новый исследовательский и производственный уровень, что будет способствовать развитию высокотехнологичных инноваций внутри страны за счет собственных усилий.

3. В работе проведены анализ и оценка потенциала развития атомной энергетики в Казахстане. Полученные результаты корреляционно-регрессионного анализа указывают на то, что зависимость между объемом выработанной электроэнергии на атомных электростанциях и объемом добычи урана в странах занимающих его добычей незначительна. То есть, согласно мировой практике, наличие месторождений урана в стране и его добыча не являются ключевыми факторами, определяющими наличие атомных электростанций. В то же время рассматривается повышенный риск потенциального строительства АЭС в Казахстане. В районе озера Балхаш существует сейсмическая неустойчивость в связи с движением титанических плит наряду с потенциальной угрозой снижения уровня поступающих водных ресурсов из реки Или в озеро Балхаш, которые могут использоваться для охлаждения ядерных реакторов. В отношении города Курчатов, как потенциального места строительства АЭС, также существует угроза снижения водного потока в реке Иртыш, воды которого могут быть использованы для охлаждения реакторов АЭС. Ожидаемое снижение водного потока связано с растущей экономической активностью в Китае и потреблением больших объемов водных ресурсов из рек на собственные нужды. Более того река Иртыш протекает по территории России, что представляет дополнительную угрозу для этого региона в случае возникновения аварийной ситуации на АЭС.

4. В диссертационном исследовании анализ энергоемкости ВВП, как показателя влияющего на инновационное развитие электроэнергетического комплекса, проведен с целью определения взаимозависимости между уровнем первичного энергоснабжения и ВВП (энергоемкость ВВП) в странах с

наибольшими запасами полезных ископаемых (уголь, нефть, природный газ) и наиболее инновационно развитых странах мира согласно ГП. Полученные результаты указывают на то, что страны с наибольшими запасами полезных ископаемых имеют большую зависимость между показателями первичного энергоснабжения и ВВП и при этом менее инновационно развиты согласно ГП в сравнении со странами-лидерами по инновационному развитию согласно ГП, где зависимость между показателями первичного энергоснабжения и ВВП значительно ниже.

Проведен детальный анализ уровня развития возобновляемой энергетики в Казахстане в сравнении с наиболее конкурентоспособными и инновационно развитыми странами, являющимися лидерами по использованию ВИЭ – Швейцарией и Германией. Результаты полученного анализа свидетельствуют о значительном отставании в уровне развития в сфере возобновляемой энергетики, притом, что законодательная база Казахстана в поддержку развития ВИЭ и повышения энергоэффективности во многом схожа с аналогичными законами, принятыми в этих странах.

5. В работе проведен анализ факторов влияющих на уровень выбросов углекислого газа от работы тепловых электростанций в Казахстане. Анализ проводится с использованием декомпозиционного метода и метода декаплинга. Использование двух методов объясняется тем, что метод декаплинга показывает, что происходит с ВВП (рост или спад) в то время как потребление энергетических ресурсов или количество выбросов углекислого газа при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС увеличивается либо уменьшается. В свою очередь декомпозиционный анализ определяет основные факторы, влияющие на увеличение либо снижение выбросов углекислого газа в атмосферу при производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС.

Декаплинг метод выявил, что с 2003 по 2005 годы рост потребления энергоресурсов и выбросов  $CO_2$  был ниже роста экономической активности. В 2006 году происходит превышение роста потребления ресурсов и выбросов углекислого газа над ростом экономической активности. В 2009 году превышение над экономической активностью выявлено только в отношении выбросов  $CO_2$ , и в 2012 году рост энергопотребления и выбросов углекислого газа вновь превысил экономический рост.

Среди пяти факторов, влияющих на уровень выбросов углекислого газа - экономический рост, то есть увеличение ВВП, оказало наибольшее влияние на рост эмиссии  $CO_2$ . Экономический рост в стране во многом зависит от потребления электроэнергии, поэтому ВВП является ключевым фактором, влияющим на увеличение выбросов  $CO_2$  тепловыми электростанциями. С другой стороны, электроемкость ВВП и удельный расход тепла являются основными факторами, влияющими на уменьшение объемов выбросов  $CO_2$  по причине использования меньшего количества углеродного топлива в связи со снижением экономической активности.

Для того чтобы увеличение экономического роста не сопровождалось столь значительно увеличением выбросов углекислого газа необходимо заниматься активным внедрением инновационных энергосберегающих технологий, таких как, например, технология двойного остекления, тепловые насосы и автоматическое регулирование температуры, использование которых позволит снизить нагрузку на ТЭС – основной источник электроэнергии и выбросов углекислого газа в Республике Казахстан. Наряду с широкомасштабным внедрением энергосберегающих технологий необходимо совершенствовать работу очистительных сооружений тепловых электростанций за счет внедрения инновационной многоступенчатой комплексной системы фильтрации для уменьшения основных видов выбросов загрязняющих веществ. Также необходимо заниматься внедрением инновационной технологии по сбору и хранению углекислого газа (Carbon Capture and Storage). Для достижения высоких результатов по уменьшению выбросов углекислого газа необходимо придерживаться комплексного подхода и параллельно с внедрением инновационных энергосберегающих и очистных технологий заниматься диверсификацией генерирующих мощностей за счет широкомасштабного внедрения возобновляемых источников энергии, следуя принципам «зеленой» экономики.

6. Согласно полученным результатам построения модели – общие потери электроэнергии имеют слабую взаимосвязь с такими показателями инновационного развития как затраты на технологические инновации предприятий, объем инновационной продукции и внутренние затраты на исследования и разработки. Снижение потерь электроэнергии может быть достигнуто за счет развития внутренней научно-исследовательской базы, нацеленной на разработку инновационных технологий по снижению потерь электроэнергии; за счет международного сотрудничества с передовыми исследовательскими центрами; за счет заимствования и внедрения таких инновационных технологий как система Смарт грид, и, в перспективе, внедрение технологий на основе высокотемпературной сверхпроводимости. Снижение потерь электроэнергии способствует уменьшению показателей энергоемкости ВВП, развитию возобновляемых источников энергии и как результат снижению уровня выбросов углекислого газа. Данное направление совершенствования инновационной деятельности электроэнергетического комплекса необходимо учитывать и внедрять при создании общего электроэнергетического рынка в рамках Евразийского экономического союза с целью следования принципам «зеленой» экономики.

7. В диссертационной работе проведен анализ на предмет направленности на принципы «зеленой» экономики в пределах создаваемого общего электроэнергетического рынка в рамках ЕАЭС. Согласно полученным результатам построения прогнозной модели выработки электроэнергии, с использованием статистической программы Knowledge Miner, выявлена тенденция к производству электроэнергии с помощью традиционных

генерирующих мощностей в Казахстане, России, Белоруссии, Армении и Киргизии. При этом у наиболее крупных производителей, таких как Россия и Казахстан сохраняется тенденция выработки электроэнергии с использованием ископаемого топлива. В Армении производство электроэнергии в основном осуществляется на АЭС и с использованием природного газа на ТЭС, в Киргизии с использованием крупных гидроэлектростанций, а в Белоруссии с использованием природного газа, импортированного из России. Для исправления сложившейся ситуации необходимо заниматься диверсификацией производственных мощностей следуя пути открытых инноваций с постепенным наращиванием научно-исследовательского и практического потенциала для создания инноваций внутри страны и ЕАЭС.

В рамках создаваемого общего электроэнергетического рынка ЕАЭС необходимо обязать всех участников частично покрывать возрастающий спрос на электроэнергию за счет возобновляемых источников энергии. При этом необходимо сформировать единое понятие о ВИЭ в рамках ЕАЭС, подчеркивая их значимость для улучшения экологической ситуации и покрытия возрастающих потребностей в электроэнергии, и исключить из их состава, для целей учета, работу крупных гидроэлектростанций. В случае невыполнения установленных нормативов по производству электроэнергии из ВИЭ обязать производителей электроэнергии выплачивать компенсацию в общий инновационный фонд ЕАЭС. Выплачиваемая компенсация может составлять определенный процент от чистой прибыли предприятия-производителя электроэнергии, который будет периодически увеличиваться в случае не соблюдения установленных нормативов по ВИЭ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. «Нұрлы жол – Путь в будущее». – Астана, 2014, ноябрь.
- 2 Послание Президента Республики Казахстан – Лидера Нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана. Стратегия "Казахстан – 2050" Новый политический курс состоявшегося государства. – Астана, 2012, декабрь.
- 3 Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике»: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года, № 577.
- 4 Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Программы "Энергосбережение - 2020": утв. 29 августа 2013 года, № 904.
- 5 Государственная Программа индустриально – инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года, № 874.
- 6 Пастернак А.А. Становление понятия инновации // Вестник Университета «Туран». – Алматы, 2015. – № 1 (65). – С. 157-161.
- 7 Ядгаров Я.С. История экономических учений: учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2009. - 480 с.
- 8 Аникин А.В. Юность науки: Жизнь и идеи мыслителей - экономистов до Маркса. - М.: Политиздат, 1985. – 367 с.
- 9 Пешехонов А.В. История экономических учений: электронное учебное пособие // [http://eos.ibi.spb.ru/file.php/307/2\\_3/5/5\\_R2\\_T3.html](http://eos.ibi.spb.ru/file.php/307/2_3/5/5_R2_T3.html)
- 10 Литвинова Е. Ф. Жан Антуан Кондорсе. Его жизнь и научно-политическая деятельность // [http://az.lib.ru/l/litwinowa\\_e\\_f/text\\_1894\\_condorse.shtml](http://az.lib.ru/l/litwinowa_e_f/text_1894_condorse.shtml)
- 11 Кондорсе Ж.А. Эскиз исторической картины прогресса человеческого разума. - М., 1936. - С. 250-251.
- 12 Классическая политическая экономия // <http://www.grandars.ru/student/ekonomicheskaya-teoriya/klassicheskaya-politekonomiya.html>
- 13 Бондаренко Н.Е. Теоретические основы концепции инновационного развития экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права // <http://journal-aael.intelbi.ru/main/wp-content/uploads/2012/01/Н.Е.-Бондаренко.pdf>
- 14 Краснова Н.А. Инновации в экономических теориях разных школ // Экономика и менеджмент инновационных технологий. - 2013. - № 12. // <http://ekonomika.snauka.ru/2013/12/3476>
- 15 Сисмонди Ж.С. Новые начала политической экономии в его отношении к народонаселению. - М.: Гос. Социально-Экономическое издательство, 1937. - Т. 1. - С. 139

- 16 Сисмонди Ж.С. Новые начала политической экономии в его отношении к народонаселению. - М.: Социально-Экономическое издательство, 1937. - Т. 2. - С. 179
- 17 History of Economic Thought Landreth H., Colander D.C. – Boston, Toronto.: South-Western College Pub, 2001. - P. 236
- 18 Нуреев Р.М. Курс микроэкономики: учебник для вузов. – 2-е изд., изм. – М.: Издательство НОРМА, 2002. – 572 с.
- 19 Миропольский Д. Ю., Максимцев И. А., Тарасевич Л. С. Основы теоретической экономики: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2014. – 512 с.
- 20 Институт эволюционной экономики // [http://iee.org.ua/ru/great\\_scientist/2/](http://iee.org.ua/ru/great_scientist/2/)
- 21 Бизнес-циклы: теоретический, исторический и статистический анализ капиталистического процесса: в 2-х т., Schumpeter Josef Alois. Business Cycles: a Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process, 1939.
- 22 Нуреев Р.М. Й. Шумпетер История экономического анализа // <http://rustem-nureev.ru/wp-content/uploads/2011/01/042.pdf>
- 23 Шумпетер И. Теория экономического развития / пер. с нем.; под ред. В.С. Автономова и др. - М.: Эксмо, 2007. – 861 с.
- 24 Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва. Второе дополненное издание. – М.: Экономика, 2005. – 636 с.
- 25 Теория инноваций и ее современные концепции // [http://studme.org/13761025/investirovanie/teoriya\\_innovatsiy\\_sovremennye\\_kontseptsii](http://studme.org/13761025/investirovanie/teoriya_innovatsiy_sovremennye_kontseptsii)
- 26 Robert Solow: innovation, technology – and math! – make all the difference // <http://outsourcemag.com/robert-solow-innovation-technology-and-math-make-all-the-difference/>
- 27 Бездудный Ф., Смирнова Г., Нечаева О. Сущность понятия инновации и его классификация // Инновации. - 1998. -№ 2-3. – С. 4.
- 28 Абрамешин А.Е., Воронина Т.П., Молчанова О.П., Тихонова Е.А., Шленов Ю.В. Инновационный менеджмент: учебник для вузов / под ред. О.П. Молчановой. – М.: Вита-Пресс, 2001. – 272 с.
- 29 Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов. Изд. 6-е. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
- 30 Анищик В.М., Русецкий А.В. Инновационная деятельность и научно-технологическое развитие: учеб. пособие / под ред. Н.К. Толочко. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2005. – 151с.
- 31 The Oxford Hand book of Innovation // edited by Jan Fagerberg, David C. Mowery, and Richard R. Nelson. - Oxford University Press, 2006. – 680 p.
- 32 Агентство Республики Казахстан по статистике. Наука и инновационная деятельность Казахстана 2008-2012. Статистический сборник. - Астана, 2013. – 88 с.

- 33 Текст Федерального закона Об инновационной деятельности и о государственной инновационной политике // <http://iam.duma.gov.ru/node/8/4582/15962>
- 34 Днишев Ф.М. Экономика: стратегия и практика // Институт экономики Комитета науки МОН РК. – 2014. - №2(30). – С. 24-31.
- 35 Kazakhstan is first Caspian-Black Sea country to join IEA technology initiative // International Energy Agency. // <http://www.iea.org/newsroomandevents/agencyannouncements/kazakhstan-is-first-caspian-black-sea-country-to-join-iea-technology-initiative.html>
- 36 IncoNet Central Asia, Ключевые вопросы Инноваций // [http://europa.eu/documents/comm/green\\_papers/pdf/com95\\_688\\_en.pdf](http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_688_en.pdf)
- 37 Закон Республики Казахстан О государственной поддержке индустриально-инновационной деятельности // [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31112371](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31112371)
- 38 Характеристика энергетической системы Казахстана // <http://www.investkz.com/journals/43/113.html>
- 39 Государственная Программа по ФИИР РК на 2010 – 2014 годы, Утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года № 958
- 40 Отходы будущей АЭС предполагают хранить на Семипалатинском полигоне // [http://m.tengrinews.kz/ru/kazakhstan\\_news/othodyi-budushey-aes-predpolagayut-hranit-na-semipalatinsk-poligone-268385](http://m.tengrinews.kz/ru/kazakhstan_news/othodyi-budushey-aes-predpolagayut-hranit-na-semipalatinsk-poligone-268385)
- 41 Рысбеков Ю.Х., Духовный В.А. Трансграничное сотрудничество на международных реках: проблемы, опыт, уроки, прогнозы экспертов // [http://www.cawater-info.net/bk/water\\_law/part5.htm](http://www.cawater-info.net/bk/water_law/part5.htm), [http://www.cawater-info.net/bk/water\\_law/8\\_3.htm](http://www.cawater-info.net/bk/water_law/8_3.htm)
- 42 Да будет единый свет! В ЕАЭС создают общий энергорынок // [http://www.kursiv.kz/news/details/kompanii/da\\_budet\\_edinyy\\_svet\\_v\\_eaes\\_sozdayut\\_obshchiy\\_energorynok/](http://www.kursiv.kz/news/details/kompanii/da_budet_edinyy_svet_v_eaes_sozdayut_obshchiy_energorynok/)
- 43 The Global Competitiveness Report. - World Economic Forum, 2013-2014 // [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2013-14.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2013-14.pdf)
- 44 Индекс глобальной конкурентоспособности // <http://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index/info>
- 45 Гревцев А.А. Оценка экономического развития стран на основе индекса глобальной конкурентоспособности // <http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=2009/6/11>
- 46 Douglas A. Lind, William G. Marchal, Samuel A. Wathen Basic Statistics for Business and Economics. – McGraw-Hill Education, 2012. – 624 p.
- 47 Johann-Adolf Mueller, Frank Lemke Self-organising Data Mining. An Intelligent Approach To Extract Knowledge From Data. - Berlin, Dresden, 1999. – 225 p. // <http://www.knowledgeminer.com/pdf/mining.pdf>

- 48 Principia Cybernetica Web // [http://pespmc1.vub.ac.be/asc/black\\_metho.html](http://pespmc1.vub.ac.be/asc/black_metho.html)
- 49 Knowledge Miner Software that Extracts Knowledge from Data // <http://www.knowledgeminer.com/easylnr2.htm>
- 50 Указ Президента Республики Казахстан. Об утверждении Концепции инновационного развития Республики Казахстан до 2020 года: утв. 4 июня 2013 года, № 579.
- 51 Официальный интернет – ресурс Комитет по Статистике МНЭ РК // <http://www.stat.gov.kz>
- 52 Отчет о состоянии инновационных процессов в Республике Казахстан, в том числе в региональном разрезе АО «Национальное агентство по технологическому развитию» Центр аналитического и методологического сопровождения, 2013 г.
- 53 World Bank News 2011
- 54 The Global Competitiveness Report. - World Economic Forum, 2008-2009 // [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2008-09.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2008-09.pdf)
- 55 The Global Competitiveness Report. - World Economic Forum, 2009-2010 // [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2009-10.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2009-10.pdf)
- 56 The Global Competitiveness Report, 2010-2011 // [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2010-11.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2010-11.pdf)
- 57 The Global Competitiveness Report, 2011-2012 // [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GCR\\_Report\\_2011-12.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GCR_Report_2011-12.pdf)
- 58 The Global Competitiveness Report, 2012-2013 // [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2012-13.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf)
- 59 International Energy Agency // <http://www.iea.org/>
- 60 Республики Казахстан. Закон РК. О поддержке использования возобновляемых источников энергии: с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.12.2014 г.
- 61 International Renewable Energy Agency // <http://www.irena.org/home/index.aspx?PriMenuID=12&mnu=Pri>
- 62 КЕГОК решит проблему энергодефицита юга страны // <http://kapital.kz/gazeta/554/kegok-reshit-problemu-energodeficitu-yuga-strany.html>
- 63 World Nuclear Association // <http://www.world-nuclear.org>
- 64 U.S. Energy Information Administration // <http://www.eia.gov/>
- 65 Мангистауский Атомный ЭнергоКомбинат // [www.maek.kz](http://www.maek.kz)
- 66 Авария на Чернобыльской АЭС: хроника и последствия Аргументы и Факты // <http://www.aif.ru/dontknow/file/security/13704>
- 67 Гринпис России Ядерная катастрофа на АЭС Фукусима - 1 // <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/nuclear/accidents/Fukushima-1/>

- 68 Вилесова Е.Н., Веселова Л.К., Аубекерова Б.Ж. Физическая География Казахстана / под общ. ред. А.А. Науменко: учебное пособие. - Алматы: Қазақ университеті, 2009. – 362 с.
- 69 International Atomic Energy Agency // <https://www.iaea.org/>
- 70 University of St. Gallen, Institute for Economy and the Environment // <http://bit.ly/wuestenhagen>
- 71 The Global Innovation Index 2012 // <https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/GII-2012-Report.pdf>
- 72 Будкин В. С. Рецензия на монографию Р. И. Космамбетовой Модель индустриально-инновационного развития национальной экономики // [http://soskin.info/en/ea/2013/9-10/contents\\_27.html](http://soskin.info/en/ea/2013/9-10/contents_27.html)
- 73 Isara Muangthai, Charles Lewis, Sue J. Lin Aerosol and Air Quality Research Decoupling Effects and Decomposition Analysis of CO2 Emissions from Thailand's Thermal Power Sector // [http://aaqr.org/VOL14\\_No7\\_December2014/12\\_AAQR-14-03-OA-0066\\_1929-1938.pdf](http://aaqr.org/VOL14_No7_December2014/12_AAQR-14-03-OA-0066_1929-1938.pdf)
- 74 The OECD Environment Programme Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth // <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/1933638.pdf>
- 75 Australian Double Glazing <http://australiandoubleglazing.com.au/double-glazing-information-centre/about-double-glazing/>
- 76 Advanced Energy for Life. Advanced Coal Technologies: Today's High-Efficiency Controls Drive Major Environmental Improvement // [https://www.advancedenergyforlife.com/sites/default/files/022514\\_AEFL\\_PressKit\\_Advanced%20Coal%20Technologies.pdf](https://www.advancedenergyforlife.com/sites/default/files/022514_AEFL_PressKit_Advanced%20Coal%20Technologies.pdf)
- 77 U.S. Department of Agriculture, 2013 // <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>
- 78 U.S. National Energy Technology Laboratory, 2012 // <http://www.netl.doe.gov/>
- 79 U.S. Environmental Protection Agency, "Clean Air Markets," 2013 // <http://www3.epa.gov/>
- 80 Department of Energy & Climate Change Appendix 7: carbon capture and storage (CCS) // <https://www.gov.uk/government/policies/increasing-the-use-of-low-carbon-technologies/supporting-pages/carbon-capture-and-storage-ccs>
- 81 Global CCS Institute // <http://www.globalccsinstitute.com>
- 82 Министерство Энергетики Республики Казахстан Информация по производству электрической энергии объектами ВИЭ за 12 месяцев 2014 года // <http://energo.gov.kz/index.php?id=2206>
- 83 Super Conductivity International Energy Agency High-Temperature Superconductivity: Where We Are and Why We Are Going Forward // <http://superconductivityiea.rse-web.it/>

- 84 Smart electricity – efficient power for a sustainable world // <http://new.abb.com/smartgrids/what-is-a-smart-grid>
- 85 Пастернак А.А. Инновационная деятельность по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях // Вестник университета «Туран». – №3 (63). – Алматы, 2014. – С.180-183.
- 86 Пастернак А.А. Развитие возобновляемых источников энергии: сравнение основных показателей на примере Казахстана и США // Институт экономики комитета науки МОН РК Экономика: стратегия и практика. – №2 (30). – Алматы, 2014. – С.105–108.
- 87 The World Bank // <http://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects/data>
- 88 International Futures forecasting system and the Pardee Center for International Futures at the University of Denver // <http://pardee.du.edu/>
- 89 На Верхне-Нарынском каскаде ГЭС в Киргизии началось строительство основных сооружений // <http://www.rushydro.ru/press/news/95289.html>
- 90 Да будет свет! В горах Киргизии запускают строительство ГЭС // <http://www.vestifinance.ru/videos/21072>
- 91 Пастернак А.А. На пороге ЕХРО 2017. Сравнение основных показателей выбросов углекислого газа в Казахстане и Австрии // The First International Conference on Economic Sciences. – Vienna, 2014. – С. 320–325.
- 92 Сектор ТЭК и электроэнергетики Помощь в эффективном преобразовании бизнеса в сфере ТЭК и электроэнергетики // <http://www.eu.com/KZ/ru/Industries/Power---Utilities>
- 93 Пастернак А.А. Энергия будущего – развитие альтернативных источников энергии и формирование «зеленой» экономики // X Международная научная конференция «Устойчивое развитие и эффективная ресурсная политика». – Казахстанско – Немецкий Университет. – Алматы, 2013. – С. 306–310.
- 94 Пастернак А.А. Influence of electricity power generating units on the environment in Kazakhstan // Actual Problems of Economics // Актуальные проблемы экономики // Актуальні проблеми економіки. – № 10 (160). – Киев, 2014. – С. 261–269.
- 95 Пастернак А.А. Международные стандарты в электроэнергетике // Университет «Туран». – Современная мировая экономика: проблемы роста и антикризисного развития. – Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию доктора экономических наук, профессора, лауреата премии им. Шокана Уалиханова Ашимбаевой Алиды Туймебаевны. – Алматы, 2015. – С. 292-297.
- 96 Туkenov A. Об опыте интеграции рынков электроэнергии Европы // Энергетика. – 2013. - № 2 (45). – С. 10-17.

97 Концепция формирования общего электроэнергетического рынка Евразийского экономического союза, обосновывающие материалы к проекту. - Минск-Астана-Москва, 2014. – 236 с.

98 ЕС к 2050 г выполнит лишь половину «климатических» обязательств – WWF // <http://ria.ru/science/20121127/912444765.html>