



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»

Денис Сергеевич Гуц

«*октябрь*» 2024 г.

№ _____
на № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» на диссертацию Баяр БАТ-ЭРДЭНЭ «Научно-методические основы обоснования комплексного развития электроэнергетической системы Монголии в новых условиях», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.5. – «Энергетические системы и комплексы»

Актуальность темы диссертации

Важным для развития энергетики Монголии является решение научно-технической проблемы создания самобалансирующегося энергоснабжения страны на основе сооружения нескольких крупных энергетических источников, базирующихся на собственных энергоресурсах. Это позволило бы сократить импорт электроэнергии и в дальнейшем перейти из положения энергоимпортирующей страны в энергоэкспортирующую. Для решения этой проблемы необходимо решение соответствующей научной проблемы: разработка адекватного научно-методического обеспечения.

Диссертационная работа Баяр БАТ-ЭРДЭНЭ посвящена созданию научного подхода к разработке концепций и научно-методологического исследования вопросов развития электроэнергетики Монголии. Решаемые в диссертационной работе задачи направлены на поиски научно-обоснованных направлений практического осуществления директивного документа «Дальновидение – 2050», действующих и разрабатываемых долго- и среднесрочных программ осуществления государственной политики в области энергетики и разработок технико-экономических и технологических основ создания Единой электроэнергетической системы (ЕЭЭС). Создаваемая ЕЭЭС должна обладать возможностью параллельной (совместной) работы с электроэнергетическими системами

ми (ЭЭС) сопредельных государств и обеспечивать в дальнейшем выход страны на экономико-энергетическое пространство Северо-Восточной Азии (СВА).

В свете изложенного диссертационная работа несомненно актуальна и будет востребована, прежде всего, монгольским научным сообществом и инженерно-техническими работниками электроэнергетической отрасли, работниками государственных и отраслевых органов управления для обоснования и принятия решений по развитию электроэнергетики как в Монголии, так и в других развивающихся странах с аналогичной структурой данной отрасли.

Научная новизна

Результаты диссертационной работы соискателя имеют следующую новизну:

1. В результате выполненного комплексного анализа истории развития энергетики и электроэнергетики Монголии выделены два периода и пять этапов их развития и современного состояния. Используемые понятия периодичности и этапности имеют терминологические особенности и означают временные интервалы, в течение которых происходили качественно отличающиеся между собой события в развитии электроэнергетики страны. При этом периоды относятся к принципиально отличающимся по содержанию временным интервалам, а этапы к интервалам, которые определяются каким-либо качественным изменением электроэнергетики.

2. Сформированы методы и получены результаты прогнозирования электропотребления в Монголии с учетом специфики, которая характеризуется малой плотностью территориального распределения, являющейся следствием низкой численности населения, масштабности территории, исторически сложившегося вида основной хозяйственной деятельности и слабого развития энергоемких отраслей промышленности.

3. Разработаны методологический подход, методика моделирования, а также вычислительный инструментальный для исследования и обоснования развития электроэнергетических систем Монголии в перечисленных специфических условиях по схеме с четырьмя уровнями иерархического представления, соответствующими региональному, ЭЭС страны, схеме с достаточными внешними электрическими связями, обеспечивающими совместную работу с ЭЭС сопредельных стран и в последующем с выходом на «суперсеть» стран СВА.

4. Впервые разработана концептуальная модель ЭЭС Монголии с оптимальной схемой системообразующих линий электропередачи размещением энергоисточников в 12 энергоузлах с соответствующими им параметрическими показателями.

5. Впервые предложены теоретико-методологические основы комплексного обоснования направлений развития электроэнергетических систем и

электроэнергетики Монголии, позволяющие многоаспектно рассматривать, исследовать и учитывать особенности (как электроэнергетической системы, так и отрасли), в том числе с учетом экологических факторов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.5. – «Энергетические системы и комплексы»:

- **пункту 1** - разработка научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования, методов расчета, алгоритмов и программ выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии в целом и их основного и вспомогательного оборудования;

- **пункту 3** - разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий и оборудования для производства электрической и тепловой энергии, использования органического и альтернативных топлив, и возобновляемых видов энергии, водоподготовки и водно-химических режимов, способов снижения негативного воздействия на окружающую среду, повышения надежности и ресурса элементов энергетических систем, комплексов и входящих в них энергетических установок;

- **пункту 5** - разработки и исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке тепловой, электрической энергии и энергоносителей в энергетических системах и комплексах;

- **пункту 7** - исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем, комплексов и установок на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Результаты решения поставленных в диссертации задач и реализации предложенных направлений позволят создать оптимальные по структуре комплексы региональных и Единой ЭЭС Монголии, которые могут стать базой для дальнейшего формирования мощного ТЭК страны.

2. Основные результаты работы позволят обеспечить формирование в Монголии научно-обоснованной основы электроэнергетической системы с эффективной электросетевой и энергогенерирующей структурой, а также будут способствовать гармоничному развитию экономики регионов и обеспечению энергетической безопасности страны.

3. Разработанные научно-методическая база и вычислительный инструментальный могут быть использованы в дальнейших исследованиях по обоснованию перспектив развития электроэнергетики Монголии.

Структура и объем диссертации

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» СО РАН. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и приложений. Полный объем составляет 289 страниц, включая 62 рисунка, 46 таблиц, 8 приложений. Список литературы содержит 141 наименование.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, новизна основных научных положений, представлена теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена ретроспективному анализу особенностей электроэнергетической системы Монголии с учетом последовательности формирования энергетического сектора и перспективам развития ЭЭС Монголии. Основным научным результатом этой главы можно считать выделение двух периодов и пяти этапов развития и современного состояния ЭЭС Монголии. При этом используемые понятия периодичности и этапности имеют терминологические особенности и означают временные интервалы, в течение которых происходили качественно отличающиеся между собой события в развитии электроэнергетики страны.

Во второй главе анализируются существующие методические разработки и подходы для обоснования развития электроэнергетических систем, а также математические модели и программные комплексы, предназначенные для решения задачи развития ЭЭС. В данной главе обоснована необходимость пересмотра и научного обоснования концепции развития энергетики и электроэнергетики страны в соответствии с принятым директивным документом «Дальновидение-2050». Сделан вывод о том, что основной целью развития энергетической отрасли Монголии, как основополагающей отрасли экономики, должно стать создание в стране в будущем целостной и самодостаточной структуры топливно энергетического комплекса, рационально использующего имеющиеся в наличии собственные богатые первичные энергоресурсы, обеспечивающего бесперебойное электроснабжение от РЭЭС потребителей создаваемых экономических регионов и позволяющего создание интеллектуальной ЕЭЭС с последующим выходом на экономико-энергетическое пространство СВА через электросетевую и транспортную инфраструктуру РФ и Китая

Третья глава посвящена разработке методологии исследования электроэнергетики и электроэнергетических систем Монголии. В ней рассматриваются методические основы обоснования развития электроэнергетических систем.

Основой исследования является разработка комплекса математических моделей, позволяющих решать задачи по развитию электроэнергетики Монголии

с получением оптимальных схемных решений модернизации и усиления системообразующих ВЛЭП с использованием иерархической технологии и привлечением существующих методов моделирования и программных инструментов.

Для создания научно-обоснованной методологии автор использует иерархическая четырехуровневую технологию: первый уровень – формирование региональных электроэнергетических систем; второй уровень – создание ЕЭЭС Монголии с оптимальной системообразующей сетевой структурой и централизованным диспетчерским управлением; третий уровень – разработка приемлемой схемы связей электроэнергетической системы Монголии с электроэнергетическими системами соседних стран; четвертый – подключение к электроэнергетической суперсети стран Северо-Восточной Азии и выход ЕЭЭС страны на экономико-энергетическое пространство АТР.

Содержанием *четвертой главы* является разработка вычислительного инструментария для обоснования развития ЭЭС Монголии, который должен отражать представленные ранее методические особенности, учитывать внутренние и внешние влияющие факторы и позволять определение рациональной технологической структуры и направления создания ЕЭЭС со своими особенностями, отражающими специфику экономического развития страны.

В главе сформирован методический подход и разработана общая методология математического моделирования иерархического развития ЭЭС Монголии, разработан вычислительный инструментарий для выполнения комплексных исследований по формированию и обоснованию развития ЕЭЭС Монголии.

Пятая глава посвящена прогнозированию электропотребления Монголии.

Автор отмечает, что основными особенностями организации энергообеспечения и развития электроэнергетики в Монголии являются ее природно-климатические условия, специфичность структуры экономики и малая территориальная плотность населения, которыми в итоге определяются характер электрических нагрузок, и количественные показатели энергоисточников и сетевых структур.

В результате анализа планирования развития структуры экономики и обработки статистических данных получена зависимость роста электропотребления регионов от численности их населения и общей валовой продукции (ВВП). Уточнен прогноз роста потребления электроэнергии в Монголии и предложены опорные данные для дальнейших исследований по созданию региональных и объединенной ЭЭС Монголии.

В шестой главе представлены результаты исследований перспектив развития ЕЭЭС Монголии и ее интеграции в энергетическое пространство северо-восточной Азии.

Получена оптимизированная структурная схема ЕЭЭС Монголии, содержащая двенадцать энергетических узлов и определены их межузловые электрические связи на уровне 2030 года. Сформулировано перспективное представление и определены основные параметры ЕЭЭС Монголии, которые удовлетворяют требованиям к топливной базе, маневренности, способности принимать диспетчерское регулирование в оптимальном режиме работы и иметь несколько межсистемных связей, регулирующих в достаточной степени перетоки мощности между сопредельными РЭЭС и имеющих электрические связи с энергосистемами РФ по трем направлениям, а с КНР – по одному. Последние позволяют, в дальнейшем, обеспечить техническую основу совместной работы ЕЭЭС Монголии с энергосистемами сопредельных стран.

Седьмая глава посвящена формированию интеллектуальной ЭЭС Монголии. При этом основная концептуальная идея интеллектуальных энергетических систем подразумевает создание системно интегрированной и самоуправляемой в режиме реального времени энергетической системы, имеющей единую сетевую инфраструктуру, технологически и информационно связывающую все генерирующие источники энергии со всеми потребителями. Автор предложена пирамида стратегии создания интеллектуальной электроэнергетической системы в Монголии, в которую включены системный анализ текущего состояния энергетических потребностей страны и необходимость разработки методологии создания интеллектуальной электроэнергетической системы с детальной взаимосвязью с будущими иерархическими подсистемами.

В заключении приведены основные выводы по результатам исследований.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В первом и третьем разделах автор использует термины «экологически чистая энергетика, экологически чистая тепловая электрическая станция», однако анализ экологических реалий показывает, что корректнее использование термина «экологически безопасная энергетика».

2. Раздел 2.1. назван «Анализ общей методологии обоснования развития электроэнергетических систем», однако содержательно он носит скорее описательный, а не аналитический характер.

3. На стр. 131 (выводы по гл. 3) сказано: «Разработана методология исследования и обоснования формирования и развития ЕЭЭС, которая учитывает специфические условия Монголии, базируется на вложенной многоуровневой иерархии электроэнергетических систем, включает формирование и комплексное исследование сценариев их перспективного развития, качественно различающихся и охватывающих широкий спектр внутренних и внешних условий этого развития», однако суть сценариев

развития в работе не раскрывается, что затрудняет оценку соответствия предлагаемой методологии планируемому развитию экономики страны.

4. Стр. 139 – Насколько справедливо с позиций развития ЭЭС страны утверждение: «Универсальный критерий – обычно годовые общие затраты в электроэнергетическую систему»? Ведь минимальные затраты будут соответствовать отсутствию ЭЭС. Представляется более целесообразным принять в качестве основного критерия развития ЭЭС страны обеспечение её энергетической безопасности.

5. Стр. 140, 141 – Вызывает сомнение корректность разделения прогнозного электропотребления на две взаимно не связанные части, поскольку появление крупных промышленных и инфраструктурных объектов, учитываемое выражением (4.2) должно влиять на величину ВВП, входящую только в выражение (4.1).

6. На стр. 142 автор утверждает, что «Для обеспечения устойчивого развития и надежной работы региональной электроэнергетической системы (РЭЭС) необходимо иметь достаточную топливную базу и ресурсы первичной энергии в рамках ее расположения.» Однако очевидно, что для обеспечения устойчивого развития и надежной работы РЭЭС необходимо и соответствующее состояние развития электрических сетей различных уровней напряжения.

7. Стр. 153-154. В подразделе 4.5.1 (стр. 153-154) говорится о планируемом широкомасштабном развитии нетрадиционных возобновляемых источников энергии на базе солнечных и ветровых ресурсов. Использование ВИЭ должно предусматривать возможности и технические средства для аккумулирования электроэнергии в больших объёмах, однако в работе эта проблема не рассматривается.

8. Насколько полезен и информативен введённый в подразделе 5.1 показатель территориальной плотности энергопотребления для прогнозирования электропотребления Монголии? Было бы продуктивней ввести текущее значение показателя удельной энергоёмкости регионального ВВП и определить его значение в соответствии с программой долгосрочного развития страны.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность представленных в диссертации результатов.

Общее заключение

Диссертация Баяр БАТ-ЭРДЭНЭ является законченной научно-исследовательской работой, в которой представлено решение актуальной проблемы разработки научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования, методов расчета, алгоритмов и программ

выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем и комплексов.

Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает ее научную и практическую значимость. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. По результатам исследований опубликовано 33 печатных работах, из которых 11 статей издано в научных журналах из перечня ВАК по научной специальности 2.4.5, из них 10 статей категории К1, К2. В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК по другим специальностям – 4 статьи, статьи на монгольском языке – 14, и 4 публикации в трудах конференций, входящих в международные базы данных (Web of Science, Scopus).

Диссертация Баяр БАТ-ЭРДЭНЭ «Научно-методические основы обоснования комплексного развития электроэнергетической системы Монголии в новых условиях» отвечает требованиям, установленным в п.п. 9 - 14 Положения о присуждения учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с изменениями от 11.09.2021 г.), предъявляемым к докторским диссертациям.

Автор диссертации, Баяр БАТ-ЭРДЭНЭ, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы».

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры электроэнергетики Сибирского федерального университета, протокол № 2(33) от 16.10.2024 г.

Отзыв подготовлен заведующим кафедрой электроэнергетики, доктором технических наук, профессором Пантелеевым Василием Ивановичем.

Заведующий кафедрой
электроэнергетики, д-р техн. наук
(05.09.03 – Электротехнические
комплексы и системы), профессор

Пантелеев Василий Иванович

16.10.24

Я, Пантелеев Василий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Баяр БАТ-ЭРДЭНЭ, и их дальнейшую обработку.

Пантелеев Василий Иванович

16.10.24

