

ОТЗЫВ  
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА НА ДИССЕРТАЦИЮ  
ТЮСОВА ГРИГОРИЯ АНАТОЛЬЕВИЧА  
**«КЛИМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ  
ЭНЕРГИИ В РЕГИОНАХ РОССИИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА»,**  
ПРЕДСТАВЛЕННУЮ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК  
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 25.00.30 – МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Оценка климатических рисков на инфраструктуру объектов энергетики и принятие соответствующих адаптационных мер являются неотъемлемой частью развития общества и экономики. Исследование Г.А. Тюсова направлено на решение данной задачи применительно к объектам гидроэнергетики Российской Федерации. Работа выполнена в рамках, заданных принципами Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания, и является вкладом в методику определения воздействия климатических изменений на работу АЭС и ТЭС, позволяет представить информацию о возможных климатических изменениях в подготовленной для объектов гидроэнергетики виде, что несколько улучшает климатическую безопасность энергетической отрасли.

В результате проведённого диссертационного исследования автором получены новые прикладные результаты: проведены теоретические изыскания и на их основе подтверждена практическая значимость специализированного программного обеспечения по оценке климатических рисков; предложен набор и методика использования специализированных индексов для оценки климатических рисков для объектов атомной и тепловой энергетики; получены оценки изменения специализированных климатических параметров для некоторых электростанций, расположенных на территории Российской Федерации, и представлен прогноз по их изменению к середине XXI в.; сформулированы предложения по адаптации энергетической отрасли России к актуальным климатическим изменениям.

Результаты и методы диссертационного исследования опубликованы в научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых журналов, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ для публикации результатов диссертационных исследований, многократно доложены на тематических конференциях.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и приложения. Текст изложен на 174 страницах, включает 42 таблицы, 97 рисунков и список литературы из 107 источников, включая 30 на иностранном языке.

В введении обоснована актуальность исследования, поставлена цель, сформулированы задачи и защищаемые положения, приведены научная и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** выполнен обзор литературных источников и анализ содержащейся в ней климатической информации, важной для проектирования и эксплуатации объектов атомной, тепловой и гидроэнергетики. Рассмотрена информация из отечественных и зарубежных исследований по воздействию климата на энергетику, сводов правил и нормативных документов для проектирования, строительства и эксплуатации энергетических объектов. Автором выполнено обобщение специальной климатической информации в исследуемой области. Обоснована важность систем охлаждения энергоустановок, рассмотрены особенности их функционирования.

**Во второй главе** проведён анализ климатических изменений в районах расположения АЭС и ТЭС, оценена безопасность и эффективность их работы. Для понимания природы рисков проведён анализ климатообусловленных аварийных ситуаций на АЭС. Показана существенная зависимость рассматриваемых групп объектов энергетики от наличия больших объёмов водных ресурсов, необходимых для безопасной работы систем охлаждения агрегатов и электростанций в целом. Повышение температуры воды снижает эффективность работы систем охлаждения на АЭС и ТЭС, что ведёт к необходимости снижения объёмов выработки ими электрической энергии, а также увеличивает вероятность непредвиденных ситуаций.

При анализе климатических данных автор использует программу ClimPACT, которая рассчитывает индексы на основе суточных данных температуры воздуха и осадков. Математические подходы, используемые ClimPACT, а также дополнительная проверка доктором первичных данных на однородность подтверждают статистическую достоверность результатов. Использование ежедневных данных при анализе климатических изменений, безусловно, повышает качество и точность таких оценок.

Автором выбрано и обосновано использование трёх климатических индексов, отражающих критические состояния окружающей среды, являющихся актуальными для обеспечения штатного функционирования рассматриваемых групп объектов энергетики. Это:

- максимальное годовое число последовательных сухих дней с осадками до 1 мм;
- продолжительность самой длинной в году волны тепла, т.е. минимум трое суток, когда максимальная и минимальная температуры воздуха превышали значение 90 % обеспеченности;
- количество случаев, когда минимум 5 суток максимальная и минимальная температуры воздуха были выше 95 % обеспеченности.

Автором выполнен анализ изменения выбранных климатических параметров для 7 районов России по данным наблюдений и результатам климатического моделирования для территории России. Полученные оценки воздействия окружающей среды на объекты атомной и тепловой электроэнергетики демонстрируют увеличение неблагоприятного воздействия на их безопасное функционирование, как в настоящее время, так и в среднесрочной перспективе. Показаны наиболее подверженными климатическим рискам объекты энергетики Центрально-Черноземного региона и Ростовской области.

**В третье главе** проведено изучение влияния климатических изменений на функционирование ряда крупных гидроэлектростанций России. Объектами исследования стали ГЭС и водосборные бассейны Волжско-Камского каскада, Саяно-Шушенская, Зейская и Бурейская. Анализ влияния наблюдавшихся и ожидаемых климатических изменений на функционирование ГЭС основан на данных метеонаблюдений и результатах моделирования по двум сценариям потепления для середины ХХI в. Расчёты и выводы выполнены для гидрологических сезонов.

Проведённое исследование установило увеличение притока воды в водохранилищах ГЭС с серединой прошлого века и дало прогноз по сохранению этого тренда к середине ХХI в. Важными для гидроэнергетики являются результаты о внутригодовом перераспределении стока. Практически для всех станций прогнозируется рост зимних показателей, что повлечёт за собой существенное изменение режимов работы ГЭС.

На основании, имеющихся у автора, зависимостей между выработкой электричества и объёмом стока сделан прогноз возможных объёмов выработки электроэнергии на рассматриваемых ГЭС к середине XXI в. Для всех станций прогнозируется увеличение годовой выработки электроэнергии, с наибольшими показателями для объектов в азиатской части страны.

**В четвёртой главе** на основе полученных результатов, автором изложены предложения по адаптации атомной, тепловой и гидроэнергетики к климатическим изменениям, наблюдаемым с середины прошлого столетия и, полученным в рамках настоящей работы прогнозам на ближайшие десятилетия. Рекомендации по уменьшению рисков при выработке электроэнергии на рассматриваемых в исследовании АЭС, ТЭС и ГЭС подразделены технологические, поведенческие и институциональные меры. При формировании рекомендаций осознанно сделан акцент на усиление средне- и долгосрочного планирования, т.к. адаптация крупных объектов генерации электрической энергии к возможным климатическим изменениям является времязатратным процессом.

Сформулированные по результатам диссертационного исследования выводы в полной мере отвечают на цель и задачи, поставленные в настоящей работе.

По диссертационной работе рецензентом сформулирован ряд вопросов и замечаний:

1. Почему для оценок воздействия климата на АЭС и ТЭС автор использовал только программу ClimPACT без указания результатов аналогичных расчётов, проведённых с использованием иных программных продуктов или методик?
2. Выполненный анализ влияния климата на тепловую и атомную энергетику основан только на данных по температуре воздуха и осадкам. Однако на скорость испарения при охлаждении нагретого теплоносителя в градирнях оказывают воздействие, например, такие показатели, как скорость ветра, облачность, относительная и абсолютная влажности воздуха, солнечная активность, степень заоблаченности небосвода, высота нижнего края образования облаков и пр. Все эти данные доступны и достоверны в открытых источниках, но не использованы в работе, что существенно снижает достоверность построенной математической модели.
3. Некоторые полученные прогнозные оценки климатического воздействия на энергетику имеют исчезающе малую достоверность. Насколько адекватно такой прогноз отражает изменение современного климата?
4. Оценка будущих климатических рисков приводится на основании линейных трендов. Вместе с тем в работе не приведено обоснование использования выбранного линейного характера зависимостей, связывающих рассматриваемые климатические и энергетические характеристики объектов энергетики.
5. Предложения по технической адаптации сформулированы не всегда конкретно. Предлагаемые меры обеспечения надёжности и устойчивости систем энергоснабжения связанные с применением изолированных проводов, сверхпроводящих кабелей в ближайшем будущем представляются технически невыполнимыми. Представляется сомнительным такое мероприятие по снижению климатических рисков, как «использование передвижных энергоустановок» и ВИЭ, т.к. передвижные энергоустановки имеют малую мощность по сравнению со стационарными АЭС и ГЭС; а доступные в рассматриваемых районах ВИЭ не является надёжным поставщиком в силу существенной зависимости от климатических факторов.

6. В мерах по обеспечению безопасности АЭС в качестве наиболее опасного природного явления указаны смерчи. Непонятно, почему выделяются именно смерчи, т.к. за прошедшие 50 лет сумма ущерба объектам энергетики от смерчей исчезающее мала.
  7. В завершении 4 главы говорится о влиянии климатической информации на проектирование и строительство объектов энергетики. Замечу, что работы по проектированию и строительству ведутся на основании климатических данных, зафиксированных в сводах норм и правил, но не на основании климатической информации за предшествующие несколько лет.
  8. В заключении работы автор, говоря о климатических рисках и прогнозах по их изменению, использует преимущественно качественные оценки, не упоминая о количественных изменениях.

Перечисленные замечания не снижают научную значимость полученных автором результатов. Диссертационное исследование Тюсова Григория Анатольевича является завершённым научно-исследовательским трудом, вносит вклад в вопросы прикладной климатологии, имеет практическое применение для эксплуатации объектов ГЭС, АЭС и ТЭС Российской Федерации. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 4 статьи – в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Текст автореферата достаточно полно отражает содержание диссертации.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов диссертация Тюсова Григория Анатольевича «Климатические аспекты функционирования традиционных источников энергии в регионах России в условиях меняющегося климата» соответствует всем критериям, установленным пп. 9-14 Положения «О порядке присуждения учёных степеней» (утверждено Правительством РФ № 842 от 24.09.2013 г., с изменениями от 02.08.2016 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Тюсов Григорий Анатольевич заслуживает присуждения степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 «Метеорология, климатология, агрометеорология».

18 февраля 2020 г.

  
Гужов Сергей Вадимович  
кандидат технических наук  
(05.09.03 Электротехнические комплексы и системы),  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
Национальный исследовательский университет "МЭИ",  
докторант

директор Центра подготовки и профессиональной переподготовки «Энергосберегающие технологии».



Порядок  
зрения библио

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА**