

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Тюсова Григория Анатольевича

«Климатические аспекты функционирования традиционных источников энергии в регионах России в условиях меняющегося климата»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности
25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Происходящие климатические изменения имеют глобальный и региональный отклик. Территория России не является исключением и также в полной мере испытывает проявления изменения климата в природной среде, в обществе и экономике. Развитие климатического обслуживания отраслей экономики и социальной сферы является важным направлением в мерах адаптации к изменению климата. Энергетический сектор как наиболее климатозависимый входит в перечень приоритетных областей по реализации задач Глобальной Рамочной Основы Климатического Обслуживания ГРОКО - межправительственной инициативы под эгидой ВМО и других международных организаций. По выполнению плана ГРОКО Россия предпринимает усилия при координирующей роли Росгидромета. В частности, существует некоторый задел, главным образом в Главной Геофизической Обсерватории им. А.И. Воейкова, в разработке методик учета климатической информации в интересах сферы энергетики, но вместе с тем необходимы дальнейшие исследования, нацеленные на усовершенствование существующих и развитие новых подходов в обеспечении надежности функционирования инфраструктуры энергетической отрасли, включающей разные типы электростанций, что и определяет актуальность данной диссертационной работы. Конкретные задачи, которые перед собой поставил диссертант, связаны с оценками погодно-климатических рисков для различных типов электростанций в меняющихся климатических условиях и формулировкой рекомендаций адаптационных мер для энергетического сектора Российской Федерации.

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы насчитывает с приложениями 171 страницу, включая 97 рисунков, 42 таблиц. Список цитируемой литературы насчитывает 109 библиографические ссылки.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, поставлены цель и задачи работы, определены объект и предмет изучения, перечисляются основные положения, выносимые на защиту, а также основные методы исследований, использованные в работе, указывается новизна, научная и практическая значимость.

Глава 1. Посвящена изучению состояния вопроса по оценкам влияния изменения климата на стабильность функционирования энергетического сектора в России и за рубежом. Диссертантом выполнены обобщения по существующим нормативным документам, руководствам безопасности и правилам, касающихся проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов энергетической отрасли. В результате проведенного обзора соискатель обосновано указывает на необходимость на этапе проектирования и при дальнейшей эксплуатации энергетических объектов предварительно проводить специализированный климатический анализ по таким параметрам как температура и влажность воздуха, ветрового режима, режима осадков, интенсивности снеготаяния, изменения ледового режима, повторяемости особо опасных по интенсивности и продолжительности осадков и других экстремальных погодных явлений.

Воздействие климатических изменений на безопасность и эффективность работы АЭС и ТЭС анализируется **во второй главе**. В частности, диссертантом отмечено, что при воздействии изменения климата на водные ресурсы большой проблемой для технологического процесса охлаждения агрегатов электростанций является наличие в достаточном количестве и нужном качестве воды. Другое негативное воздействие происходящих климатических изменений связано с повышением температуры воды на водных объектах, предназначенных для систем охлаждения энергоблоков, что создает дополнительные трудности.

Для оценки воздействия климатических изменений на работу АЭС и ТЭС автор использовал в работе программный продукт ClimPACT, разработанный группой экспертов Комиссии по климатологии ВМО. Из доступных 40 климатических параметров были выбраны наиболее значимые с точки зрения функционирования АЭС и ТЭС. С помощью ClimPACT на основе данных ВНИИГМИ-МЦД по температуре воздуха и осадкам с 1950 по 2017 гг рассчитывались такие индексы как максимальное годовое число последовательных сухих дней, продолжительность самой длинной волны тепла в году, число периодов, когда

последовательно отмечались сутки (не менее 5) с максимальной и минимальной температурой воздуха выше 95 % обеспеченности. Важным вкладом диссертанта в методологию оценки воздействий является выполнение с помощью 4 тестов проверки однородности рядов индексов, не предусмотренной в ClimPACT.

Статистическая значимость расчетов обеспечивалась применением процедуры бутстрепа. Для получения робастной оценки изменений индексов использовались процедуры локально взвешенного сглаживания и фильтрация квадратичного ядра.

На мой взгляд, автором выполнен на высоком уровне качественный статистический анализ временных рядов индексов. На основании полученных результатов соискателю можно было бы рекомендовать ЭГ ККл ВМО усовершенствовать ClimPACT и добавить опции для проверки однородности и робастности рядов.

В ходе исследования диссертантом рассматривались регионы с высокой плотностью расположения объектов энергетики АЭС и ТЭС. Впервые выявлены районы с наибольшими и наименьшими рисками для систем охлаждения с точки зрения изменений температурно-влажностного режимов. Это несомненно важный и наглядный результат работы, который должен иметь широкое практическое применение.

Диссертантом также выполнены оценки изменений специализированных индексов по данным ансамблевых RCP 8.5 IPCC сценарных расчетов по региональной климатической модели ГГО, участвующей в проекте CORDEX. Расчеты за базовый и будущий периоды позволили выявить районы с наибольшими рисками для производства электроэнергии АЭС и ТЭС по сценарию радиационного внешнего воздействия на глобальный климат.

Глава 3. Посвящена анализу влияния настоящих и предполагаемых в будущем климатических изменений на функционирование «РусГидро» ГЭС, ГЭС Волжско-Камский каскада, Саяно-Шушенская, Зейская и Бурейская ГЭС. На основе анализа долгопериодных тенденций температуры воздуха, осадков, частоты оттепелей, стоков весеннего половодья, периодов снегонакопления, доли жидких осадков сделаны выводы о произошедших изменениях важных для энергетических объектов климатических параметров по районам, прилежащим к ГЭС.

Наряду с расчетами по ретроспективным данным проводились оценки сценарных изменений климатического и гидрологического режимов по данным региональной климатической модели ГГО и моделей CMIP5 в двух версиях: сценарий IPCC

радиационного воздействия RCP4.5 (мягкий сценарий) и RCP8.5 (жесткий сценарий). Выполненный соискателем анализ указывает на возможное увеличение притока воды к водохранилищам к середине XXI века в условиях радиационного внешнего воздействия. При этом отмечается, что увеличение притока воды будет сопровождаться ростом межгодовой изменчивости гидрологических характеристик.

Глава 4. Посвящена рассмотрению возможных адаптационных мер по снижению рисков при производстве электроэнергии на рассматриваемых в работе АЭС, ТЭС и ГЭС и формулируются предложения в разработке адаптационных стратегий. Адаптационные меры автор системно классифицировал на технологические, адаптационные и институциональные. По мнению соискателя, технологическая адаптация, главным образом, должна быть направлена на модернизацию систем электроснабжения, инфраструктуры и технологий. Поведенческая адаптация связана с пересмотром планов аварийного, эксплуатационного и технического обслуживания и соответствующей подготовкой кадров. В эту же категорию относятся меры по экономии и контролю электропотребления. Институциональная адаптация подразумевает тесное взаимодействие поставщиков и потребителей климатической информации с целью эффективного принятия решений ответственными лицами и своевременной актуализацией нормативной документации для проектирования и эксплуатации АЭС, ТЭС и гидротехнических сооружений.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Научные результаты и выводы достаточно полно отражены в опубликованных работах и обсуждены на международных и российских конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано 7 статей, включая 4 статьи в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Ознакомившись с работой, хотелось бы высказать следующие замечания:

1. На мой взгляд, в первой главе слишком подробно описываются системы охлаждения агрегатов АЭС и ТЭС с указанием их технических особенностей. Было бы достаточным в общих словах сформулировать необходимость наличия гидрологических и климатических данных для адекватного выбора системы охлаждения АЭС и ТЭС.

2. Диссертантом очень качественно выполнено обобщение по существующим нормативным документам, руководствам безопасности и правилам, касающихся проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов энергетической отрасли. Однако, считаю, что литературный обзор по научным исследованиям и достижениям по воздействию изменения климата на сферу энергетики несколько скудноват. Описание в форме обзора опыта российских и зарубежных коллег по тематическим разделам диссертации и разбор отдельных примеров был бы уместен.

В частности, при анализе наблюдаемых изменений климатического и гидрологического режима на водосборах рек были бы полезны ссылки на работы, например, А.Н. Гельфана, Б.И. Гарцмана, Ю. Н. Мотовилова, Н. Л. Фроловой.

3. В разделах, относящихся к анализу оценок специализированных индексов и эффективности работы ГЭС по данным ансамблевых расчетов с моделями CMIP5 и РКМ ГГО, я бы рекомендовала соискателю вместо термина «прогнозные оценки» использовать термин «сценарные оценки», поскольку речь идет о климатических проекциях, а не о прогнозах на десятилетия. Уверена, что диссертант хорошо осведомлен о различиях в методологических подходах в расчетах прогнозов на десятилетия и климатических сценариев.

Невзирая на высказанные замечания и мелкие недочеты, в целом можно отметить, что работа выполнена на высоком научном уровне, и результаты изложены ясно, следуя четкой логике. Автореферат и опубликованные статьи в полной мере отражают основное содержание диссертационной работы. Диссертация отвечает всем требованиям пункта 9 Положения ВАК о присуждении ученых степеней, а ее автор Тюсов Григорий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Официальный оппонент, доктор географических наук, заместитель
директора ФГБУ «Гидрометцентр России»



Хан Валентина Моисеевна

«07» февраля 2020 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический
научно-исследовательский центр Российской Федерации»

Адрес: 123242 г. Москва, Большой Предтеченский пер., 11-13

Интернет-сайт: <http://meteoinfo.ru/>

E-mail: khan@mescom.ru

Тел: 7(499)795 21 96

Подпись Валентины Моисеевны Хан заверяю

Ученый секретарь

ФГБУ «Гидрометцентр России»



Н.А. Шестакова