

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Мустафиной Айсылу Билаловны**

«Современные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия для республики Татарстан», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности

25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Происходящие климатические изменения имеют глобальный и региональный отклик как в окружающей среде, так и в социально-экономическом секторе. Территория республики Татарстан не является исключением и также испытывает на себе проявления изменения климата в обществе и в разных сферах экономики. Татарстан является одним из густонаселенных регионов РФ с развитой промышленностью и сельским хозяйством. Целый ряд факторов обуславливает необходимость более углубленного изучения современного и будущего состояния климатических условий и их воздействий на природные и социально-экономические системы в этом регионе. Таким образом, актуальность представленной работы не вызывает сомнений. Как правильно отметил соискатель, существует большая потребность в наличии достоверных климатических оценок по территории Татарстана для решения разнообразных теоретических и практических задач.

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы насчитывает 178 страниц, включая 58 рисунков, 58 таблиц и 12 приложений. Список цитируемой литературы насчитывает 123 библиографические ссылки.

Во **введении**, следуя традиционному формату диссертации, обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет изучения, перечислены основные положения, выносимые на защиту, а также основные методы исследований, использованные в работе, показана новизна, научная и практическая значимость.

Глава 1. посвящена анализу и всесторонним оценкам температурного режима в Республике Татарстан (РТ). По данным 13 метеорологических станций для территории РТ автором рассчитывались средние месячные значения температуры воздуха для 3-х характерных, с точки зрения динамики глобальной температуры, периодов: 1966-2016 гг., 1966-2000 гг. и 2001-2016 гг..

Выявлены пространственно-временные особенности изменчивости средних месячных температур воздуха в регионе исследования. В целях исследования механизмов формирования региональных особенностей термического режима соискателем рассматривалась зависимость между температурой воздуха на территории РТ и состоянием центров действия атмосферы в Северной Атлантике. Автор приводит некоторые рассуждения и обоснования по поводу обнаруженных зависимостей и причин того, что в зимний период корреляционная связь выражена сильнее, чем в летний период.

В целях изучения особенностей термического режима на различных уровнях тропосферы и стратосферы рассматривались вертикальные распределения температуры воздуха, осредненной над исследуемой территорией, на уровнях от земли до 10 гПа за период с 1979 по 2016 гг. В качестве источника информации использовался реанализ ERA-Interim. Рассматривалась динамика среднегодовой

температуры воздуха и смена знака первых разностей низкочастотных компонент за различные периоды.

В работе была предпринята попытка выявления роли режима солнечной активности в изменчивости температуры в толще атмосферы. Посредством проведения корреляционного анализа между числами Вольфа, характеризующими интенсивность солнечной активности, и температурным фоном на разных уровнях в тропосфере и стратосфере в РТ выявлены особенности воздействия солнечной активности на вертикально распределенную температуру воздуха. Приводятся оценки, отражающие степень влияния солнечной активности на термические процессы в тропосфере и стратосфере. Диссертант обнаружил, что в отличие от тропосферы в летней стратосфере наблюдается значимая положительная корреляционная связь между сравниваемыми характеристиками.

Исследование климата по территории Республики Татарстан по различным сценариям (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) выполнялись с использованием модельных расчетов в рамках международного проекта по моделированию климата CMIP5. На основании этих данных был выполнен анализ сценарных изменений климата в Татарстане и сделан вывод о том, что повышение температуры воздуха в холодный период года будет выражено существенно сильнее, чем в теплый. Проведенные исследования показали, что в целом на территории РТ сохранится умеренно-континентальный климат.

Интересные результаты в диссертационной работе получены по оценкам динамики характеристик отопительного периода. Энергетическая отрасль является одной из наиболее климатозависимых отраслей. Учет климатических факторов способствует более эффективному использованию природных энергетических ресурсов и потенциала энергетической промышленности. Уместно также напомнить, что энергетический сектор был включен в число приоритетных областей Глобальной рамочной основы климатического обслуживания. Характеристики отопительного периода РТ соискателем рассматривались за период 1979 - 2017 гг.. Получена важная оценка: на фоне потепления климата продолжительность отопительного периода сокращается со скоростью 4сут/ 10 лет. Выявлено, что начало отопительного периода смещается на более поздние сроки осенью. В весенний период, наоборот, наблюдается устойчивая тенденция незначительного смещения дат окончания ОП на более ранние сроки. Обобщение расчетов позволило автору сделать утверждение, что в РТ произошло уменьшение энергозатрат на отопление на 2% с учетом температурных изменений. На мой взгляд, полученные автором оценки климатических параметров отопительного периода в РТ имеют прикладную ценность. Для городского хозяйства современное потепление климата можно рассматривать как энергосберегающий фактор, и учет изменения климата в специализированных отраслях, как продемонстрировал соискатель, имеет важное экономическое значение.

Глава 2. посвящена изучению режима осадков на территории РТ.

По данным станционных наблюдений проведен анализ пространственно-временных характеристик атмосферных осадков, что позволило автору выявить тенденцию увеличения годовых сумм осадков по всей территории РТ, а также оценить частоту аномальных режимов увлажнения. Отмечено, что основной вклад в устойчивый рост количества годовой суммы атмосферных осадков в регионе вносят осадки в холодный период года. Увеличение количества

осадков автор связывает с увеличением испарения с подстилающей поверхности и возрастанием влагосодержания воздуха, вызванных потеплением климата.

Отдельный параграф посвящен изучению особенностей влияния ведущих режимов изменчивости барических полей в Арктическом и Атлантико-Европейском секторах на режим осадков в РТ. Соискателем анализировались корреляционные связи между атмосферными осадками и индексами циркуляции атмосферы САК, АО и SCAND для периода 1966-2013гг. Статистически значимых связей между изменчивостью осадков и индексов САК и АО не обнаружено, за исключением месяцев холодного периода ноября и декабря. Однако с октября по май выявлены значимые корреляционные зависимости (отрицательные по знаку) между суммой осадков и индексом SCAND.

Хотелось бы отметить актуальность и важность проведенного исследования дальних связей (телеконнекций) между характеристиками приземного климата и крупномасштабными модами атмосферной изменчивости, дающими представление о региональной предсказуемости с учетом происходящих климатических изменений на глобальном и региональном уровнях.

В Главе 3. анализируются агроклиматические условия Республики Татарстан на фоне меняющихся климатических условий

Поскольку основные площади пахотных земель в нашей стране, включая РТ, расположены в районах неустойчивого земледелия, то в условиях наблюдаемого глобального изменения климата важнейшее значение приобретает увеличение достоверности климатической информации, особенно об экстремальных условиях. Критически важно также иметь в наличии информацию о влиянии меняющихся климатических факторах на состояние и формирование продуктивности сельскохозяйственных культур. В ответ на возникшие потребности автором в ходе проведенных исследований получены количественные оценки характеристик агроклиматических условий РТ с учетом изменения климатических условий. По оценкам выполненных расчетов выявлено, что продолжительность теплого периода в РТ увеличилась в среднем на 20 суток. Весной наблюдается слабовыраженная устойчивая тенденция смещения дат переходов средней суточной температуры воздуха ССТВ на более ранние сроки, осенью, напротив, выраженное смещение на более поздние сроки. Таким образом, можно говорить о приросте тепловых ресурсов и возможности корректировки посевных площадей и увеличения разнообразия возделываемых сельскохозяйственных культур на территории РТ. Как отмечает соискатель, появляется возможность отдавать предпочтение в перечне выращиваемых сельскохозяйственных культур более позднеспелым сортам и гибридам. Отмечено, что в последние десятилетия за счет повышения температурного фона создаются условия для повышения урожайности с учетом внедрения позднеспелых зерновых культур. Автор приводит расчеты климатической составляющей изменчивости урожаев зерновых культур по методике В.М. Пасова и приходит к выводу, что урожаи в Республике Татарстан классифицируются как умеренно устойчивые. При этом наибольшую роль в формировании урожая играет увлажненность в первую половину вегетационного периода.

На основе имитационной системы Климат-Почва-Урожай рассчитывался биоклиматический потенциал территории. Приводятся количественные оценки рисков, повторяемости засух, уязвимости. По мнению автора, для эффективного производства сельскохозяйственных культур необходимо управлять рисками

посредством мониторинга тепло- и влагообеспеченности. Результативность управления может быть оценена через урожайность.

На мой взгляд, автором получены очень важные и интересные результаты в этой главе, демонстрирующие каким образом необходимо учитывать агроклиматические ресурсы для оценки потенциальной и реальной урожайности с.-х. культур.

Глава 4. Посвящена анализу биометеорологических показателей комфортности природной среды в Республике Татарстан

Выявление причинно-следственных связей между состоянием погодноклиматических условий и самочувствием человека является одной из ведущих научно-социальных задач современного общества. При этом существует понимание, что число факторов окружающей среды, связанных с климатом и влияющих на самочувствие и жизнедеятельность человека, многочисленно и разнообразно. На данный момент не существует формализованной объективной комплексной оценки влияния неблагоприятных погодноклиматических условий на состояние здоровья человека. Для решения этой задачи в России и за рубежом предложено много различных эмпирических индексов, учитывающих отдельно взятые факторы. В предложенной работе для оценки степени комфортности рассчитывалась эффективная температура, индекс Стедмана, индекс эквивалентно-эффективной температуры Миссенарда, индекс суровости Бодмана, индекс охлаждения Сайпла-Пассела, индекс патогенности. Используя перечисленные индексы, автором качественно и количественно оцениваются комфортные и дискомфортные условия на территории РТ в разные сезоны года.

В заключении работы сформулированы основные результаты.

Научные положения и выводы достаточно полно отражены в опубликованных работах и обсуждены на международных и российских конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано 14 статей, включая 5 статей в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Замечания:

1) Первая глава диссертации, на мой взгляд, несколько перегружена. Некоторые разделы можно было бы сгруппировать и перенести в другие Главы. Впрочем, это личное мнение.

2) С целью обоснования использования данных реанализа ERA-Interim взамен станционных наблюдений на территории РТ автором были рассчитаны коэффициенты корреляций между среднемесячными значениями температуры воздуха (осадками) по двум источникам данных. В Таблицах 1.9 (2.7) сведены значения коэффициентов линейной корреляции между рядами среднемесячных температур воздуха (сумм атмосферных осадков), полученных из фонда ВНИИГМИ-МЦД и реанализа ERA-Interim. Судя по результатам, представленным в таблице, коэффициенты корреляций рассчитывались без устранения климатического тренда. С учетом наблюдаемой региональной климатической изменчивостью температурно-влажностного режима методически было бы правильней провести предварительную обработку данных, устранив долгопериодные тенденции. Было бы также уместным представить аномалии

температуры и осадков в нормированном виде.

3) В качестве замечания хотелось бы высказать недостаточное физико-синоптическое обоснование обнаруженных зависимостей между параметрами атмосферы и климатическими индексами. Разделы диссертации, где представлены оценки и анализ дальних связей, приобрели бы большую ценность, если бы автор сделал попытки обосновать влияние крупномасштабных мод низкочастотной изменчивости на формирование локальных климатических условий, ссылаясь на работы отечественных и зарубежных авторов (например, Бардин М.Ю., Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Особенности наблюдаемых изменений климата на территории Северной Евразии по данным регулярного мониторинга и возможные их факторы, 2015, Труды Гидрометцентра России, вып 358, стр. 13-35, В.В. Попова «Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариаций крупномасштабной атмосферной циркуляции», «Фундаментальная и прикладная климатология» и др.)

4) На мой взгляд, используемый автором термин «вертикальная модель распределения температуры воздуха...» (Глава 1, раздел 1.2.) не совсем удачный и вводит в заблуждение читателей. На самом деле речь идет лишь о вертикальных сечениях характеристик осредненной температуры.

5) Расчеты коэффициентов_наклона линейного тренда температуры воздуха по данным метеостанции Казань (Глава 1, раздел 1.2.) желательно было бы дополнить оценками доверительных интервалов.

6) Из текста и анализа непонятно для какой цели в Главе 2, раздел 2.2. временные ряды количества осадков сглаживались с помощью полиномов высокой степени? Отсутствует обоснование.

7) Желательно приводить ссылки на первоисточники. Например, если речь идет о модельных расчетах, выполненных в ходе пятого этапа работы проекта по сравнению совместных моделей в рамках Всемирной программы исследования климата (CMIP5 – Coupled Model Intercomparison Project), то ссылаться нужно на основную публикацию по CMIP5 [Taylor, K.E., R.J. Stouffer, G.A. Meehl: An Overview of CMIP5 and the experiment design.” Bull. Amer. Meteor. Soc., **93**, 485-498, [doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1), 2012]. Ссылка на Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации в данном случае не совсем корректна.

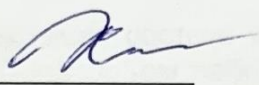
8) Сожалею, что в работе не приводятся ссылки на работы Н.В. Кобышевой, Е.М. Акеньтеевой из ГГО. Ряд публикаций этих авторов посвящены анализу климатических рисков и адаптационных мер к изменчивости климата в технической сфере, в первую очередь в сфере энергетики. Авторитет этих ученых высок как в России, так и за рубежом. Затрагивая в диссертационной работе вопросы использования и анализа специализированных климатических индексов и климатических условий для решения практических задач, в том числе в сфере энергетики, было бы крайне полезным обратиться к работам указанных выше авторов (например, Рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик / Под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: Гидрометеиздат, 1997., Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию

экономики / под ред. д. геогр. н., проф. Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с., Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере, Кобышева Н. В., Аментьева Е. М., Галюк Л. П. Санкт-Петербург: «Издательство Кириллица», 2015. — 216 с.

9) В 4-й главе диссертант рассматривает целый ряд биометеорологических индексов комфортности (7 индексов). По каждому из них приводятся расчеты и оценки. Было бы правильней, если бы диссертант обосновал использование предложенной группы индексов и в конце привел бы некое обобщение.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. 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 **Мустафина Айсылу Билаловна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Официальный оппонент, доктор географических наук, главный научный сотрудник ФГБУ «Гидрометцентр России»



Хан Валентина Моисеевна

«29» октября 2019 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@mecon.ru; valentina_khan2000@yahoo.com

Тел: 7(499)795 21 96

Подпись Валентины Моисеевны Хан заверяю

Ученый секретарь

ФГБУ «Гидрометцентр России»



Н.А. Шестакова