

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Горошковой Наталии Ивановны

на диссертацию Кириллиной Кюннэй Святославовны

“Разработка региональной климатической программы для Республики Саха (Якутия)”,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по
специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Тема диссертации является актуальной, т.к. в соответствии с Климатической доктриной и Климатической программой России, регионы должны принимать превентивные меры и разрабатывать соответствующие документы регионального уровня для смягчения негативного влияния современного изменения климата на различные отрасли региональной экономики. Именно этой проблеме и посвящена диссертация, где исследования, результаты и вытекающие из них меры предлагается использовать для разработки макета климатической программы для Республики Саха (Якутия). Такое детальное комплексное исследование проведено впервые на примере самого большого, исключительно разнообразного и интересного в гидрометеорологическом отношении региона России. Поэтому выполненная работа может служить примером для разработки региональных климатических программ в остальных российских регионах.

Выбранный в качестве предмета исследования регион – Республика Саха (Якутия) важен еще и тем, что, являясь самым большим на территории России, включает разные климатические пояса, от арктических и полярных территориями, где потепление климата может проявляться наиболее существенно, до районов с континентальным, но более теплым климатом на юге..

Отсюда и главная цель работы – разработка макета или расширенного содержания региональной климатической программы для Республики Саха (Якутия), в которой должны быть учтены полученные современные климатические изменения, их проекции на перспективу (до конца 21 века), как для стандартных климатических характеристик, какими являются температура воздуха и осадки, так и для прикладных климатических характеристик (гидрологических, почвенных и других), непосредственно связанных с различными отраслями хозяйства и жизнедеятельностью населения

2. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Общий объем работы составляет 118 страниц машинописного текста, включая таблицы, карты и иллюстрации. Список литературы содержит 80 публикаций, большая часть из которых относится к последнему 10-летнему периоду.

Во введении дается обоснование темы работы и ее актуальности, сформулирована цель и перечислены задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели (6 основных задач), приведены 5 основных научных положений, выносимых на защиту, перечислены 5 пунктов научной новизны. Также показано, что теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке структуры регионального плана адаптационных мер, направленных на смягчение и адаптацию к последствиям современного изменения климата и аналитического аппарата по оценке современного и будущего климата на региональном уровне, а практическая - в разработке макета климатической программы регионального уровня на примере Якутии. Кроме этого, перечислены методы исследования, аргументирована научная обоснованность и достоверность положений и выводов, показан личный вклад автора и сведения об

апробации работы, которые отражены в опубликованных докладах и статьях. В целом введение повторяет основные разделы первой части автореферата.

В первой главе рассматриваются особенности территории Якутии и приведен обзор стратегий по адаптации к современным изменениям климата и в частности по разделам даны:

- а) характеристика природно-климатических и социально-экономических особенностей Республики Саха (Якутия);
- б) обзор организационной деятельности в рамках проблемы современного изменения климата;
- в) краткий обзор основных результатов исследований современного изменения климата на территории Земли, России и Якутии, включающие исследования автора, основанные на н линейных трендах изменения среднегодовой температуры воздуха и осадков для Республики Саха (Якутия);
- г) результаты проведенного обзора по стратегиям адаптации к проявлениям современного изменения климата;
- д) методика исследования, которая должна будет использоваться в создании региональной климатической программы.

Методика исследования непосредственно направлена на то, чтобы:

- дать оценку современных региональных изменений климата и возможные его проекции на будущее;
- оценить уязвимость климатических индикаторов, связанных с различными отраслями экономики к климатическим изменениям в настоящем и будущем;
- дать рекомендации по адаптации и смягчению последствий регионального изменения климата.

Во второй главе диссертации реализованы два из 5 положений, выносимых на защиту, а именно:

- формирование качественной и однородной базы данных для надежного моделирования климатических изменений;
- оценка современных изменений климатических характеристик в пунктах наблюдений и обобщение показателей нестационарности по территории Якутии в разные месяцы года.

В результате формирования региональной базы климатических данных на основании наблюдений на 96 метеостанциях республики были получены следующие основные результаты:

- случаев неоднородных экстремумов для температуры оказалось всего 2,6% и для осадков 0,6% и все они были связаны или с погрешностями в данных или с недостаточной продолжительностью рядов;
- случаев нестационарности средних значений и дисперсий для температуры воздуха было уже 21,5% (причем в холодный период 12,6%, в теплый – 8,9%) и для осадков 29,8% (20,9% – в холодный, 8,9% - в теплый период). Они были обусловлены как изменением климата для температуры, так и сменой регистрирующих приборов для осадков в холодный период года;
- в результате процедуры восстановления число лет непрерывных наблюдений было увеличено с 70 до 130-140 для температуры и до 80-89 – для осадков;
- в восстановленных рядах для дальнейшего моделирования и установления долгопериодных климатических изменений были выявлены и исключены отдельные неоднородные экстремумы.

При реализации второго положения, выносимого на защиту, были получены следующие основные результаты:

- многолетние ряды среднемесячных температур воздуха не являются стационарными и процент нестационарных рядов увеличивается в последнее время;
- модель ступенчатых изменений примерно в 2 раза эффективнее для нестационарных рядов температур и в 4 раза для рядов осадков, чем модель тренда; рост температур

относится к 1960-1980м;

- во внутригодовом распределении нестационарности имеют место два максимума: в переходный период от зимы к лету (апрель – июнь) и в начале зимнего периода (октябрь – ноябрь);
- территориально весенний и осенний максимумы нестационарности располагаются в разных частях территории Якутии: весенне-летний – на юге, осенне-зимний – на северо-востоке;
- осадки более стационарны, чем температура, а нестационарность проявляется в основном в месяцы холодного периода года (декабрь-февраль);
- пересчет моделей с учетом новых данных 2013-16 гг. полностью подтвердил полученные ранее выводы.

Третья глава диссертационного исследования посвящена оценке будущих проекций климатических норм и раскрывает третье положение, выносимое на защиту. В результате проведенных исследований, которые включали в себя выбор наиболее эффективной климатической модели из нескольких и определение проекций климатических норм за три 30-летних периода до конца 21 века, были сделаны получены следующие основные выводы:

- наиболее эффективные модели для разных метеостанций и сезонов отличаются, но в 50% случаев лучшие результаты дает английская модель HadGEM2, в 25% случаев российская INM и в 20% всех случаев французская IPSL;
- наибольший рост температуры следует ожидать зимой до 4-6° С в последней трети XXI века по среднему сценарию RCP4.5, хотя по самому неблагоприятному сценарию RCP8.5 рост температур может достигать 9-10°С и даже 17°С на аномальной метеостанции Верхоянск;
- рост температур в другие сезоны и в конце XXI века по RCP4.5 может составлять от 1,2°С до 5,1°С (в среднем 2-3°С, т.е. в 2 раза меньше, чем зимних);
- закономерности будущего потепления по территории (если исключить метеостанцию Верхоянск как аномальную) состоят в том, что в южной, центральной и восточной частях республики следует ожидать меньшего потепления, чем в северной и западной, примерно на 4-8°С зимой и на 2-3°С в теплый период года;
- в целом по осадкам: по всей территории Якутии в будущем должен наблюдаться рост зимних и осенних осадков в пределах от 10 до 60%. Наибольший рост количества осадков ожидается в летний период, на некоторых станциях они могут вырасти в два раза.

В четвертой главе диссертации реализовано положение об оценке уязвимости климатических индикаторов к климатическим изменениям в настоящем и будущем. В качестве прикладных климатических характеристик, которые в диссертации названы «климатическими индикаторами», рассматривались: количество и площади естественных лесных пожаров во всех лесничествах Якутии, температура почвы на глубинах в весенний период на некоторых метеостанциях и характеристики стока весеннего половодья, такие как максимальные расходы и уровни воды в отдельных пунктах наблюдений. Для каждой прикладной климатической характеристики последовательно выполнено три стадии исследований:

- оценка проявления современных долгопериодных изменений климата в многолетних рядах климатических индикаторов;
- построение эмпирико-статистических зависимостей между климатическими индикаторами и основными климатическими характеристиками (среднемесячными температурами воздуха и осадками);
- оценка проекций будущих значений климатических индикаторов на основе полученных проекций основных климатических характеристик до конца 21 века.

В результате проведенных исследований получены следующие основные выводы и результаты:

- дисперсия площадей пожаров возросла с конца 20 – начала 21 века в центральных и юго-восточных лесничествах Якутии, что отразилось на росте средних площадей пожаров;
- получены эмпирические зависимости площадей пожаров прямо пропорциональные росту температур и обратно пропорциональные уменьшению осадков в месяцы теплого сезона года, которые дают небольшое увеличение площадей пожаров в 21 веке;
- температуры почвы выросли ступенчато в среднем на $1,0^{\circ}\text{C}$ в конце 1970х – начале 1980х и, главным образом, в центре и на юге республики, причем, чем ближе к поверхности, тем эти изменения больше, а на глубине 3,2 м температура стала превышать нулевые отметки, что является индикатором оттаивания мерзлоты;
- установлены эмпирические зависимости, связывающие температуры почвы на разных глубинах с температурой воздуха, которые показывают рост температуры почвы на $0,1-0,3^{\circ}\text{C}$ до конца 21 века, что приведет к оттаиванию мерзлоты на глубине 3,2 м;
- влияние изменений климата на рассмотренные гидрологические характеристики пока не наблюдается, за исключением отдельных случаев, которые могут быть обусловлены локальными причинами, характерными для изменения уровня воды.

В заключительной пятой главе диссертации, посвященной разработке региональной климатической программы для Республики Саха (Якутия), последовательно выполнены следующие исследования:

- проведен анализ предполагаемых последствий влияния изменения климата для экономики, инфраструктуры и населения Республики Саха (Якутия);
- дана оценка уязвимости экосистем Республики Саха (Якутия) к возможным климатическим воздействиям;
- **разработаны региональные** стратегии смягчения последствий и адаптации к изменениям климата для отдельных отраслей экономики, таких как: здравоохранение, строительство, наземный транспорт и топливно-энергетический комплекс, лесное хозяйство, гидроэнергетика, ЖКХ;
- сформирован макет региональной климатической программы, включающий пять основных разделов.

В заключении приведено 6 основных кратких выводов по результатам работы.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что с привлечением достаточно большого объема информации и на основе современных статистических методов выполнена значительная исследовательская работа географического плана, имеющие законченный характер. Автореферат достаточно четко и полно отражает содержание диссертационной работы.

3. НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Новизна научных положений, выносимых на защиту, несомненна и полностью соответствует их перечню из 5 пунктов, приведенных в диссертации, а именно состоит:

- в сформированной уникальной базе многолетних рядов температур воздуха и осадков по 96 метеостанциям республики, проанализированной и подготовленной для выполнения качественного статистического моделирования за многолетний непрерывный период в течение всего 20-го и начала 21-го веков;
- в рассчитанных для каждого многолетнего ряда показателей нестационарности по моделям линейного тренда и ступенчатых изменений и в установленных закономерностях этих показателей по территории и в разные месяцы года;
- в установленных наиболее эффективных моделях климата для рассматриваемой территории и оценке будущих норм климатических характеристик за 3 периода 21 века для территории Республики Саха (Якутия);
- в выявленных закономерностях в климатических индикаторах и оценке их будущих значений по установленным взаимосвязям с климатическими характеристиками;
- в разработке мер по адаптации и смягчению последствий влияния изменений климата на

ключевые отрасли экономики Якутии и сформированном макете региональной климатической программы.

Основные практические рекомендации, вытекающие из диссертационной работы, связаны:

- с учетом современных изменений климата в основных климатических характеристиках и климатических индикаторах в тех частях республики и в те месяцы года, где они существенно выражены уже сегодня;
- в учете сценарных будущих норм климатических характеристик и климатических индикаторов в практике перспективного планирования и проектирования;
- с представленным макетом региональной климатической программы, который будет являться основой для разработки нормативного документа.

4. ДОСТОВЕРНОСТЬ И ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Достоверность представленных в работе положений и результатов подтверждается используемыми соискателем известными методами статистического оценивания и регрессионного анализа, которые были применены корректно с учетом особенностей гидрометеорологической информации, проявляющихся в наличии естественной внутрирядной связанности временных рядов и асимметричности их эмпирических распределений. Обоснованность результатов подтверждается использованием большого материала наблюдений, который перед его применением, прошел тщательную проверку на качество и однородность, а также согласованностью результатов, полученных разными методами и по разным климатическим характеристикам и климатическим индикаторам. Обоснованность применения выбранных физико-математических моделей климата для оценки будущих проекций климатических норм определяется объективным сравнением данных моделирования и наблюдений за совместный период. Объективность проведенного анализа подтверждается также и применением современного апробированного программного обеспечения.

5. НЕДОСТАТКИ РАБОТЫ, ЗАМЕЧАНИЯ

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Название диссертации не соответствует конечному результату, который должен быть получен, т.е. в результате проведенного исследования разработан только макет, а не сама региональная климатическая программа.
2. В работе нет ясного представления, как изменяются осадки. В Табл.2.17 показано, что имеет место как уменьшение осадков на одних станциях, так и их увеличение на других, а на Рис.2.7 и 2.8 отмечены только области, где показатель нестационарности более 10% без разделения на зоны роста и падения осадков, что неправильно. Также нет объяснения причин, по которым эти изменения осадков имеют место, и оценки устойчивости выявленных нестационарностей во времени, как это было сделано для температур воздуха в п.2.2.
3. Название п.3.4 «Выбор эффективной климатической модели и прогноз для осадков» некорректно, т.к. здесь рассматривается не прогноз, а лишь возможная проекция или сценарная оценка будущих норм осадков.
4. Для вывода о надежности моделирования норм осадков с помощью моделей климата выбрано необоснованно большое значение относительной разности в 50%, но даже и при этом большом значении в месяцы переходных сезонов года (весна и осень) практически

не было выбрано ни одной эффективной модели. Поэтому несколько странно звучит вывод о том, что в будущем по всей территории Якутии произойдет рост осадков от 10% до 60% зимой и осенью. А как же предел надежности в 50% и вывод о том, что для осени плохо подходят климатические модели? А также как с этим согласовать результаты главы 3, где на некоторых станциях имеет место не рост, а уменьшение количества осадков в современный период. Тогда почему они будут расти в следующий период? Поэтому можно сделать вывод, что исследование осадков выполнено более поверхностно и менее надежно, чем температуры воздуха.

5. Нет объяснения причин, которые привели к резкому росту дисперсии площадей пожаров в последний период (Табл.4.1).
6. Непонятно, почему в эмпирических зависимостях (4.1)-(4.4) перед некоторыми температурами стоят отрицательные знаки, что противоречит причинно-следственной связи: чем больше температура, тем больше площади пожаров.
7. Оценка будущих площадей пожаров на территории Якутии, приведенная в Табл.4.2 в тыс. га не является информативной, т.к. непонятно на сколько в % увеличатся эти площади при росте температур по сценариям.
8. Если коэффициенты корреляции эмпирические зависимости между температурой воздуха и ближайшей почвенной температурой на глубине 1,6 м $R=0,35-0,60$, то будут ли достоверными результаты перспективной оценки температур почвы до конца 21 века в Табл.4.4? Следовало дать данные в ней в диапазоне с учетом этой погрешности.
9. Не понятно, почему в качестве гидрологических характеристик были рассмотрены только срочные максимальные расходы и уровни воды и не включены еще слои половодья, которые являются более важной характеристикой для гидроэнергетики, и зависят от такого более интегрального и климатического показателя как количество твердых осадков за зиму. Поэтому максимальные расходы и особенно уровни воды и могут оставаться стационарными, но изменение слоев половодья может иметь место и является более важным фактором для наполнения водохранилищ и их регулирования.
10. Еще более интересной характеристикой гидрологического режима, быстро откликающейся на изменения температуры воздуха, является ледовый режим, а именно начало и конец ледостава, продолжительность ледостава, максимальная толщина ледяного покрова. Исследования влияния изменений климата на эти характеристики показывают значимые тренды в их временном ходе, начиная с 80-х годов XX века.
11. Последняя 5-ая глава является наименее проработанной, т.к. в ней даны только качественные схемы возможных мероприятий, но не приводятся оценки возможного ущерба от влияния наиболее вероятных климатических изменений и требуемые затраты на превентивные меры по снижению их последствий. Поэтому практически все предлагаемые мероприятия являются как общеизвестными, так и количественно не обоснованными, т.е. поверхностными и декларативными.
12. Есть замечания по оформлению: карта на рисунке 4.5 абсолютно слепая, а так как пункты наблюдений не подписаны, то ориентироваться очень сложно. На большинстве карт пункты подписаны по-английски, а в таблицах они по-русски.

6. ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ СОИСКАТЕЛЯ

О том, что материалы диссертации полностью и широко представлены в публикациях соискателя, свидетельствует тот факт, что по теме диссертационной работы опубликовано 18 печатных работ и из них 5 в научных изданиях, находящихся в перечне ВАК. Также работа прошла широкую апробацию в виде докладов на семинарах, конференциях и симпозиумах различного уровня, от местных до международных, как в нашей стране, так и за рубежом. А важность выполняемых исследований была оценена в виде персональных стипендий и грантов, включая стипендии президента РФ,

правительства Санкт-Петербурга и президента Республики Саха (Якутия).


7. ВЫВОДЫ, СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ КРИТЕРИЯМ, УСТАНОВЛЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ О ПОРЯДКЕ ПРИСУЖДЕНИЯ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

Диссертационная работа соискателя является научно-квалификационной работой высокого уровня, в которой содержится комплекс решений задач по оценке регионального изменения климата в настоящем и будущем на территории Республики Саха (Якутия), оценке проявлений изменения климата в некоторых климатических индикаторах также в настоящем и будущем и в разработке мер по смягчению последствий изменений климата в климатических индикаторах на основе предложенных мероприятий для основных отраслей экономики Якутии.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты, позволяющие судить о достаточно значимом личном вкладе автора исследования в науку.

Считаю, что представленная диссертация полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кюннэй Святославовна Кириллина, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Официальный оппонент
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
отдела гидрофизики
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Государственный гидрологический институт»

 Н.И.Грошкова

Сведения о составителе отзыва:

Ф.И.О.: Горошкова Наталия Ивановна
Адрес: 199053, Санкт-Петербург, 2-ая линия В.О., д.23
Телефон: 7 812 323 78 36
E-mail: goroshnat@yandex.ru
Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный гидрологический институт»
Должность: Старший научный сотрудник

Подпись Горошковой Наталии Ивановны заверяю:

Ученый Секретарь ФГБУ «ГГИ»  Ж.А.Баланишникова

