

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Викторова Сергея Васильевича

на диссертацию Омара Абдулхакима Али Шукри

“Анализ и моделирование климатических изменений на Аравийском полуострове”,  
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по  
специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология

### 1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Аравийский полуостров является одним из самых неблагоприятных мест для жизни людей на Земле из-за своего климата: предельно высоких температур и очень малого количества осадков. По сценарным оценкам проекта СМIP5 и их результатам, приведенным в 5-ом оценочном докладе МГЭИК, ожидается еще большее увеличение температуры на Аравийском полуострове, которое в зимние и, особенно, в летние месяцы к концу 21 века может достичь 3-5<sup>0</sup>С по сравнению с периодом 1986-2005 гг. Наибольший же рост температуры ожидается в центральной части полуострова. Осадки же, в свою очередь, будут уменьшаться в среднем по ансамблю (50% квантиль распределения), хотя по отдельным сценариям, составляющим до ¼ всего ансамбля (75%-ная квантиль), осадки должны расти.

Из-за существующих неблагоприятных климатических условий и их возможного усиления в будущем, важным было оценить фактические климатические изменения температур воздуха и осадков на метеостанциях и обобщить их по территории. В результате можно было выявить области, где эти изменения уже начались и они существенны, а где их проявление еще не сказывается. В этом заключается первая цель рассматриваемой работы.

Второй важной целью работы является определение *прикладных* климатических характеристик и обобщение их по территории. К таким характеристикам, помимо параметров распределения (норма и изменчивость), относятся расчетные климатические характеристики редкой повторяемости: 1 раз в 100 и 200 лет, которые широко применяются в строительном проектировании, сельском хозяйстве и других сферах экономики.

### 2. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Общий объем работы составляет 194 страницы машинописного текста, включая таблицы, карты и иллюстрации. Список литературы относится к периоду после 2000 года, содержит 141 публикацию, большая часть из которых на английском языке.

**Во введении** дается обоснование темы работы и ее актуальности, сформулирована цель и перечислены задачи, которые надо решить для достижения поставленной цели (7 основных задач), приведены 6 основных научных положений, выносимых на защиту, перечислены 5 пунктов научной новизны. Также показано, что теоретическая значимость работы заключается в разработке методики выявления современных изменений климата на региональном уровне, а практическая представлена 4-мя основными пунктами от создания базы данных до построения региональных зависимостей для прикладных климатических характеристик. Кроме этого, перечислены методы исследования, аргументирована научная обоснованность и достоверность положений и выводов, показан личный вклад автора и сведения об апробации работы в виде выступлений и публикаций. В целом введение повторяет основные разделы первой части автореферата.

**В первой главе** рассматриваются современные и будущие климатические изменения на Аравийском полуострове. Глава фактически состоит из двух частей: (1) литературного обзора климатических условий Аравийского полуострова и их изменений в настоящем и будущем и (2) исследований, выполненных лично соискателем по сценарным оценкам будущего климата Аравийского полуострова при выборе наиболее подходящей модели. Автором приводятся общие сведения о климатическом режиме, основных факторах его формирования, внутригодовых изменений температур воздуха и осадков в разных частях полуострова, исследованиях по оценке климатических изменений на полуострове. Во второй части были использованы результаты моделирования по проектам СМIP3 и СМIP5 для трех точек регулярной сетки, вблизи станций наблюдений на севере, юге и в центре полуострова. Прежде всего была выбрана наиболее эффективная модель, лучше всего соответствующая данным наблюдений на основе расчета коэффициентов парной корреляции за совместный период. Затем были применены разные сценарии оценки будущих температур воздуха в этих частях полуострова. Основной вывод из выполненного исследования состоит в том, что практически все рассмотренные модели имели низкую связанность с данными наблюдений и будущие оценки температур очень зависят от выбранного сценария и изменяются от стационарных условий до увеличения температур в отдельные месяцы до  $5^{\circ}\text{C}$  градусов на конец 21 века.

**Во второй главе** описан трудоемкий процесс формирования региональной базы данных, выполнен анализ ее качества и однородности, исключены или откорректированы ненадежные данные и подготовлены многолетние однородные ряды среднемесячных температур воздуха и осадков для целей дальнейшего эффективного моделирования. Диссертант правильно уделяет большое внимание качеству применяемой информации и посвящает этому целую главу, т.к. при эмпирическом моделировании получаемые выводы напрямую связаны с качеством и надежностью используемой информации. Помимо наблюдений на Аравийском полуострове, в региональную базу данных были включены и метеостанции сопредельных государств, в результате чего сформированная региональная БД содержит данные по температуре воздуха на 188 метеостанциях и по осадкам – на 310 метеостанциях. Для формирования региональной БД и анализа качества данных использовалось современное программное обеспечение и статистические методы. Так, для оценки однородности как эмпирических распределений, так и параметров временных рядов применялись статистические критерии Диксона, Смирного-Граббса, Фишера, Стьюдента, обобщенные на особенности гидрометеорологической информации. Для восстановления пропусков наблюдений и приведения рядов к многолетнему и примерно одинаковому периоду применялась известная апробированная методика, основанная на регрессионных взаимосвязях с рядами-аналогами и приведенная в нормативном документе для строительного проектирования – Своде правил по определению основных расчетных гидрологических характеристик. В итоге после вторичного анализа качества восстановленных данных были сформированы многолетние ряды качественных данных в пунктах наблюдений на Аравийском полуострове, пригодные для дальнейшего анализа и статистического моделирования.

**Третья глава** диссертационного исследования является ключевой и посвящена статистическому моделированию многолетних временных рядов с целью установления в них климатических изменений. При этом принимается простое допущение, что если климатических изменений нет, то временной ряд представляет собой стационарную выборку, а если изменения климата проявляются, то имеет место нестационарная модель средних значений, которая лучше аппроксимирует временной ряд, чем стационарная. В качестве нестационарных выбраны два вида моделей: линейного тренда и ступенчатых изменений. А в качестве основного показателя отличия от стационарности – относительная разность стандартов остатков двух моделей: стационарной и нестационарной. Причем, принималось, что нестационарная модель эффективна, если эта

относительная разность более 10% и модель статистически значима, если отношение дисперсий остатков двух моделей по критерию Фишера больше критического. В работе были определены относительные разности для всех рядов среднемесячных температур воздуха и осадков и далее построены их пространственные интерполяционные модели для территории Аравийского полуострова, позволившие установить как закономерности распределения нестационарности по территории, так и выделить области с наиболее существенной нестационарностью. Интересно отметить, как установлено в диссертации, что нестационарность имеет внутригодовой ход и области с ней связанные также изменяются по территории в течение года. Так, для температуры воздуха наиболее стационарными являются зимние месяцы, а наименее – летние, причем во всех случаях нестационарность связана с ростом температур, как правило, в середине – конце 1980х годов, и модель ступенчатых изменений является более эффективной, чем линейного тренда. Для осадков таких пространственно-временных закономерностей в динамике нестационарности не установлено и сам процент нестационарных рядов очень мал (6%). Наибольшее число нестационарных моделей установлено для среднегодовой температуры воздуха (95% от общего числа рядов).

**Четвертая глава** диссертации посвящена вопросам классической и прикладной климатологии. В ней рассматриваются климатические нормы, их устойчивость во времени и изменение по территории, а также пространственные закономерности средних квадратических отклонений. Устойчивость климатических норм оценивается по последовательным 30-летним периодам их определения по сравнению со средним за весь период наблюдений и за период 1961-1990 гг., рекомендованный ВМО. В целом получены те же выводы, что и в предыдущей главе о наибольшем росте температур имеет место летом. Поэтому для определения климатических норм использовался период, рекомендованный ВМО и для сравнения с ним – весь многолетний период от начала 20 века до первого десятилетия 21 века. В общем получены практически одинаковые пространственные распределения норм и стандартных отклонений за оба эти периода. Благодаря исследованию пространственной изменчивости климатических норм температуры каждого месяца, помимо уточнения известных пространственных закономерностей температуры, установлен также и годовой ход территориальных максимумов температур. Начиная с весны эти максимумы начинают смещаться с юго-запада в центр и на восток полуострова, а к августу достигают побережья Персидского залива, затем с октября максимумы температур снова смещаются на юго-запад. Изменчивость многолетних колебаний температур воздуха не одинакова по полуострову и также зависит от сезона года. Как в холодный, так и в теплый периоды она наименьшая на юге, а наибольшая в центре и на севере, но отличается по пространству в 4 раза зимой и всего в 2 раза летом. В осадках таких же ярких пространственных закономерностей, как и для температуры, не установлено. Получено только, что месячные суммы осадков изменяются по полуострову в широких пределах от долей мм до 60-70 мм, причем в холодный период минимумы осадков наблюдаются в прибрежных районах, а максимумы на северо-востоке, а летом минимумы имеют место в центре и на севере, а максимумы - в прибрежных районах. Интересно отметить, что изменчивость осадков тем больше, чем больше сами осадки.

Главная же отличительная особенность и значимость этой главы состоит в определении расчетных климатических характеристик редкой повторяемости 1 раз в 100 и 200 лет и построении территориальных зависимостей, связывающих эти расчетные характеристики с нормами за разные периоды времени (период ВМО и полный период наблюдений). Всего было построено несколько десятков таких региональных зависимостей с высокими коэффициентами корреляции (очень высокими для температуры и несколько менее высокими для осадков), которые имеют прямое практическое значение, т.к. позволяют определять расчетные климатические характеристики, требуемые в разных

видах проектирования, в любой точке полуострова, где данные наблюдений отсутствуют. Еще одной «изюминкой» данной главы является построение территориальных статистических моделей и анализ динамики их коэффициентов.

В заключении приведено 12 основных выводов по работе почти на 5 страницах (возможно, излишне подробно).

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

### 3. НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

В связи с тем, что представленная диссертационная работа выполнена на высоком техническом уровне, и на обширном географическом материале, защищаемые положения исследования несут несомненную новизну и представляют большой интерес. Научная новизна работы определяется двумя направлениями:

- разработкой общей методики пространственно-временного статистического моделирования как изменений климата, так и климатических норм и расчетных характеристик;
- полученными результатами по установленным районам с нестационарными моделями, пространственным закономерностям климатических норм и естественной изменчивости, установленными региональными зависимостями между климатическими нормами и расчетными климатическими характеристиками редкой повторяемости для всего Аравийского полуострова.

К новизне также можно отнести оценку будущих температур на основе климатических сценариев и построение статистических пространственных моделей для Аравийского полуострова с исследованием их коэффициентов.

Новизна выводов связана с новыми полученными географическими закономерностями температур воздуха и осадков и их изменений внутри года и за многолетний период. Также одним из важных достижений автора диссертации можно считать созданную базу данных не только по Аравийскому полуострову, но и по соседним странам северо-восточной Африки и Ближнего Востока. Информация в этой базе данных проанализирована на качество, однородность, приведена практически к одинаковому многолетнему периоду и подготовлена для дальнейших научных исследований любого плана. Ее с успехом могут использовать другие специалисты.

Основные практические рекомендации, следующие из диссертационной работы связаны:

- с установленными регионами и месяцами, для которых повышение температуры воздуха уже имеет место;
- с уточненными климатическими нормами и климатической изменчивостью и их распределением внутри года и по территории;
- с полученными региональными зависимостями для определения расчетных климатических характеристик редкой повторяемости 1 раз в 100 и 200 лет в любой точке полуострова, где данные наблюдений отсутствуют.

### 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. Объективность проведенного анализа подтверждается также и применением современного апробированного программного обеспечения.

## 5. НЕДОСТАТКИ РАБОТЫ, ЗАМЕЧАНИЯ

В диссертационной работе имеются некоторые недостатки, по которым можно сделать следующие замечания.

1. Не совсем корректно применение сценариев двух проектов СМIP3 и СМIP5. Во-первых, результаты сценария СМIP3 устарели. Во-вторых, непонятно почему в СМIP3 использованы не общепринятые сценарии типа В1, А1В, А2, а только рост  $\text{CO}_2$  на 1 % в год до увеличения концентрации в 2 и 4 раза к концу 21 века. В-третьих, почему из сценариев проекта СМIP5 выбран самый предельный сценарий RCP8.5 и другие климатические модели по сравнению с проектом СМIP3.
2. Во второй главе, несмотря на большое число рассмотренных метеостанций в целом, на самом Аравийском полуострове удалось использовать данные всего 36 пунктов наблюдений за температурой и 43 - за осадками, что крайне недостаточно для такой большой и разнообразной в климатическом отношении территории. Впрочем, вряд ли стоит ставить это в вину автору диссертационной работы.
3. Не ясен принцип, по которому исключались не только восстановленные, но и фактические данные наблюдений при окончательном формировании многолетних рядов для последующего статистического моделирования.
4. В таблицах характеристик моделей временных рядов (Глава 3), помимо предлагаемых показателей эффективности нестационарных моделей ( $\Delta_{mp}\%$ ,  $\Delta_{mp}\%$ ,  $F_{mp}$ ,  $F_{cmyl}$ ), приведены также и известные оценки стационарности по критериям Фишера и Стьюдента ( $F_{ст}$ ,  $St_{ст}$ ), а также коэффициент корреляции линейного тренда  $R_{тр}$  с оценкой его значимости. Однако никаких сопоставлений между стандартными методами оценки стационарности и предлагаемыми не дано, хотя из таблиц следует, что случаев нестационарности при оценке по стандартной методике должно быть не меньше, а даже больше.
5. В четвертой главе полученное практическое сходство норм температур за весь 100-летний период наблюдений и период, рекомендованный ВМО, еще не говорит о том, что эти нормы устойчивы, т.к. весь период наблюдений включает и первую половину 20 века, где изменений температур не было, и конец 20-го - начало 21-го веков, где этот рост мог быть самым существенным. Наибольший интерес представляют именно нормы за последний 30-летний период наблюдений, а их карты в диссертации не представлены.
6. Для региональных зависимостей по определению климатических характеристик повторяемостью 1 раз в 100 и 200 лет хотя и приведены коэффициенты корреляции, но не указана конкретная погрешность в  $^{\circ}\text{C}$  для температуры и в мм для осадков, которая необходима при решении практических задач и свидетельствует о фактической эффективности зависимостей.
7. В работе отсутствуют сведения о возможности использования в региональных климатических исследованиях данных дистанционного зондирования Земли из космоса, хотя длина рядов спутниковых наблюдений составляет уже более сорок лет. Личные соображения автора диссертации по этому вопросу продемонстрировали бы общую эрудицию автора.

Замечания редакционного характера.

- В таблицах на страницах 54-57 названия метеостанций следовало бы привести на английском языке.
- На заимствованном рис. 1.6 (стр. 25) не указаны единицы измерений. Соответственно, не совсем корректными представляются рассуждения на стр. 24 (два последних абзаца).
- Ссылку на работу 2 в разделе «Литература» следовало бы уточнить.

## 6. ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ СОИСКАТЕЛЯ

Результаты представленной диссертационной работы своевременно опубликованы в периодических изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научной деятельности. Всего автором опубликовано 8 работ, 5 из которых в журналах из перечня ВАК (две личные и три в соавторстве), остальные — тезисы двух международных научных конференций и учебное пособие, представленное как Методические указания по выполнению лабораторной работы: «Сценарные оценки будущего климата на основе моделей общей циркуляции атмосферы и океана и данных проекта СМIP5». В представленных работах опубликованы основные защищаемые положения диссертации. Поэтому можно характеризовать полноту изложения материалов диссертации как достаточную.

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

Диссертационная работа соискателя является научно-квалификационной работой хорошего уровня, в которой содержится комплекс решений задач по оценке регионального изменения климата на Аравийском полуострове и установление пространственно-временных закономерностей климатических норм и климатической изменчивости, а также региональных зависимостей для определения расчетных климатических характеристик редкой повторяемости, что имеет большую значимость для практики.

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, Омар Абдулхакам Али Шукри, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Официальный оппонент  
доктор географических наук, главный научный сотрудник  
Санкт-Петербургского Центра экологической безопасности РАН,  
профессор кафедры климатологии и мониторинга  
окружающей среды Института наук о Земле СПбГУ



С.В.Викторов

---

Сведения о составителе отзыва:

Ф.И.О.: Викторов Сергей Васильевич  
Адрес: 197110, Санкт-Петербург, ул.Корпусная, д.18

Телефон: 7 812 230 78 36  
E-mail: s1941vic@yahoo.com  
Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Санкт-Петербургский Центр экологической безопасности РАН

Должность: Главный научный сотрудник

Подпись Викторова С.В. заверяю:

Ученый секретарь  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Санкт-Петербургского  
Центра экологической безопасности РАН

 В.З.Родионов

