

Отзыв официального оппонента
кандидата технических наук Горошковой Наталии Ивановны
на диссертационную работу Маами Магбини Токпа
«Климат Центральной Африки и его изменения»
на соискание ученой степени кандидата географических наук
по специальности 1.6.18. – Науки об атмосфере и климате

1. Оценка актуальности исследования

Представленное к защите исследование посвящено изучению климата Центральной Африки, территория которой расположена в обоих полушариях и характеризуется экваториальным и тропическим типами климата. Неоднородность и отсутствие многолетних наблюдений, неравномерность расположения сети наблюдений и другие технические проблемы, а также множественность видов атмосферной циркуляции обуславливают сложности в изучении современного и будущего климата этого региона, который, как и вся планета подвержен климатическим изменениям

В современных условиях меняющегося климата и с учетом того, что основой экономики стран Центральной Африки является сельское хозяйство, актуальность темы исследования не вызывает сомнений как с научной, так и с практической точек зрения.

2. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Общий объем работы составляет 124 страниц машинописного текста, включая таблицы, карты и иллюстрации. Список литературы содержит 141 публикацию, 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 (5 основных задач), приведены 4 основные научные положения, выносимые на защиту, перечислены 4 пункта научной новизны выполненных исследований. Также показано, что теоретическая и практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке адаптационных мер, направленных на смягчение и адаптацию к последствиям современного изменения климата, а также аналитического аппарата по оценке современного и будущего климата на региональном уровне. 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 представлен обзор текущего изменения климата в Центральной Африке, включающий общие черты климатических характеристик и их особенности для разных районов исследуемого региона. Представлен краткий обзор результатов исследований современного изменения климата в Центральной Африке, индикаторы изменения климата и причины его глобального потепления. Приведен список из 65 пунктов наблюдений на территории региона и 22 за его пределами, которые будут использованы в работе.

Вторая глава посвящена исследованию современных изменений температуры воздуха в Центральной Африке, включающих комплексную оценку качества данных наблюдений и анализ изменений температуры в регионе с помощью статистических методов и моделей. Данные наблюдений крайне неоднородны во времени и по территории - процент выявленных случаев нестационарности составляет 22,5 %, что свидетельствует о том, что

даже при такой предварительной оценке имеются изменения параметров временных рядов. Выполнено приведение рядов наблюдений к многолетнему периоду с использованием метода аналогии. Разработана и применена методика оценки изменений температур воздуха, основанная на последовательном переходе от более надежной к менее надежной информации, на оценке устойчивости показателей нестационарности, на выделении районов однородных по динамике изменений климата и на количественной оценке произошедших изменений в зависимости от вида модели изменения среднего значения.

Осуществлена аппроксимация многолетних временных рядов моделями нестационарного среднего двух видов: линейный тренд и ступенчатые изменения среднего значения. Установлено, что изменения среднего значения происходили во второй половине XX века в период от середины 1970х до начала 2000х и модель ступенчатых изменений среднего значения более эффективна, чем модель тренда. На территории Центральной Африки выделено 4 района однородных по динамике изменений среднего значения. При количественной оценке роста температур как разности средних значений за каждый период до и после установленного года ступенчатых изменений Тст, было получено, что, во всех районах во все сезоны года происходит рост температуры разной интенсивности.

В третьей главе выполнена оценка современных изменений атмосферных осадков в Центральной Африке. Для этого были рассмотрены многолетние ряды сумм осадков за каждый месяц с начала наблюдений до 2022 года включительно на 57 метеорологических станциях в пределах и за пределами границ региона.

По типу внутригодового распределения с учетом наличия влажных и сухих периодов было выделено 4 однородных района с характерными одно и двух модальными распределениями осадков. Оценка эффективности районирования показала, что связи средних районных внутригодовых распределений осадков с аналогичными распределениями отдельных метеостанций внутри района имеют коэффициенты корреляции больше 0,9.

Для оценки изменений средних значений многолетних рядов влажного сезона использована аппроксимация моделями нестационарного среднего (линейный тренд и ступенчатые изменения среднего). Для сухого периода, в связи с большим случаем отсутствия осадков в рядах данных – сравнение средних значений за две половины ряда.

В результате было установлено, хотя для месяцев влажного периода года наблюдается тенденция снижения осадков в августе на западе территории, а, в основном в горных районах, они могут возрастать, эти изменения практически всегда статистически незначимы.

Аналогично характеризуется тенденция уменьшения осадков на рассматриваемой территории в месяцы сухого сезона года. Только вблизи Гвинейского залива наблюдается повышение осадков, которое превышает 1,0 и даже 2,0 СКО в январе.

Четвертая глава посвящена сравнению наблюдений метеорологических станций с результатами исторических экспериментов, охватывающих период 1850-2005 гг. для проекта CMIP5 и 1850-2014 гг. для CMIP6, а также с результатами сценариев проектов CMIP5 и CMIP6 с целью оценки будущих температур воздуха в Центральной Африке на период до 2100 года. Разности между смоделированными и наблюдаемыми многолетними средними температурами по всем метеостанциям Центральной Африки, выполненный автором по 9 моделям, дал основание остановиться на двух глобальных климатических моделях: IPSL (французская модель института Лапласа) и BCC (модель пекинского климатического центра, Китай) как наиболее подходящих, поскольку они имеют наименьшие отклонения от средних многолетних значений наблюдаемых данных. Выполненный анализ показал, что модель IPSL проекта CMIP5 более эффективна, чем в проекте CMIP6.

Для модели BCC в полученных данных исторического эксперимента по двум проектам есть систематические отклонения: значения выше среднего завышены, ниже среднего занижены и максимальные отклонения завышены. Результаты будущих

сценарных оценок по проектам CMIP5 и CMIP6 идентичны выводам, полученным при сравнении их по данным исторического эксперимента. При этом отдается предпочтение модели IPSL, в которой данные двух проектов больше связаны и систематические отклонения отсутствуют.

При сравнении сценарных оценок проекта CMIP5 с данными наблюдений за совместный период последних 15—16 лет начиная с 2006 года возникает необходимость их корректировки вследствие их существенных отклонений как от средних по территории, так и от наблюдаемых средних по времени. Корректировка дала высокую связанность средних модельных и наблюдаемых данных ($R^2=0,94-0,99$) и отсутствие систематических погрешностей,

Полученные пространственные распределения на основе будущих сценарных температур по станциям показывают, что в межмуссонный период наибольшие температуры, наблюдающиеся только на севере вблизи Сахеля и превышающие 28°C к середине последней трети XXI века, будут отмечаться во всей Центральной Африке, а на севере вырастут до 31°C по среднему сценарию 4,5. В зимний муссон температуры выше $27^{\circ}-28^{\circ}\text{C}$ будут наблюдаться к концу столетия в западной и центральной частях, а в летний муссон — в северной половине территории за исключением горных областей. Общее увеличение температуры к концу столетия ожидается зимой в $2-3^{\circ}\text{C}$ и несколько меньше летом $1,5-2,5^{\circ}\text{C}$.

В пятой главе оценивается динамика будущих сумм осадков за каждый месяц в Центральной Африке по среднему сценарию (RCP 4,5 Вт/м²) по наиболее подходящей для данного региона физико-математической модели климата NorESM1, отобранной путем сравнения данных исторического эксперимента проектов CMIP5 и CMIP6 с наблюдениями метеостанций в регионе. Эта модель имеет среднее по территории и в среднем для всех месяцев дождливого сезона отличие от данных наблюдений в 39,7%, но из-за локальных особенностей варьирует существенно по модулю и по территории. В полученные сценарные оценки осадков внесены поправки, основанные на объединении градиентов изменения осадков как в настоящем, так в будущем.

Для влажного сезона года на примере осадков сентября и сценария RCP 4,5 получено, что по отношению к современным произойдет уменьшение осадков на северо-западе (области близкие к Сахели и Гвинейскому заливу) на 30—40%, а рост осадков на 40—50% будет наблюдаться на востоке территории. В январе, наиболее характерном для сухого сезона года площади областей с осадками от 0 до 5 мм на севере и юге будут постепенно уменьшаться и к концу XXI века практически во всех засушливых районах Центральной Африки осадки вырастут до 15 мм. Осадки сухого периода более 35 мм в экваториальной полосе также будут увеличиваться как по величине при росте территориальных максимумов с 70 мм до 90 мм, так и охватывать большие площади.

В заключении диссертационной работы представлены следующие основные результаты и выводы.

1. Сформированы уникальные региональные базы данных, включающие многолетние ряды среднемесячных температур воздуха и осадков, которые проверены на качество, однородность и приведены к многолетнему периоду с восстановлением пропусков наблюдений.

2. Изучение текущих колебаний температуры воздуха в Центральной Африке показывает, что изменения средних значений произошли во второй половине XX века, с середины 1970-х до начала 2000-х годов. Наибольшее ее повышение наблюдается в северных регионах, достигая $2,4^{\circ}\text{C}$, а наименьшее — в центральных регионах, особенно в тропических лесах, не превысив $0,6^{\circ}\text{C}$. Проведено районирование территории по виду выявленных нестационарностей.

3. Осуществлено районирование территории по типу внутригодовых распределений осадков и выделены 4 однородных района. На основе моделирования многолетних рядов получено: для месяцев сезона дождей количество осадков уменьшается, с максимумом

снижения 60–130 мм в августе в западной части территории. Однако, в основном в горных районах, они могут увеличиваться до 50–68 мм,

4. Для осадков сухого сезона года применялся другой подход, основанный на статистическом сравнении средних и дисперсий двух частей временного ряда. Получено: в сухие месяцы года (декабрь – февраль) отмечено статистически незначительное уменьшение количества осадков на большей части Центральной Африки, за исключением районов вблизи Гвинейского залива, где в январе их количества осадков увеличивается, более чем на 1,0 и даже 2,0 СКО.

5. При анализе будущего климата Центральной Африки было установлено, что модели СМIP5 и СМIP6 дают схожие результаты и поэтому для будущих оценок следует рассматривать оба проекта. На основе сценария RCP 4.5 прогнозируется, что к концу столетия в Центральной Африке произойдет повышение температуры на 2°C – 3°C.

6. В сезон дождей ожидается уменьшение количества осадков на 30–40% в северо-западном регионе, и их увеличение на 40–50% на востоке. Во время сухого сезона области с малым количеством осадков будут постепенно уменьшаться, и к концу XXI века количество осадков увеличится до 15 мм в большинстве засушливых районов Центральной Африки. Области с количеством осадков >35 мм будут увеличиваться и сами осадки сухого сезона в них вырастут до 70–90 мм.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что с привлечением достаточно большого объема информации и на основе современных статистических методов выполнена значительная исследовательская географическая работа, 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 4 пунктов, приведенных в диссертации, и состоит в следующем:

1. На основе проверенной на качество и однородность информации впервые получены количественные оценки современных климатических изменений температуры воздуха в Центральной Африке; установлены закономерности их распределения по территории и выделены однородные районы по типу изменений во времени на основе проведенного статистического моделирования среднемесячных значений температур воздуха за многолетний период.

2. Получены количественные оценки современных климатических изменений осадков влажного и сухого периодов года с использованием проверенной на качество и однородность информации и установлены закономерности этих изменений по территории Центральной Африки на основе классификации осадков по типу внутригодовых изменений и моделирования их многолетних рядов наблюдений.

3. Разработана методика оценки будущих температур воздуха и осадков на основе совместного применения результатов статистического и физико-математического моделирования, включая выбор наиболее подходящей для Центральной Африки модели климата и корректировки сценарных оценок на основе подбора скоростей изменения трендов в настоящем и будущем.

4. Впервые даны оценки будущих температур и осадков Центральной Африки за 3 периода времени до конца 21 века в пунктах наблюдений и в виде обобщений по территории на основе наиболее подходящей модели климата и откорректированных сценарных значений.

Основные практические рекомендации, вытекающие из диссертационной работы, связаны:

- с возможностью использования сформированной региональной климатической базы данных, включающей приведенные к многолетнему периоду и проверенные на однородность для проведения любых других исследований в рассматриваемом регионе;

- с получением количественных оценок изменений климатических характеристик в настоящем и будущем, которые могут быть применены при разработке программ и планов развития сельского, лесного, водного хозяйства и других отраслей экономики, региональных стратегий по борьбе с изменением климата и адаптации к ним и для охраны окружающей среды;

- с внедрением методики выбора наиболее подходящей для региона климатической модели и результатов исследования в учебный процесс РГГМУ по направлению подготовки «Прикладная гидрометеорология» для бакалавров и магистров.

4. Достоверность и надежность результатов обоснованы применением как объективных современных статистических методов и моделей, так и сопоставлением результатов, полученных на основе больших объемов информации, а также объединением результатов статистического и физико-математического моделирования динамики климата.

5. Замечания

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Во введении дана ссылка на сайт, где результаты экспериментов проектов CMIP5 и CMIP. Но эта ссылка только на сайты с архивами многолетних климатических данных.
2. п.1.2: нет ссылки на рис.1.3 с картой размещения метеостанций. Поскольку данные наблюдений рассматриваются в главе 2. этот рисунок следовало поместить туда.
3. п.1.3.1: рис. 1.5 – представленная на нем информация отражает скорость тренда в градусах С за десятилетие и за разные периоды 20 века, поэтому ссылка на него для подтверждения потепления в Африке за 21 век более чем на 2°C по сравнению с доиндустриальным уровнем, неправомерна.
4. В главе 1 много ненужной информации, касающейся общих вопросов изменения глобального климата и обуславливающих его причин, имеющих отдаленное отношение к климату Центральной Африки (пп. 1.3.2. и 1.3.3).
5. Введения к каждой главе излишни, т.к. включают в себя повторы из общего введения и 1-ой главы, как, например, во 2 и 5-ой главах.
6. На рисунках 2.1 и 3.1 – по оси X должна быть продолжительность наблюдений, а не осадки в мм.
7. стр. 31 – неоднородные экстремумы, выявленные по статистическим критериям, не всегда обусловлены погрешностями наблюдений. Для их исключения из ряда нужен более детальный анализ.
8. В п.2.3.2 нет достаточного обоснования предельному значению $\Delta=10\%$ при котором отличие нестационарной модели от стационарной уже существенно и она эффективна.
9. Глава 3, п.3.2. При исследовании температур воздуха использованы ряды наблюдений по 65 станциям на территории ЦА и 22 – на сопредельных территориях, а при исследовании осадков, имеющих большее территориальное разнообразие, используются 57 пунктов в пределах и вне ЦА? Какие это станции? Почему их меньше?
10. В табл. 3.2 представлены результаты оценки стационарности временных рядов осадков по критериям Фишера и Стьюдента за период 1950-2022 гг. в Центральной Африке, выполненной по 4 районам. По какому принципу они сформированы? Это те же районы, что и в главе 2 или по принципу, указанному на стр. 59?
11. Рис. 3.4. Нигде не указано, какие станции к какому району относятся и как они располагаются «по порядку».
12. с.64. Не совсем обосновано полученное уменьшение осадков влажного сезона практически на всей территории ЦА. Вряд ли даже по закону Клапейрона-Клаузиуса так существенно измениться точка росы, чтобы при росте испарения с океана осадки уменьшались.
13. Рис.3.7. В пояснении говорится, что уменьшение осадков августа до 0,8 СКО имеет место на западе, севере и востоке, а на рис.3.7 это только локальная область на севере.

14. При сравнении данных исторического эксперимента с наблюдениями необходимо учитывать локальные факторы и прежде всего высоту метеостанции. Отсутствием анализа и учета зависимости и температуры воздуха и осадков от высоты местности грешит вся диссертация. Систематические погрешности на рис.4.2 и 4.3 следовало бы уменьшить на градиент температуры от высоты, тогда они стали бы более объективны.
15. В п.4.3.2 о методике оценки будущих температур воздуха есть повтор при выборе совместных периодов сравнения, о чем уже сказано в п.4.2.
16. Методика оценки будущих осадков в п. 5.3 повторяет методику по температуре в главе 4. При этом, в 4ой главе в формуле дана разность между моделью и наблюдениями, а в 5ой главе (п.5.3) - наоборот между наблюдениями и моделью. Хотя в формуле (5.3) также разность между моделью и наблюдениями.
17. В табл.5.1 не приведены погрешности выбранной модели NorESM1 для осадков сухого периода года. Поэтому не понятно подходит она для их воспроизведения или нет.
18. Как соотносятся современные и будущие изменения осадков сухого сезона? В главе 3 (п.3.6) получено, что в сухой период осадки уменьшаются, а рост имеет место только вблизи залива. А в главе 5 (рис.5.3) получено, что в январе осадки должны расти и больше всего в центральной экваториальной полосе, которая будет расширяться. Из-за чего?
19. Также непонятно и для осадков влажного периода года почему они будут уменьшаться у Гвинейского залива и увеличиваться на востоке.
20. Есть замечания редакционного порядка.

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 диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации и 1 статья в издании в SCOPUS.

Также работа прошла широкую апробацию в виде докладов на семинарах, конференциях и симпозиумах различного уровня, от российских до международных, в том числе на Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки», 12 мая 2023 и он-лайн конференции с Ганой и Китаем в 2022 г., доклады и тезисы выступлений на которых опубликованы в трудах конференций, имеющих статус E-library, ВАК и Скопус.

7. Заключение

Несмотря на высказанные замечания, представленная Мами Магбини Токпа диссертационная работа по теме «Климат Центральной Африки и его изменения» является законченным исследованием высокого уровня и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присвоения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18.– Науки об атмосфере и климат

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
лаборатории гидрофизики отдела прогнозирования
гидрологических процессов и экспериментальных исследований
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Государственный гидрологический институт»

22.11.2023



Н.И. Горошкова

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