

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации М.А. Алешиной "Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата", предоставленной учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате

Предлагаемая диссертационная работа направлена на выявление современных и оценку возможных будущих изменений характеристик экстремальных осадков на территории России и уточнение факторов формирования экстремальных осадков на основе анализа эмпирических данных и данных моделей климата. Эти задачи настоящее время необычайно актуальны, в первую очередь для оценки изменений уже произошедших в стоке рек, так и ожидаемых в 21 веке. Их значимость связана с неоднородным изменением режима осадков и температур в области умеренных широт Евразии. Причем наблюдаемые изменения беспрецедентны и оценки будущих изменений свидетельствуют, что режим увлажнения в 21 веке может существенно отличаться от наблюдаемого в 20-ом веке.

Следует отметить, что автор выполнил большой объем работы, связанный со статистической обработкой данных, выполнением их пространственно-временного анализа, а также других рутинных процедур связанных с анализом большого количества данных, в том числе климатических моделей СМIP6, что позволило добиться столь высокой точности полученных результатов. Автор принимал участие в большинстве этапов анализа.

К работе имеется несколько замечаний:

- Описанные в тексте географические районы не совпадают с приведенными на рисунках, в частности речь идет о рис. 3.
- автору следовало бы объяснить, почему при наблюдаемой тенденции уменьшения количества летних осадков на юге Восточной Сибири, согласно Моделей климата проекта СМIP6 в среднем для модельного ансамбля в XX и XXI столетиях показывают, что летом в Восточной Сибири отмечается значительное увеличение, как сезонных сумм осадков, так и вклада экстремальных осадков в общее количество.

В целом указанные недочёты не снижают общего положительного впечатления о представленной диссертации. Работа выполнена на хорошем уровне. Работа удовлетворяет пункту 9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" (Постановление правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы – М.А. Алешина заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате.

Ольга Юрьевна Антохина
кандидат географических наук
старший научный сотрудник Лаборатории мониторинга парниковых газов ФГБУН
Института оптики атмосферы и океана им. В.Е. Зуева СО РАН
634055, Россия, г. Томск, площадь Академика Зуева, 1.
Тел: (3822) 492738, Antokhina@iao.ru

Я, Антохина Ольга Юрьевна автор отзыва, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

7.11.2023

"Подпись руки О.Ю. Антохиной заверяю"
Учёный секретарь ФГБУН
Института оптики атмосферы и океана им. В.Е. Зуева СО РАН
к.ф.-м.н.



Тихомирова О.В.

ОТЗЫВ

Волковой Елены Викторовны

на диссертационную работу Алешиной Марии Александровны

«ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ В РЕГИОНАХ
РОССИИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА», представленной на соискание
ученой степени кандидата географических наук
по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Алешиной М. А. посвящена, главным образом, проблеме исследования изменений характеристик экстремальных осадков и факторов, влияющих на их изменчивость, в пределах территории Российской Федерации и отдельно для Черноморского побережья России. Следует отметить, что сведения об экстремальных осадках крайне необходимы для их краткосрочного и долгосрочного прогнозирования, а также предварительных оценок экономического и экологического связанного с ними ущерба. Тем более что в последние годы из-за изменений климата в отдельных регионах заметно увеличились как частота, так и интенсивность экстремальных осадков. В процессе исследований Алешиной М. А. были выявлены районы как положительных, так и отрицательных трендов изменения характеристик экстремальных осадков в пределах территории Российской Федерации, проанализированы сезонные закономерности их изменчивости, определены факторы, вносящие основной вклад в эту изменчивость, и определена степень влияния этих факторов на режим увлажнения исследуемой территории отдельно как конвективными, так и обложными осадками. В процессе работы Алешина М. А., проанализировав большое количество специализированной литературы по теме диссертационной работы, выбрала наилучшие статистические алгоритмы и архивы данных модельных расчетов и реанализов, позволившие ей совместно с данными наземных наблюдений на метеостанциях оценить масштаб проблемы, связанной с экстремальными осадками, и рассчитать в нескольких вариантах прогноз ее развития как для всей территории России, так и более подробно отдельно для Черноморского региона. В последние годы этот регион приобрел важное значение из-за широкого развития здесь курортной и сельскохозяйственной деятельности, портовой инфраструктуры и др. Поэтому сведения о возможных стихийных бедствиях, связанных с экстремальными осадками (преимущественно наводнения, но также выпадение града, смерчи и др.), имеет важное значение для их функционирования.

Научная новизна и практическая значимость работы Алешиной М. А. несомненна. Подробно проанализировав большое количество весьма длинных (протяженностью по

несколько десятилетий) климатических рядов результатов измерений сумм осадков и наблюдений за их типом на метеостанциях, а также несколько десятков вариантов расчета количества осадков с использованием различных климатических моделей и реанализа, в качестве основных факторов, влияющих на изменчивость характеристик экстремальных осадков, Алешина М. А. определила температуру приземного воздуха, в т.ч. косвенно влияющую на его влагосодержание, а также динамический перенос влаги с соседних территорий. В отличие от тропических и некоторых других регионов, для которых существует прямая зависимость опасности (частота, интенсивность выпадения, количество) сильных осадков от температуры воздуха (часто достаточно хорошо описываемая уравнением Клаузиуса-Клапейрона), для многих районов Российской Федерации такая зависимость прослеживается лишь для относительно невысоких температур воздуха (не более +15-20°C), а при более высоких температурах в целом ряде регионов характеристики осадков не только не усиливаются, но и даже ослабляются. Для объяснения такого явления Алешиной М. А. предложено описание механизма образования экстремальных осадков в отдельных регионах, в т.ч. и для Черноморского побережья России, с учетом глобальных и региональных факторов, определяющих климатические изменения.

Таким образом, помимо уточнения уже имеющихся сведений об экстремальных осадках, полученных целым рядом разных, как российских, так и зарубежных исследователей, Алешина М. А. предложила свой подход к методике прогнозирования осадков, в т.ч. и в долгосрочной перспективе. Хочется надеяться, что более глубокое понимание механизмов образования экстремальных осадков как в региональном, так и глобальном масштабе позволит составлять более точные их краткосрочные и долгосрочные прогнозы и таким образом поможет уменьшить риски и глубину последствий их выпадения за счет заблаговременного их предупреждения.

Особенно хочется отметить невероятное трудолюбие Алешиной М. А., которая в процессе работы внимательно проанализировала огромное количество тематической специализированной литературы (в списке более 200 работ как российских, так и зарубежных авторов) и обработала (провела расчеты и проанализировала полученные результаты) просто гигантский объем архивного статистического материала (это особенно заметно при прочтении самой работы, а не только автореферата).

К небольшим замечаниям, тем не менее не принижающих актуальность и значимость диссертационной работы Алешиной М. А., следует отнести следующие.

1) В главе 2.3. на странице 57 (первый абзац) автором высказана мысль, что «уменьшение интенсивности экстремальных осадков при высоких температурах

сопровождается снижением относительной влажности». Не совсем удачно построена фраза, т.к. получается, что попутаны причинно-следственные связи, т.е. выпадение сильных осадков приводит к уменьшению влажности воздуха, хотя в момент выпадения осадков она всегда близка к 100 %. Видимо, автор имел в виду, что при высоких температурах воздуха и «сухом» воздухе (малое его влагосодержание) интенсивность конвективных осадков ниже, чем при более влажном воздухе;

2) На протяжении всей работы и особенно это заметно в главе 2 часто повторяются одни и те же высказывания-выводы. Возможно, в пределах каждого параграфа главы стоило бы получше сгруппировать анализ материала, чтобы, например, описать несколько ситуаций и один раз сделать по ним общий вывод, а не разбивать похожие случаи с одинаковым выводом описанием других ситуаций.

В качестве пожелания для дальнейших работ Алешиной М.А. в этом направлении хочется обратить внимание автора на исследование влияния региональных крупномасштабных изменений в растительном покрове (из-за изменений климата и человеческой деятельности) на характеристики экстремальных осадков (в качестве еще одного фактора, влияющего на проблему осадкообразования). Так, опустынивание земель на юго-востоке Европейской территории России (ЕТР) из-за неправильного использования земель в процессе сельскохозяйственных работ (выпас скота, неправильная распашка, вырубка ветрозащитных лесополос и др.) влияют на влажность нижних слоев атмосферы – через температуру воздуха (температура голой почвы существенно больше температуры верхней границы растительного покрова), испарение (с голой поверхности всё сразу стекает после дождя или испаряется, а с покрытой растительностью испарение более равномерное и долговременное) и т.п. В Западной и Восточной Сибири в последние годы участились случаи и размеры крупномасштабных лесных и степных пожаров, которые помимо изменения типа растительного покрова выбрасывают в атмосферу огромное количество дополнительных ядер конденсации, а на севере Сибири происходит оттаивание вечной мерзлоты и заболачивание местности, что тоже влияет на влагосодержание тропосферы. И все это происходит в достаточно больших масштабах, т.е. несомненно следует учитывать в климатических моделях и прогнозировании экстремальных осадков. И если крупномасштабные изменения растительного покрова, вызванные изменениями климата, возможно учитывать в климатических моделях, то изменения, связанные с человеческой деятельностью (антропогенные пожары, рубка лесов и др.), видимо, следует учитывать как дополнительный фактор на разных этапах работы модели. Возможно, именно этими проблемами могут объясняться некоторое нарушение классических связей и возникновение больших расхождений разных

прогностических моделей, проанализированные автором, например, для юга ЕТР и некоторых регионов Сибири.

В целом, высказанные замечания не принижают актуальность и значимость диссертационной работы. Научная новизна и практическая ценность данной работы не вызывают сомнения. Таким образом, можно сделать заключение о том, что обширная работа, проделанная автором, вполне может претендовать на законченное научное исследование, проведённое на высоком современном и научном уровне. Результаты работы изложены последовательно и достаточно подробно, понятным языком, выводы чётки, логичны и обоснованы. Работа вполне соответствует уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Автореферат диссертации составлен с соблюдением всех установленных требований и даёт чёткое представление о проделанной работе.

На основании автореферата можно сделать заключение о том, что представленная диссертация отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата географических наук, а её автор Алешина М. А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – «науки об атмосфере и климате».

Кандидат географических наук,

по специальности 11.00.09 – метеорология, климатология, агрометеорология

старший научный сотрудник ФГБУ «НИЦ «Планета» Волкова Елена Викторовна

3 ноября 2023 г.

ФГБУ «НИЦ «Планета»

123242, Москва, Большой Предтеченский пер., д.7.

<http://planet.iitp.ru>

E-mail: quantocosa@bk.ru

Тел.: (499) 255-69-89

Подпись Волковой Е.В. заверяю.

Заведующий отделом кадров ФГБУ «НИЦ «Планета» Е.В. Кошкина
03.11.2023 г.



Я, Волкова Елена Викторовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 (Волкова Е.В.) 3 ноября 2023 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алешиной Марии Александровны
«Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в
условиях меняющегося климата»

на соискание учёной степени кандидата географических наук по
специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Изменение климата, обусловленное повышением температуры воздуха за последние 100 лет, привело к повышению частоты возникновения экстремальных осадков и стало причиной стихийных бедствий, в том числе и на территории Российской Федерации. Так, например, в 2012 году в Крымске, в 2014 году в Амурской области, в 2023 году на Черноморском побережье Кавказа наблюдались стихийные гидрометеорологические явления, вызванные экстремальными осадками, нанесшими существенный ущерб инфраструктуре населенных пунктов и повлекшим человеческие жертвы. Поэтому актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений: анализ региональной динамики климата позволит выявлять тенденции экстремальных характеристик осадков на территории Российской Федерации, позволит разрабатывать меры по снижению ущерба от стихийных гидрометеорологических явлений при планировании устойчивого развития регионов Российской Федерации.

Целью работы является выявление современных и оценка возможных будущих изменений характеристик экстремальных осадков на территории России и уточнение факторов их обуславливающих на основе анализа эмпирических данных и моделей климата.

Как следует из автореферата, автору удалось выявить зависимости интенсивности экстремальных осадков от температуры в различных регионах территории Российской Федерации по данным метеорологических станций и реанализа. Это позволило получить количественные оценки изменения характеристик экстремальных осадков на Черноморском побережье России за последнее десятилетие и выявить роль глобальных и региональных факторов изменения экстремальности летних осадков.

Научной новизной работы, в отличие от работ других авторов, является анализ зависимости интенсивности экстремальных осадков от приземной температуры воздуха на территории России по данным метеорологических станций и реанализа для разных типов осадков, что позволило выявить механизмы, ответственные за режим осадков летом на Черноморском побережье Кавказа и получить новые знания об особенностях характеристик экстремальных осадков на территории России, которые могут быть использованы для совершенствования долгосрочных климатических прогнозов. Достоверность результатов исследования подтверждается инструментальными наблюдениями на метеостанциях с применением обоснованных статистических методов и оценками их точности. Результаты работы согласуются с современными представлениями о причинах и последствиях изменения климата.

Полученные результаты обладают новизной, вызывают научный интерес. Теоретическая и практическая значимость не вызывают сомнений.

Вместе с тем вероятнее из-за ограниченности допустимого объема автореферата, остаются неясными некоторые вопросы, а именно:

- 1) можно ли использовать полученные результаты для построения модели оценки интенсивности экстремальных осадков;
- 2) из автореферата не понятно, каким образом можно использовать полученные результаты для совершенствования климатических прогнозов погоды;
- 3) в автореферате не указана роль воздушных масс в формировании экстремальных осадков.

Указанные выше замечания по работе не являются принципиальными и не снижают

научной ценности защищаемых результатов диссертационного исследования.

Работа прошла достаточную апробацию, основные защищаемые положения отражены в публикациях в научных изданиях рекомендованных ВАК РФ.

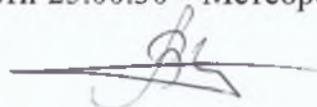
Диссертация Алешиной М.А. на тему: «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ, а её автор, Алешина Мария Александровна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Автореферат рассмотрен на заседании кафедры гидрометеорологического обеспечения Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

Протокол № 17 от 31.10.2023 года

Профессор кафедры гидрометеорологического обеспечения
ВУНЦ ВВС («ВВА»)

доктор географических наук (по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология), профессор

 Дорوفеев В.В.

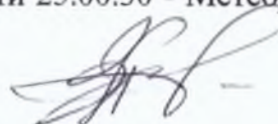
31.10.2023 г.

Телефон: 8-952- 951-07-56. E-mail: vaiumet@mail.ru

Я, Дорифеев Виктор Васильевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения
ВУНЦ ВВС («ВВА»)

кандидат географических наук (по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология), доцент

 Закусиллов В.П.

31.10.2023 г.

Телефон: 8-906-680-77-35 E-mail: zakusilov04@yandex.ru

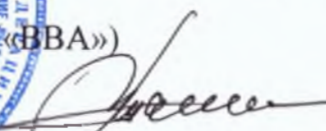
Я, Закусиллов Вадим Павлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации. Адрес: 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а. E-mail: vaiu@mil.ru

Подписи профессора кафедры гидрометеорологического обеспечения) доктора географических наук, профессора Дорифеева Виктора Васильевича и доцента кафедры (гидрометеорологического обеспечения) кандидата географических наук, доцента Закусиллова Вадима Павловича заверено.

Учёный секретарь учёного совета ВУНЦ ВВС («ВВА»)
кандидат военных наук, профессор



 Томилов А.А.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации АЛЕШИНОЙ Марии Александровны, представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате

Работа М.А. Алешиной посвящена анализу экстремальных осадков на территории России. Учитывая с одной стороны важность самого феномена экстремальных осадков для оценки континентального гидрологического цикла, а с другой – существенное влияние экстремальных осадков на экономику и качество жизни, актуальность работы не вызывает сомнения.

В работе выполнен анализ зависимости интенсивности экстремальных осадков от приземной температуры для территории России по данным метеорологических станций и реанализа для разных типов осадков, получены прогностические оценки осадков по данным глобальных моделей климата CMIP6 для 21-го столетия, проанализированы механизмы формирования атмосферного гидрологического цикла на Черноморском побережье Кавказа и выявлена роль температуры Черного моря в формировании осадков различной интенсивности в Черноморском регионе.

Наиболее интересным результатом является детальный анализ зависимости осадков различной интенсивности от температуры и выполнимости соотношения, следующего из уравнения Клапейрона-Клаузиуса. В дальнейшем эти результаты могут быть дополнены расчетами роли переносов влаги в различных слоях и роли адвекции в формировании тех или иных отклонений от ожидаемой (из уравнения Клапейрона-Клаузиуса) связи. Весьма интересны также оценки поведения экстремальных осадков при различных сценариях климатических изменений.

Следует отметить, что использование 95%-ного персентилля, как метрики экстремальных осадков, скорее соответствует сильным осадкам (heavy precipitation), а для экстремальных стоило бы брать 99-процентный персентиль. Это мелкое замечание никак не снижает ценности работы.

Автореферат написан ясно и четко, у автора есть хорошие публикации и доклады на конференциях. Считаю, что работа М.А. Алешиной полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Алешина Мария Александровна, заслуживает присуждения ей степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П.Ширшова Российской академии наук (ИО РАН), доктор физико-математических наук

Золина Ольга Геннадиевна

21.11.2023

Верно:

Зав. канцелярией ИО РАН



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алешиной Марии Александровны «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате»

Диссертационная работа Алешиной Марии Александровны посвящена исследованию характеристик экстремальных осадков на территории России и факторов, влияющих на их изменения. В условиях современных климатических изменений в теплый период года наблюдается тенденция к увеличению осадков в северных регионах РФ и к уменьшению – в южных. При увеличении влагоемкости атмосферы может наблюдаться рост интенсивности осадков, а при значительном повышении приземной температуры – уменьшение осадков. В некоторых регионах даже в условиях роста общего количества осадков могут наблюдаться удлиняющиеся периоды засухи, сменяющиеся экстремальными осадками. Изучение изменения частоты и интенсивности экстремальных осадков, как одной из причин серьезных природных бедствий, в условиях изменений климата является одной из наиболее актуальных проблем.

В диссертации М.А. Алешиной исследовано влияние температуры на интенсивность экстремальных осадков на территории России в зависимости от сезона года. Получены количественные оценки изменений характеристик экстремальных осадков на территории России в XXI веке. Оценены изменения характеристик экстремальных осадков на Черноморском побережье России за последние десятилетия. Исследована роль глобальных и региональных факторов в изменении экстремальности летних осадков на черноморском побережье Кавказа в последние десятилетия. Предложен новый механизм, объясняющий тенденции изменения экстремальных осадков на Черноморском побережье Кавказа с учетом глобальных и региональных факторов климатических изменений.

М.А. Алешиной впервые проанализирована зависимость между интенсивностью экстремальных осадков и приземной температурой воздуха для территории России по данным метеорологических станций и реанализа для разных типов осадков. Оценены ожидаемые изменения характеристик приземной температуры воздуха и осадков по данным наблюдений и ансамблю современных глобальных моделей климата CMIP6 для XX–XXI вв. Впервые предложены механизмы, ответственные за стабилизацию режима осадков летом на Черноморском побережье Кавказа. Впервые с помощью численных экспериментов с моделью общей циркуляции атмосферы исследована роль региональных изменений температуры поверхности Черного моря и глобальных изменений температуры поверхности океана в изменениях характеристик осадков в черноморском регионе.

Полученные в диссертации М.А. Алешиной результаты крайне интересны и важны как с фундаментальной, так и с практической точки зрения. Они могут быть использованы в выработке эффективных мер по уменьшению риска негативных последствий опасных погодно-климатических явлений на территории России. Работа хорошо структурирована и представляет собой завершённое исследование. Автореферат достаточно полно раскрывает содержание диссертации, написан хорошим научным языком. Основные результаты диссертационной работы М.А. Алешиной прошли апробацию в 9 статьях, из которых 6 в журналах из перечня ВАК, и в докладах на 13 отечественных и зарубежных научных конференциях и симпозиумах.

Считаю, что диссертационная работа М.А. Алешиной «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата», представленная на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате, полностью соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мария Александровна Алешина, несомненно, заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

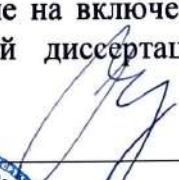
Зуев Владимир Владимирович

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук по специальностям 01.04.21 «Лазерная физика» и 01.04.05 «Оптика», профессор, заведующий лабораторией физики средней атмосферы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН)
Почтовый адрес: 634055, Россия, г. Томск,
пр. Академический, 10/3, ИМКЭС СО РАН
E-mail: vzuev@list.ru
Телефон: +7 (3822) 492-232

3 ноября 2023 г.


_____ В.В. Зуев

Я, Зуев Владимир Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.


_____ В.В. Зуев

Подпись Зуева Владимира Владимировича заверяю
Ученый секретарь ИМКЭС СО РАН
кандидат технических наук




_____ О.В. Яблокова

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алешиной Марии Александровны «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата» представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 — «Науки об атмосфере и климате»

Диссертационная работа Алешиной М.А. посвящена важным проблемам климатологии. Целью работы является выявление тенденций изменений характеристик экстремальных осадков в условиях меняющегося климата и уточнение факторов их формирования. Актуальность работы несомненна.

Научная новизна и практическая значимость работы заключается в том, что автор выявил ряд механизмов, объясняющих современные тенденции изменений увлажнения на территории России.

Основные результаты диссертационной работы Алешиной М.А. отражены в 9 рецензируемых публикациях, среди которых 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК и входящих в базы данных SCOPUS, Web of Science, Russian Science Citation Index (RSCI).

К автореферату имеются два замечания, причем оба относятся к результатам Гл.2.

Первое касается того, что автор называет «соотношением Клаузиуса – Клапейрона» (СК-К). Традиционно данное соотношение (термодинамический закон) используется для того, чтобы попытаться увязать аномалии влажности воздуха с аномалиями температуры. Проверка по данным архивов данных и по результатам моделирования показала, что СК-К выполняется даже количественно, причем как для теплых, так и для холодных фоновых условий. Например, современное глобальное увеличение содержания водяного пара связано с планетарным потеплением. Для осадков связь такого рода имеет нестрогий, эмпирический характер, поэтому использование термина СК-К не совсем корректно (хотя так делают).

Второе замечание мне представляется более серьезным. Речь идет о использовании в качестве показателя экстремальности осадков 95%-го перцентиля эмпирической функции распределения вероятностей (ФРВ) осадков. С одной стороны, это – традиционный прием. С другой стороны, автор диссертации согласился, что подобный подход правомочен в том случае, когда все члены выборки описываются единой (базовой) ФРВ. А это во многих случаях не так: хвост, «кончик» распределения зачастую резко не соответствует базовому распределению, причем речь идет всего о нескольких элементах выборки (однако наиболее экстремальных), добавление или исключение которых из выборки практически мало сказывается на ФРВ. Это обстоятельство нашло отражение в

специфической терминологии: самых мощных представителей базовой ФРВ называют «Черными лебедями» (Н.Талеб), а членов выборки, нарушающих базовое распределение, «Драконами» или «Королями» (Д.Сорне). Поэтому величины, превышающие 95% вероятности, характеризуют экстремумы базовой ФРВ, но никак не относятся к «драконам», которые распределены по другому закону (часто их так мало, что установить закон невозможно). В связи с изложенным, второе защищаемое положение, в формулировке которого используются 95% экстремумы, представляется не совсем убедительным.

Работа в целом представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне. На основании автореферата можно сделать заключение о том, что представленная диссертация «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата» отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата географических наук, а её автор Алешина М.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате».

Я, Кислов Александр Викторович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой метеорологии и климатологии
географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
(специальность 25.00.30 — «Метеорология, климатология,
агрометеорология»)

Кислов А.В.

« 13 » ноября 2023 года

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Адрес: 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Интернет-сайт: www.msu.ru

e-mail: info@rector.msu.ru

Тел.: 8(495)939-10-00

Подпись Кислова А.В. заверяю

и.о. зав. канцелярией географического факультета МГУ
Лосева (Сед. Немикина)



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алешиной Марии Александровны «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата» представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 — «Науки об атмосфере и климате»

Одной из важных задач современных исследований климата является изучение региональных особенностей динамики климата и их роли в изменчивости показателей экстремальных явлений. Выявление значимых тенденций характеристик осадков, в том числе экстремальных, на территории РФ в последние десятилетия и оценка возможных будущих изменений в XXI веке является актуальной задачей, важной для учета изменений климата при разработке планов устойчивого развития регионов РФ.

Диссертационная работа посвящена получению и анализу оценок изменчивости характеристик экстремальных осадков на территории России, а также, оцениванию факторов, способствующих формированию экстремальных осадков.

Целью работы является выявление современных и оценивание возможных будущих изменений характеристик экстремальных осадков на территории России и уточнение факторов формирования экстремальных осадков на основе анализа эмпирических данных и данных моделей климата.

В диссертационной работе Алешиной М.А. проведен анализ зависимостей интенсивности экстремальных осадков от приземной температуры воздуха для территории России по данным метеорологических станций и реанализа для разных типов осадков, а также получены оценки ожидаемых изменений характеристик приземной температуры воздуха и осадков по данным наблюдений и ансамблю современных глобальных моделей климата CMIP6 для XX-XXI вв. Впервые предложены механизмы, ответственные за стабилизацию режима осадков летом на Черноморском побережье Кавказа, а также с помощью численных экспериментов с моделью общей циркуляции атмосферы исследована роль региональных изменений температуры поверхности Черного моря и глобальных изменений температуры поверхности океана в изменениях характеристик осадков в черноморском регионе.

Автором проделана большая по объему работа, в ходе выполнения которой проводилось исследование особенности зависимости интенсивности экстремальных осадков от температуры в различные сезоны на территории России в последние десятилетия

с использованием данных метеорологических станций и реанализа ERA 5. По данным сценарных прогнозов ансамблей климатических моделей проекта CMIP6 получены количественные оценки изменений характеристик суточных осадков, в т.ч. экстремальных, на территории России в XXI веке.

Важную часть работы составляет исследование оценок изменений характеристик экстремальных осадков на Черноморском побережье России за последние десятилетия по данным метеорологических станций, реанализа ERA-Interim и результатам численных экспериментов с моделью общей циркуляции атмосферы ECHAM5. Проведенное исследование позволило оценить роль глобальных и региональных факторов в изменении экстремальности летних осадков на черноморском побережье Кавказа в последние десятилетия.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы для совершенствования долгосрочных климатических прогнозов, а также в выработке эффективных мер по уменьшению риска негативных последствий опасных погодно-климатических явлений на территории России.

Основные результаты диссертационной работы Алешиной М.А. отражены в 9 рецензируемых публикациях, среди которых 6 статей – в журналах рекомендованных ВАК и входящих в базы данных SCOPUS, Web of Science, Russian Science Citation Index (RSCI).

Тем не менее, к тексту автореферата можно высказать следующие замечания:

- во втором пункте «Научная новизна» - «Оценены ожидаемые изменения характеристик приземной температуры воздуха и осадков по данным наблюдений и ансамблю современных глобальных моделей климата CMIP6 для XX-XXI вв.» Необходимо уточнение, поясняющее, чем отличаются полученные результаты от прогноза в 3м оценочном докладе об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации (см. рис.1.10 и 1.12).

Указанные недостатки ни в коей мере не снижают значимости и общего положительного впечатления о представленной диссертации. Работа представляет собой законченное научное исследование, актуальна и выполнена на высоком научном уровне.

На основании рассмотренного автореферата можно сделать вывод, что диссертационная работа удовлетворяет критериям ВАК, которые предъявляются к кандидатским диссертациям согласно п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям и утверждённому

постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013. Автор диссертации М.А. Алешина заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 — «Науки об атмосфере и климате».

Логинов Сергей Владимирович,
кандидат физико-математических наук
по специальности 1.6.18 — «Науки об атмосфере и климате»,
ведущий научный сотрудник ЛФКС ИМКЭС СО РАН.
Почтовый адрес: 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический 10/3.
E-mail: logsv13@gmail.com

 Логинов С.В.

«8...» ...ноября....2023 г.

Я, Логинов Сергей Владимирович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись С.В. Логинова заверяю.
Ученый секретарь ИМКЭС СО РАН
Кандидат технических наук



 Яблокова О.В.

«8...» ..11..... 2023 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы
Алешиной Марии Александровны на тему «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Алешиной М.А. посвящена изучению современных и будущих изменений характеристик осадков в регионах России в зависимости от приземной температуры воздуха. Такая тематика отвечает задачам современных международных климатических исследований и соответствует запросам общества.

Из многочисленных публикаций и результатов, приведенных в отчетах IPCC, известно, что в связи с повышением глобальной температуры воздуха ожидается рост частоты и интенсивности экстремальных осадков. Для территории России отмечен положительный тренд среднего количества осадков, однако региональные тенденции характеристик осадков могут быть разнонаправленными, особенно в теплый период года. Темпы этого роста могут ускоряться в связи с увеличением влагоёмкости атмосферы и интенсификацией конвективных процессов. В связи с этим важной задачей является уточнение факторов, оказывающих влияние на формирование экстремальных осадков в разных регионах России. Это подробно рассмотрено соискательницей в своей работе.

Работа Алешиной М.А. представляет собой целостное научное исследование. Выполнен анализ зависимостей суточной интенсивности экстремальных осадков от приземной температуры воздуха по данным метеостанций и реанализа ERA5. Выявлены разные типы зависимостей для зимы и лета. Проанализированы региональные особенности линейных тенденций сезонных сумм осадков и повторяемости дней с экстремальными осадками за последние десятилетия. Оценены ожидаемые изменения осадков и температуры в 21 веке по ансамблю моделей CMIP6 по сценариям умеренного (SSP2-4.5) и максимального (SSP5-8.5) количества выбросов. С помощью численных экспериментов в модели общей циркуляции атмосферы ECHAM5 проанализированы факторы, сдерживающие увеличение осадков на побережье Черного моря, в условиях глобального и регионального повышения температуры поверхности моря, среди которых отмечена важная роль изменения динамики атмосферы и направления потоков влаги.

Достоверность полученных выводов подтверждается использованием данных инструментальных наблюдений на метеостанциях, данных реанализов и климатических моделей, обработку и анализ которых соискательница проводила самостоятельно с использованием статистических методов. Результаты отличаются физической непротиворечивостью и согласуются с

современными представлениями о причинах и последствиях наблюдаемых изменений климата.

Из публикаций Алешиной М.А. теме диссертации соответствуют шесть научных работ, входящих в наукометрические базы *Scopus* и *Web of Science*, что подтверждает достаточно высокий уровень проведенного исследования. Оценивая по автореферату диссертационную работу Алешиной М.А., можно заключить, что она является законченной научно-квалификационной работой, в которой решается проблема наблюдаемых и ожидаемых изменений осадков в регионах России, обусловленных ростом температуры воздуха, с характеристикой региональных особенностей вклада разных факторов, а ее автор, Алешина Мария Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Судя по автореферату, диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.


Я, Маслова Вероника Николаевна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

кандидат географических наук,
и.о. директора Федерального
государственного бюджетного
научного учреждения «Институт
природно-технических систем»
(ИПТС)



Маслова Вероника Николаевна

Подпись Масловой В.Н. заверяю:
Начальник Отдела кадров ИПТС

 Сердюков Э.Н.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природно-технических систем», 299011, Российская Федерация, Севастополь, ул. Ленина, 28, тел: +7 8692 54 44 10; эл. почта: ipts-sevastopol@mail.ru.

«20» ноября 2023 г.

ОТЗЫВ

Сурковой Галины Вячеславовны
на автореферат диссертационной работы

Алешиной Марии Александровны

**«Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России
в условиях меняющегося климата»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата географических
наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате»

В работе обсуждается одна из важных проблем современной науки – тенденции интенсивности и повторяемости экстремальных осадков на территории России в условиях современного климата и их возможные изменения для климата конца XXI века. Выводы, полученные в работе, полезны не только как фундаментальные результаты, но имеют также практическую значимость для определения стратегии развития инфраструктуры, экономики, других отраслей хозяйства, что для России очень важно, и это определяет актуальность работы. Достоинством исследования является грамотный анализ большого объема данных, что позволяет делать выводы о климатических масштабах процессов.

Принципиальных замечаний к работе и ее результатам не имеется. Хотя из автореферата остается неясным следующее. Если за основу берется 95 перцентиль, то это еще не говорит об экстремальных осадках – ведь возможны случаи, когда интенсивность невелика, и даже значения в правой части распределения, которые выше 95 перцентилля, могут быть невелики. Также из пожеланий можно высказать то, что отсутствует информация о генезисе осадков – внутримассовом или фронтальном, хотя это тоже важно и полезно для понимания механизмов формирования условий экстремальных осадков.

В целом диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием, которое вносит вклад в развитие научных направлений,

определяемых специализацией защиты и соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Результаты работы опубликованы в достаточном количестве в статьях в научных рецензируемых журналах из списка ВАК и других изданиях.

Диссертация работа Алешиной Марии Александровны «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2013 года №842, а ее автор, **Алешина Мария Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате».**

Я, Суркова Галина Вячеславовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор географических наук, профессор,
кафедра метеорологии и климатологии
географического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова
(специальность 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология)

Г.В.Суркова

07.11.2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, 1
Интернет-сайт www.msu.ru
e-mail: info@rector.msu.ru
тел.: (495) 939-10-00

Подпись Г.В.Сурковой заверяю

*Декан географического
факультета МГУ
С.А. Добролюбов*



ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Алешиной Марии Александровны «Изменения характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Диссертационная работа Марии Александровны Алешиной посвящена исследованию характеристик атмосферных осадков, в том числе экстремальных, на территории России. Для исследования изменения климата были выделены регионы РФ: Дальний Восток, Западная и Восточная Сибирь, юг европейской территории России, а также акватория Черного моря и его северо-западного побережья. Выявление значимых тенденций характеристик осадков, в том числе экстремальных, на территории РФ в последние десятилетия является весьма **актуальной** задачей для обеспечения устойчивого развития регионов РФ.

В работе поставлены и успешно решены задачи выявления различных типов зависимости интенсивности экстремальных осадков от приземной температуры в зимний и летний периоды по данным инструментальных измерений; по данным климатических моделей СМР6 при разных степенях антропогенного вклада выявлены тенденции изменений характеристик экстремальных осадков зимой и летом во второй половине XXI века: выявлена роль усиления дивергенции влаги в формировании режима осадков за последние десятилетия на Черноморском побережье Кавказа; с помощью численных экспериментов с моделью общей циркуляции атмосферы исследована роль поверхностной температуры Черного моря и поверхности океана в изменениях осадков в черноморском регионе.

Диссертационная работа с результатами, объясняющими тенденции изменения осадков на Черноморском побережье с использованием новых механизмов их формирования, а также оценки ожидаемых изменений экстремальных осадков в различных регионах России с использованием моделей климата СМР6 при разных сценариях антропогенного воздействия, выполнена на высоком научном уровне, обладает **новизной** и высокой **теоретической и практической** значимостью.

В качестве небольшого замечания хочется заметить, что в автореферате не было отражено влияние крупномасштабных мод циркуляции атмосферы,

например, САК, на формирование режима осадков в регионах или в одном из них. Замечание не умаляет достоинств проделанной работы, достаточно насыщенной по своим задачам и завершенной по результатам.

Текст автореферата написан грамотным, понятным языком, что дает полное представление о целях, задачах и результатах исследований соискателя.

По результатам диссертационной работы опубликовано 9 работ, в том числе 6 в журналах из перечня ВАК РФ и входящих в БД Scopus, Web of Science или RSCI. Результаты работы также прошли апробацию на отечественных и зарубежных научных конференциях, и семинарах.

Автореферат позволяет составить мнение о диссертационной работе как о целостном научном труде, имеющем научную и практическую ценность. Работа удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Мария Александровна Алешина заслуживает присуждения искомой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Ведущий научный сотрудник отдела физики облаков
Федерального государственного бюджетного
учреждения «Высокогорный геофизический институт»
(ФГБУ «ВГИ»),

доктор физ.-мат. наук, доцент

Ташилова Алла Амарбиевна

27.10.2023г.

Адрес: 360030, Нальчик, пр. Ленина, 2

Тел. 8 928 692 46 29

e-mail: tashilovaa@mail.ru

Подпись Ташиловой Аллы Амарбиевны заверяю

Ученый секретарь ФГБУ «ВГИ»

к.ф.-м.н.



М.В. Баркова

Отзыв на автореферат диссертации АЛЕШИНОЙ Марии Александровны «Изменение характеристик экстремальных осадков в регионах России в условиях меняющегося климата», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Представленная работа посвящена чрезвычайно актуальной теме, связанной с механизмами изменения пространственно-временной структуры осадков в условиях меняющегося климата. Значимость темы определяется тем, что осадки, являясь важнейшим климатическим показателем, до сих пор воспроизводятся атмосферными моделями не вполне удовлетворительно, а плотность наблюдательской сети ВМО до сих пор остается достаточно низкой. Вместе с тем, запросы государственных структур, крупных компаний, и населения зачастую требуют достаточно четкого представления о том, что будет происходить с режимом увлажнения, в частности на территории России, до конца XXI века. Для того, чтобы сколько-нибудь четко интерпретировать результаты климатических прогнозов ИРСС, необходимо понимание физических механизмов формирования аномалий увлажнения на территориях разного масштаба. Собственно, этой задаче и посвящена представленная работа.

Автореферат диссертации очень информативен, написан хорошим и доступным языком. Впечатляет качество оформления и иллюстрации, а также объем обработанных архивов информации: по сути, соискатель собрал всю имеющуюся на данный момент информацию по осадкам на территории России: как станционную, так и сеточную. Одно из основных достоинств работы, и связанных с нею публикаций – *обобщение огромного материала по статистически обоснованным трендам различных характеристик осадков, что крайне важно*. Также впечатляют статистически и физически обоснованные результаты, полученные по Черноморско-кавказскому региону, которые получились весьма интересными. Важно отметить достаточно сильные публикации с участием соискателя (в том числе и в качестве первого автора), *среди которых имеется статья в журнале первого квартала*.

Несмотря на общее положительное впечатление от представленной работы, имеется ряд замечаний, которые можно разделить на смысловые и редакционные.

Смысловые замечания.

1. В автореферате не хватает хотя бы одного абзаца или таблицы, посвященным *оценке точности используемых архивов, а также различий в пространственных характеристиках поля осадков по различным источникам* (например, пространственной корреляционной функции). Эта информация необходима для дополнительной оценки определенности полученных трендов и статистических характеристик.
2. Соотношение Клаузиуса-Клапейрона выражает строгую физическую зависимость между давлением насыщения и температурой воздуха. Это фактически означает, что в результате роста теплосодержания атмосферы, будет увеличиваться и ее влагосодержание. *Однако достаточное влагосодержание – это лишь одно необходимое условие формирования осадков. Второй, ничуть не менее важный фактор – динамика атмосферы*. То есть для того, чтобы выявлять механизмы изменения влагосодержания атмосферы в общем виде, необходимо соотношение Клаузиуса-Клапейрона рассматривать в совокупности с трендами крупномасштабной вертикальной скорости.
3. Странной выглядит попытка автора связывать значения 95-го перцентиля суточных сумм осадков с приземной температурой и, опять-таки, с соотношением Клаузиуса-Клапейрона. *Во-первых, приземная температура не отражает теплосодержание всего столба атмосферы – а значит и его влагосодержание. Во-вторых, эта зависимость достаточно надежно работает лишь на крупных пространственно-временных масштабах*. Например, из климатических данных известно, что в целом в тропиках влагосодержание

атмосферы и осадков больше, чем в высоких широтах, или на европейской территории России осадков летом почти всегда больше, чем зимой. Однако выборка случаев из экстремальных осадков даже по крупным территориям вовсе не обязательно должна объясняться соотношением Клаузиса-Клапейрона. Может произойти аномальная конвергенция влаги в зоне фронта, может осуществиться интенсивная адвекция влаги с территорий, расположенных в нескольких тысячах километров от района выпадения экстремальных осадков. Не говоря уже о стохастической природе свободной конвекции.

4. Автор сам неявно демонстрирует важнейшую роль атмосферной динамики: на стр. 11 автореферате он пишет об «...уменьшении осадков в летний сезон на территории России при температуре выше 20 С», увязывая это с уменьшением относительной влажности. Очевидно, что *устойчивые значения среднесуточной температуры выше 20 градусов и соответствующие им более низкие значения относительной влажности летом в большинстве случаев связаны с устойчивыми антициклонами*. Также автор не выявил устойчивого роста экстремальных осадков в Черноморско-кавказском регионе, несмотря на наблюдающее там увеличение температуры, более того – *показал, что это во многом определяется ростом дивергенции влаги в регионе, что связано с увеличением повторяемости и интенсивности нисходящих движений воздуха*, опять-таки соответствующих антициклональной циркуляции.

Редакционные замечания

1. Защищаемые положения должны звучать, как короткие и очень четкие тезисы, а не начинаться со слова «*выявлено*». В автореферате они звучат скорее, как результаты исследования – причем сформулированные весьма громоздко.
2. Выводы работы очень громоздки, и фактически повторяют то, что уже хорошим и четким языком написано в основном тексте автореферата.

Вместе с тем, указанные замечания в целом не умаляют значимости диссертационного исследования и его уровня. Представленная диссертация является достаточно сильным исследованием, и отвечает требованиям, установленным к работам подобного рода. Таким образом, соискатель Алешина Мария Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Я, Торопов Павел Алексеевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

к.г.н., доцент кафедры метеорологии и климатологии

ТОРОПОВ Павел Алексеевич



дата подписания: 20.11.2023

Контактные данные:

тел.: 7(916)6471450, e-mail: tormet@inbox.ru

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, ГСП-1

Московский Государственный Университет им. М. В.

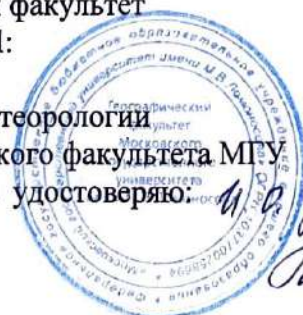
Ломоносова, Географический факультет

Тел.: +7(499)939-29-42; e-mail:

Подпись доцента кафедры метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ

Торопова Павла Алексеевича удостоверяю.

дата: 20.11.2023



и.о. зав. кафедрой
Ломоносова (С.В. Косовский)