

**“УТВЕРЖДАЮ”**

Директор Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Институт водных  
проблем Российской Академии наук



д.ф.м.н. А.Н.Гельфан

01 октября 2019 г.

Официальный отзыв  
ведущей организации

на диссертационную работу Елены Анатольевны Черенковой  
«Изменения атмосферных осадков на Восточно-Европейской равнине и их  
связь с долгопериодными колебаниями климата в Северной Атлантике»,  
представленную на соискание ученой степени доктора географических наук  
по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология.

В диссертации излагаются результаты изучения влияния  
долгопериодной составляющей естественной изменчивости климата в  
Северной Атлантике (СА) на изменение сезонных осадков на Восточно-  
Европейской равнине (ВЕР) в XX - начале XXI вв.

Анализ изменений атмосферных осадков на ВЕР и выявление их связи  
с долгопериодными колебаниями температуры поверхности океана (ТПО) в  
СА автор диссертации рассматривает как главную цель работы и,  
соответственно, ставит следующие задачи:

- анализ влияния аномалий ТПО СА на изменения крупномасштабной  
атмосферной циркуляции Атлантико-Европейского сектора и выявление  
сезонных особенностей изменений;
- количественная характеристика изменений параметров сезонных осадков  
на ВЕР под влиянием изменений крупномасштабной атмосферной  
циркуляции и долгопериодной изменчивости ТПО СА и обоснование

пространственной дифференциации сезонных осадков;

- исследование пространственно-временной структуры ведущих режимов изменчивости сезонных осадков и связи сезонных осадков на территории Европы с ледовитостью Арктического бассейна, ТПО СА и атмосферной циркуляцией Северного полушария;
- исследование реакция компонентов природных геосистем на изменение осадков.

На защиту выносятся следующие **положения**:

- обоснование представлений о механизмах формирования аномалий атмосферного переноса влаги, связанные с изменениями характеристик циклонической активности в периоды устойчивых аномалий ТПО СА;
- характеристики отклика атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе на изменение ТПО СА с оценкой его устойчивости;
- региональные особенности пространственного распределения сезонных осадков на ВЕР в периоды устойчивых аномалий ТПО СА с выделением регионов наибольшего влияния долгопериодной изменчивости ТПО СА на изменения сезонных осадков;
- выявление и описание структуры ведущих режимов совместной изменчивости сезонных осадков на территории Европы и аномалий ТПО СА, концентрации арктических морских льдов (для зимнего сезона) и атмосферной циркуляции с выделением регионов наибольшего влияния долгопериодной изменчивости ТПО СА на колебания сезонных осадков на ВЕР;
- регионализация ВЕР по квази-однородным колебаниям сезонных осадков. Количественная оценка вклада циркуляционных факторов в изменчивость сезонных осадков;
- количественная оценка влияния долгопериодной изменчивости ТПО СА на повторяемость засух и экстремально высоких осадков на ВЕР.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы: 302 страницы, 111 иллюстраций, 38

таблиц. Список литературы содержит 331 наименование.

Во **Введении** кратко освещено состояние проблемы, обоснована актуальность темы, поставлены цели и задачи работы, охарактеризованы методы исследования, новизна, практическая значимость, результаты апробации и личный вклад автора в получение результатов работы. Кроме того, формулируются положения, выносимые на защиту.

В **Главе 1** подробно описываются использованные в работе массивы данных (данные наземных наблюдений метеопараметров на метеостанциях, спутниковые данные, данные реанализов, архивов сеточных данных, и индексы телеконнекции и климатические индексы, данные численных экспериментов с климатическими моделями) и примененные в исследовании методы анализа (анализ композитов, анализ линейных трендов, разложение пространственно-временных полей на эмпирические ортогональные функции, множественную линейную регрессию, метод линейных сингулярных разложений полей метеорологических параметров).

В **Главе 2** рассматривается долгопериодная изменчивость ТПО СА и ведущие режимы барического поля Атлантико-Европейского сектора, а также изучается влияние устойчивых аномалий ТПО СА и изменений крупномасштабной атмосферной циркуляции на сезонные осадки на ВЕР в XX - начале XXI-го вв. Так, в **разделе 2.1** дается краткий обзор существующих исследований изменчивости сезонных осадков на разных временных масштабах (от межгодового до мультидекадного) на территории Европы, структуры многолетних колебаний осадков на ВЕР, а также основных влияющих факторов. В **разделе 2.2.** рассматривается долгопериодная изменчивость ТПО СА и ведущие режимы изменчивости барического поля Атлантико- Европейского сектора. **Раздел 2.3** посвящен исследованию отклика крупномасштабной атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе на изменения ТПО СА. В **разделе 2.4** рассматриваются механизмы влияния долгопериодной изменчивости СА. В **разделе 2.5** проводится анализ сезонных изменений количества атмосферных

осадков на территории ВЕР в периоды устойчивых аномалий ТПО СА и их сравнение по различным архивам наземных данных и по спутниковым данным. В **разделе 2.6** по результатам численных экспериментов с глобальными климатическими моделями по воспроизведению доиндустриального климата продолжительностью от 300 до 850 лет без учета воздействия эмиссии  $\text{CO}_2$  исследуется устойчивость отклика атмосферной циркуляции на изменения ТПО СА на более длительных временных интервалах. В **разделе 2.7** выполнено сравнение характеристик атмосферного увлажнения в бассейне Волги в периоды устойчивых противоположных аномалий ТПО СА. **Раздел 2.8** содержит выводы по итогам проведенного в главе исследования.

В **Главе 3** проводится детальный анализ пространственно-временной структуры ведущих режимов изменчивости сезонных осадков в Европе; выделяются и исследуются ведущие режимы совместной изменчивости сезонных осадков в Европе и аномалий крупномасштабной атмосферной циркуляции Северного полушария, ТПО СА, а также и ледовитости Арктического бассейна. В **разделе 3.1** обсуждаются особенности структуры выделенных с помощью ЭОФ-анализа ведущих режимов изменчивости сезонных осадков, формирующиеся под влиянием множества внешних факторов, главным из которых является атмосферная циркуляция. В **разделе 3.2.** приведены результаты анализа ведущих связанных режимов изменений сезонных осадков в Европе и аномалий крупномасштабной атмосферной циркуляции Северного полушария, ТПО СА, а также ледовитости Арктического бассейна (в зимний период) и определения областей, в которых осадки наиболее тесно коррелируют с рассмотренными параметрами, с применением метода линейных сингулярных разложений. В **разделе 3.3** автором выполнена регионализация ВЕР по квазиоднородным изменениям сезонных осадков. В **разделе 3.4** кратко формулируются основные выводы по результатам, полученным в **Главе 3**.

**Глава 4** посвящена исследованию характеристик экстремумов осадков

и их связи с долгопериодной изменчивостью ТПО СА. В **разделе 4.1** показана пространственная структура повторяемости экстремально высоких суточных сумм осадков на метеостанциях территории исследования во время двух последних периодов противоположных аномалий СА. В **разделе 4.2** рассматриваются методические вопросы сравнения показателей засух, обусловленные различной интерпретацией засух разными количественными показателями (гидротермический коэффициент Селянинова, индекса Палмера - PDSI, стандартизированный индекс осадков - SPI). В **разделе 4.3** исследуются ведущие режимы летних атмосферных засух на ВЕР, выявленные согласно данным индекса SPI. В **разделе 4.4** проанализированы сезонные особенности пространственно- временного распределения засух на ВЕР в периоды устойчивых противоположных аномалий ТПО СА. Основные выводы по результатам, полученным в **Главе 4**, кратко формулируются в **разделе 4.5**.

В **Главе 5** исследуется влияние изменений осадков и их экстремумов на компоненты природной среды. В **разделе 5.1** освещен анализ связи аномалий увлажнения территории в начале и в середине вегетационного периода с урожайностью зерновых культур. В **разделе 5.2** приведены результаты анализа спутниковых данных о растительности в мае-августе в период 1998-2015 гг. по сравнению с 1982-1997 гг. В **разделе 5.3** подводятся итоги выполненного в главе анализа и формулируются основные выводы.

В **Заключении** сформулированы основные выводы диссертационной работы, кратко излагаемые нами следующим образом.

1. Показано влияние долгопериодных (с периодом около 60 лет) изменений ТПО СА на атмосферную циркуляцию в Атлантико-Европейском секторе. Теплому периоду СА отвечает ослабление региональной зональной циркуляции, холодному – ее усиление. Результаты численных экспериментов с моделями климата подтверждают устойчивость отклика атмосферной циркуляции на изменение термического состояния СА.
2. Сезонный атмосферный режим циркуляции в Атлантико-Европейском

секторе весной зависит от регионального центра действия атмосферы над Скандинавией, а летом и осенью – от колебаний барических центров над Восточной Атлантикой и Европейской территорией России. Весной над Восточно-Европейской равниной в относительно теплый период СА увеличивается повторяемость циклонических режимов и приток влаги, летом и осенью устанавливается антициклоническая деятельность, сопровождающееся уменьшением поступления влаги в регион.

3. Наиболее существенное влияние долгопериодной составляющей в колебаниях ТПО Северной Атлантики на формирование среднего многолетнего количества осадков на ВЕР проявилось весной и летом. Наиболее чувствительные к этому влиянию регионы расположены на юго-востоке равнины.
4. Зависимость сезонных осадков, выпадающих на Восточно-Европейской равнине от индекса Атлантической Мультидекадной Осцилляции наиболее выражена весной и летом на юго-востоке ВЕР.
5. Установлено, что изменениями циркуляционных индексов внетропической зоны Северного полушария в период 1951-2012 гг. объясняется до 72% изменчивости осадков зимой, весной до 69%, летом до 64%. В регионах на юго-востоке равнины выявлено постоянство связи весенних и летних осадков с центрами действия атмосферы, характеризующими Скандинавское колебание и колебание «Восточная Атлантика/Западная Россия».
6. Показано, что наибольшее влияние долгопериодная изменчивость СА оказывает на изменения фитомассы в зоне степей и полупустынь. Выявлен значимый рост частоты экстремально высоких суточных сумм осадков в «теплый» период более теплой ТПО СА: зимой в центре, на севере и юго-востоке ЕТР, а также весной на востоке ЕТР. Возможный рост повторяемости сильных атмосферных засух в мае и снижение их повторяемости в июне в регионах недостаточного и неустойчивого увлажнения ЕТР при ожидаемом в ближайшие десятилетия переходе

ТПО СА к более холодному ее состоянию может привести к снижению урожайности зерновых культур в регионах Среднего Поволжья и Заволжья.

По теме диссертационной работы опубликована 41 работа в журналах, входящих в базы данных цитирования Web of Science, Scopus и РИНЦ, из них 25 работ в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для представления материалов диссертационных работ. Результаты исследований по теме диссертации были представлены с 2012 по 2018 г. в докладах автора на отечественных и международных тематических конференциях, симпозиумах и семинарах в ведущих научных организациях.

В современных условиях наблюдаемого потепления климата, которое приводит к изменениям компонентов гидрологического цикла, выполненное исследование **актуально**. На Европейской части России (ЕЧР) на фоне роста температур, по данным Росгидромета, отмечается заметный рост повторяемости экстремальных гидрометеорологических явлений и связанного с ними ущерба. Раскрытие механизмов формирования изменений атмосферных осадков на ВЕР под влиянием естественных долгопериодных колебаний температуры поверхности океана в СА и связанных с ними колебаний крупномасштабной атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе существенно для понимания причин межгодовой изменчивости осадков. Решение этой задачи позволяет снизить неопределенность в установлении тенденций сезонных осадков ВЕР в вековом масштабе, выявить роль долгопериодной изменчивости термического состояния СА и проявление действия крупномасштабной атмосферной циркуляции в изменениях осадков на ВЕР. В работе представлены результаты решения прикладной задачи – оценки реакции компонентов природных геосистем на изменение осадков, в частности, влияние повторяемости сильных атмосферных засух в мае и июне на урожайность зерновых культур, что актуально для зернопроизводящей отрасли в южных регионах ЕЧР.

**Поставленные задачи решены** с применением современных методов статистического анализа и привлечением обширного массива данных – наземных наблюдений метеопараметров, спутниковые данные, реанализов, сеточных архивов, результатов численных экспериментов с климатическими моделями, а также информации об климатических и телеконнекционных индексах. **Выдвигаемые к защите положения базируются на результатах** анализа количественных и качественных характеристик связи между атмосферными осадками на ВЕР с долгопериодными изменениями ТПО СА и атмосферной циркуляции над СА и Европой.

Автором диссертации выполнен широкий спектр исследований.

1. Проведен анализ изменения годовых и сезонных атмосферных осадков на ВЕР со сравнением результатов по данным наблюдений из различных архивов осадков (как отечественных, так и зарубежных) с данными дистанционного зондирования. Это представляется важным вследствие неоднородности временных рядов архивов осадков из-за использования различных методик при измерении осадков метеорологическими станциями сети Росгидромета за период инструментальных наблюдений.
2. Выполнен многоплановый анализ изменения атмосферных осадков в зависимости от фаз (теплой/холодной) ТПО СА и индексов океанической (АМО, ТДО, ИЮК) и атмосферной циркуляции над СА и Европой (САК, СКА, ВАЗР, ВА, ТСА, ЗТ, ПЕ). Применение СВД-анализа позволило обнаружить области наиболее связанных и статистически значимых изменений рассмотренных параметров. Показано, что на формирование аномалий сезонных осадков на территории ВЕР, помимо преобладающего влияния Североатлантического колебания, вносят важный вклад ведущие режимы атмосферной циркуляции, отражающие зональные волновые структуры, действующих преимущественно над континентами. Установлено, что влияние долгопериодных изменений ТПО СА проявляется в создании более благоприятных условий для образования весенних осадков над ВЕР и менее благоприятных условий –



летом и осенью в периоды более теплой СА по сравнению с ее более холодным периодом. Выявлена и исследована пространственная структура отклика сезонных осадков на ВЕД на долгопериодные изменения ТПО СА. Территория на востоке и юго-востоке ВЕР выделена как наиболее чувствительная к изменениям термического состояния ТПО СА весной, летом и осенью, поскольку на этой территории в противоположные периоды устойчивых аномалий ТПО СА наблюдались наибольшие статистически значимые различия сезонных осадков.

3. По квазиоднородным колебаниям сезонных осадков проведена регионализации ВЕР.
4. Автором разработан методический подход по созданию универсального (независимого от географического положения) количественного показателя засух с использованием гидротермического коэффициента Селянинова и стандартизированного индекса осадков SPI.
5. Анализ экстремумов осадков и их связи с долгопериодной изменчивостью температуры океана СА показал существенный рост повторяемости экстремальных осадков зимой в центре, на севере и юго-востоке ЕТР (до 6 дней/сезон) в период более теплой ТПО СА по сравнению с ее более холодным периодом. Установлено, что в периоды теплой СА сильные засухи в мае и в среднем за весну на юге равнины наблюдались реже, а в июне на юго-востоке и в среднем за летние месяцы на юге ЕЧР чаще, чем в более холодный период ТПО СА.
6. Анализ связи аномалий увлажнения территории в начале и в середине вегетационного периода с урожайностью зерновых культур выявил зависимость между сильными засухами в мае и снижением областной урожайности озимой пшеницы, и менее значимое влияние засух в мае-июне на урожайность яровой пшеницы.
7. Анализ спутниковых данных о растительности показал, что ответная реакция растительности на однонаправленные изменения осадков может быть различной и определяется прежде всего типом растительности, а

наибольшее влияние долгопериодная изменчивость СА оказывала на изменения фитомассы в зоне степей и полупустынь.

Замечания.

1. Автор в качестве первого положения выносит на защиту «характеристики отклика атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе на изменение ТПО СА с оценкой его устойчивости». По данной тематике опубликовано немало работ как в отечественной, так и в зарубежной периодике, на которые автор же и ссылается, достаточно заглянуть в список литературы. Поэтому следовало бы более основательно обосновать оригинальность полученных автором результатов.
2. На стр.35 диссертации предложение «Выполняя регионализацию территории ВЕР по характеру изменений сезонных осадков в период 1901-2012 гг., мы руководствовались таким количеством регионов, чтобы в каждом регионе было объяснено не менее 1% общей изменчивости сезонных осадков на ВЕР». Вызывает вопрос – почему в качестве критерия количества регионов выбран именно 1% изменчивости сезонных осадков?
3. В разделе 2.6 приводятся результаты численных экспериментов с глобальными климатическими моделями по воспроизведению доиндустриального климата (Pre-industrial control) продолжительностью от 300 до 850 лет без учета воздействия эмиссии CO<sub>2</sub>. На стр. 111 автор указывает, что «Долгопериодная изменчивость ТПО СА хотя и присутствует в моделях, однако все же недостаточно хорошо отражается всеми без исключения рассмотренными моделями, поскольку в полной мере не воспроизводится 60-80-летняя квазицикличность». Далее представлены ведущие моды ЭОФ-анализа и их корреляция с временными рядами циркуляционных индексов. В выводах к разделу говорится, что «подавляющее большинство рассмотренных климатических моделей продемонстрировало ослабление зональной региональной циркуляции в Атлантическом секторе в среднем за годы

более теплой ТПО СА и ее усиление при более холодной СА. Полученные результаты указывают на устойчивость отклика атмосферной циркуляции на изменение термического состояния СА» (стр. 129). Однако, в дальнейшем – в общих выводах и в выносимых на защиту положениях – результаты, содержащиеся в разделе 2.6, не представлены.

4. Работа представлена к защите в 2019 году, но большинство расчётов выполнено по данным до 2012 г. Было бы желательно использовать более свежие данные как натурных наблюдений, так и баз сеточных данных. Например, массивы NCEP/NCAR обновляется регулярно, как и CRU-TS, в 2018 г. были доступны данные по 2016-2017 г. включительно.
5. Раздел 5 является дискуссионным. Собственно, и сам автор это признает, говоря, что «Обсуждение результатов, приведенных в данном разделе, носит дискуссионный характер, который обусловлен неоднородностью временных рядов областной урожайности озимой и яровой пшеницы. Неоднородность связана прежде всего с влиянием развивающихся агропромышленных технологий, с использованием различных сортов пшеницы, а также с изменением методики расчета урожайности в начале 1990-х годов. Неоднозначность оценок остается несмотря на удаление линейного тренда из рядов урожайности» (стр. 249). Далее отмечается, что «механизмы выявленных изменений урожайности до конца не ясны из-за неоднородности ее временных рядов» (стр. 251). Этот недостаток следует отнести не сколько в адрес автора диссертации, сколько к методам оценки урожайности. В тексте диссертации отсутствуют источники данных об урожайности, т.е. ни в разделе 1, где приводятся сведения о данных, ни в разделе 5.1 не встречается упоминания о том, откуда получены данные об урожайности зерновых культур. В связи с этим затруднительно судить в полной мере о достоинствах данной части диссертационного исследования.
6. В некоторых случаях, текст диссертации и автореферата затруднен для

понимания из-за небрежности изложения. Например, не вполне понятно, как понимать предложение «При этом скорость роста опасных гидрометеорологических явлений составила 188 случаев/10 лет». В данном случае речь идет о среднем числе опасных явлений (ОЯ) за 10 лет, и само по себе это число ничего не говорит. Если произошло увеличение среднего числа ОЯ, то надо бы привести, для сравнения, каким было среднее число ОЯ в прошлом, не «изменившемся» климате. Часто используемое автором выражение «рост осадков» лучше было бы заменить на «увеличение осадков». Далее, неясно, что означает предложение «Область с положительными нагрузками и ярко выраженным эпицентром, находящимся в центре Восточно-Европейской равнины, преобладает на всей территории Европы.» (стр. 132 диссертации). Что означают «положительные нагрузки» и как понимать «эпицентр» находящийся «в центре»?

7. Изучение влияния долгопериодной составляющей естественной изменчивости климата в Северной Атлантике на изменение сезонных осадков на Восточно-Европейской равнине в XX - начале XXI вв. автор диссертации оценивает как впервые выполненное (диссертация, стр. 8). Вероятно, следовало бы более точно сказать, что впервые выполнены столь **масштабно**, поскольку аналогичные исследования ранее предпринимались и другими авторами, например, Паниным Г.Н. и др. («Воздействие Северной Атлантики на гидрологический режим бассейна Каспийского моря». Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 4. С. 442-452), где рассматривается влияние СА на сезонные температуры и осадки в бассейне Каспийского, занимающего значительную часть ВЕР.
8. Текст диссертации содержит редакционные небрежности, затрудняющие восприятие содержания, хотя и не меняющие смысл предложений.

Наши замечания не отменяют впечатления от диссертации как большого исследования, приведшего к результатам, имеющими фундаментальное научное значение и потенциал для решения

прикладных задач.

Полагаем, что диссертация Е.А.Черенковой является законченным научным трудом, в котором представлены полученные ею существенные научные результаты. Соискатель осуществила на современном уровне решение крупной научной задачи – оценка изменений атмосферных осадков на Восточно-Европейской равнине и определение их связи с долгопериодными колебаниями температуры поверхности океана в Северной Атлантике и связанных с ними изменений крупномасштабной атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и отражает ее основные выводы. Результаты прошли всестороннюю апробацию на многочисленных Российских и Международных конференциях и симпозиумах.

Таким образом полагаем, что диссертационная работа Е.А.Черенковой отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к докторским диссертациям и ее автор достоин присвоения ей степени доктора географических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология.

Отзыв на диссертацию и автореферат Е.А.Черенковой рассмотрен и утвержден на заседании Ученого совета ИВП РАН 01 октября 2019 г.

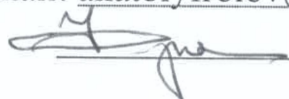
Протокол №6 от 01.10.2019 г.

Д.т.н., ведущий научный сотрудник, специальность 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Адрес: 119333, Москва, ул. Губкина, 3, Институт водных проблем РАН  
iwr.ru

Служ. тел. (499): 7833756, доб. 243, моб. тел. +79017001687,

e-mail: [anatolyfrolov@yandex.ru](mailto:anatolyfrolov@yandex.ru)



Фролов Анатолий Васильевич

01.10.2019

ОЛОВА ЗАВАНУ

теор. ивѣт РАН *Le*  
рчено В.С.)