

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Павловой Веры Николаевны “Продуктивность зерновых культур в России при изменении агроклиматических ресурсов в 20–21 веках”, представленную на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Актуальность темы диссертационной работы. В связи с продолжающимся глобальным потеплением климата, усилением экстремальных погодноклиматических проявлений все более актуальной становится проблема оценки последствий изменений климата для природных и социально-экономических систем, в том числе и для сельского хозяйства России. Здесь важна оценка влияния изменяющихся агроклиматических ресурсов на продуктивность сельскохозяйственных культур и прежде всего зерновых, приносящих значительный доход государству.

Цель данной работы. Оценка современных и будущих тенденций изменения продуктивности зерновых культур при изменении агроклиматических ресурсов земледельческих регионов России в 20–21 веках с использованием метода имитационного моделирования.

Научная новизна. При выполнении диссертационной работы на основе использования данных о продуктивности зерновых культур России и метода имитационного моделирования дается прогноз изменения климатически обусловленной урожайности в 21 веке, реализованы методы оценки климатических рисков и адаптационного потенциала зернового сектора агросферы к изменениям агроклиматических ресурсов и с учетом частоты неблагоприятных метеорологических явлений.

Степень обоснованности научных положений, выводов. Защищаемые положения и выводы, предоставленные в диссертации, соответствуют поставленным в ней цели и задачам. В качестве основного метода исследования современного и будущего состояния агроклиматических ресурсов земледельческой зоны России используется разработанная автором имитационная система Климат – Почва – Урожай (КПУ). Важное внимание уделено исследованию биоклиматического потенциала основных зернопроизводящих регионов России и прогнозу продуктивности зерновых культур в 21 веке с помощью ансамблевых расчетов по региональной климатической модели (РКМ) и имитационной системы КПУ. Научные положения, защищаемые в работе, логичны и обоснованы, они включают в себя как оценку современного состояния вегетационного периода зерновых культур, так и прогноз урожайности с учетом меняющихся климатических условий и рисков от неблагоприятных природных явлений. Вы-

воды работы базируются на результатах анализа влияния современных и будущих изменений глобальной климатической системы на состояние и продуктивность био(агро)сферы.

Достоверность результатов и выводов, полученных в диссертации, подтверждается использованием фундаментальных научных положений климатологии и агрометеорологии, теории общей циркуляции атмосферы и климата, обширного массива гидрометеорологических данных и данных об урожайности зерновых культур, подбором наиболее адекватных поставленным задачам методам исследований, оценкой достоверности статистических результатов.

Работа состоит из введения, 7 глав и списка литературы, общий объем работы 271 страница, включая 45 рисунков и 63 таблицы. Список цитируемой литературы насчитывает 327 наименований.

Во введении диссертации дано обоснование актуальности выбранной темы, сформулированы цель и задачи работы, защищаемые положения, изложена научная новизна исследования, её теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена обстоятельному описанию имитационной системы Климат – Почва – Урожай для оценки влияния агроклиматических ресурсов на продуктивность сельскохозяйственных культур. В ней предоставлено описание истории развития использования физико-математических методов в агрометеорологии, динамической модели Почва – Урожай, включающей в себя систему дифференциальных уравнений для расчета динамики фитомассы, влагозапасов почвы и минерального азота почвы. После этого рассматривается структура имитационной модели Климат – Почва – Урожай и её возможности по оценке влияния различных факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур. Представлено описание входных данных для модели Погода – Урожай и КПУ, и результаты валидации системы КПУ для 3-х зернопроизводящих областей Приволжского федерального округа.

Во второй главе рассматривается система мониторинга состояния агроклиматических ресурсов и продуктивности в условиях меняющегося климата на базе системы КПУ. В ней представлен обширный информационный материал о состоянии атмосферы, почвы, урожайности зерновых культур. Анализ трендов показателей тепло- и влагообеспеченности зерновых культур показал, что в среднем для территории России сумма активных температур растет со скоростью $\sim 90^{\circ}\text{C}/10$ лет, преобладает тенденция роста весенних осадков и в последние 20 лет на преобладающей части земледельческой зоны растет степень засушливости, также выявлен рост биоклиматического потенциала (БКП) в земледельческой зоне России в среднем на 4% относительно базового периода 1961–1990 гг. Здесь рассмотрены также результаты оперативного агроклиматического мониторинга в 2017 г. на территории ЕЧР.

В третьей главе представлены результаты анализа изменения продуктивности зерновых культур при наблюдаемых тенденциях изменений агроклиматических условий в основных зернопроизводящих регионах России. Выявлено, что скорость роста урожайности основных зерновых культур на территории земледельческой зоны России в период 1976–2017 гг. положительна, в то же время наблюдаются заметные различия в регионах России. Сделан важный вывод о том, что положительные тренды фактической урожайности в последние 2 десятилетия во многом обусловлены адаптацией систем землепользования к изменению климата. Показано, что доля дисперсии, объясняющей тренд климатически обусловленной урожайности уравнением множественной регрессии достигает 75–78%. Выявлен вклад в климатически обусловленную урожайность яровой и озимой пшеницы в регионах России температурно-влажностных характеристик атмосферы и почвы различных месяцев вегетационного периода. Дана оценка влияния крупномасштабных климатических изменений на пространственно-временную структуру полей урожайности сельскохозяйственных культур.

В четвертой главе представлены результаты оценки климатических рисков производства зерновых культур и ущерба от ОЯ по авторской методике, учитывающей как уязвимость территории, так и природу неблагоприятных метеорологических факторов, главным образом степень засушливости и переувлажненности территории. Анализ оценок климатических рисков позволил выделить территории в земледельческой зоне России благоприятные для выращивания яровой и озимой пшеницы. В этой главе дана оценка ущерба зерновому хозяйству от засухи и переувлажнения. Выявлено число неурожайных лет в периоды 1961–1980 и 1995–2014 гг., оказалось, что в последнее двадцатилетие число неурожайных лет возросло, особенно в Оренбургской, Самарской и Саратовской областях. Выделены территории с сильными засухами и переувлажнением в ЕЧР. Большое практическое значение имеет создание при участии автора автоматизированной технологии оценки степени неблагоприятности территории для производства сельскохозяйственных культур. Анализ осуществляется в геоинформационной системе QGIS, что позволяет принимать стратегические решения в сфере сельскохозяйственного производства.

В пятой главе основное внимание уделено оценке влияния изменений агроклиматических ресурсов в условиях глобального потепления на продуктивность зерновых культур и биоклиматический потенциал России в 21 веке. В качестве базовой основы проводимых исследований с помощью системы КПУ использованы результаты моделирования изменений климата в 21 веке с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦА(О)) при сценариях RCP4,5 («умеренный») и RCP8,5 («жесткий»). Расчеты в системе

КПУ производились с использованием результатов моделирования 2-х сценариев GFDL CM3 и HAD CM3 для временных срезов 2011–2030 (S2), 2034–2053 (S3, RCP 4.5) или 2028–2047 (S3, RCP 8,5), 2041–2060 (S4), 2080–2099 гг. (S5).

В результате расчетов были оценены приращения температуры теплого периода года в среднем по России к началу, середине и концу столетия (0,8; 1,3 и 1,9°C соответственно), оценена теплообеспеченность сельскохозяйственных культур, продолжительность вегетационного периода и др. В этой же главе рассмотрены возможные последствия от реализации конкретных климатических сценариев – смещение к северу границ возможного растениеводства, роста засушливости территорий, изменений продуктивности зерновых культур и био-климатического потенциала в 21 веке. Представлены количественные оценки изменения БКП и урожайности для различных сценариев изменения климата по регионам России. Более детальные агроклиматические расчеты в системе КПУ выполнены по данным региональной климатической модели (РКМ, ГГО). Показано, что в связи с ростом аридности климата на фоне роста температуры и усиления дефицита влаги можно ожидать снижения продуктивности зерновых культур на территории России, что является неблагоприятным фактором.

В шестой главе рассмотрен метод пространственно-временных аналогов для оценки последствий изменений климата на продуктивность растениеводства, что позволило сделать вывод о направленности «переноса» климата и подобрать агроклиматический аналог для конкретной области в условиях потепления климата в 21 веке по сценариям HAD CM3и GFDL. Выявленный факт приращения БКП свидетельствует об улучшении агроклиматических условий для сельского хозяйства. Показано преимущество «западного переноса» воздушных масс (гумидный) перед «восточным переносом» (аридный).

Седьмая заключительная глава посвящена рассмотрению проблемы адаптации, оптимизации и размещения сельскохозяйственного производства при наблюдаемых и ожидаемых изменениях климата. В ней с помощью системы КПУ рассчитаны сравнительные оценки мер адаптации к изменению климата по сценарию GFDL на различные временные этапы 21 века для ряда федеральных округов. Рассмотрена адаптация сельского хозяйства к увеличению тепловых ресурсов вегетационного периода, к изменениям условий холодного периода года, к изменению условий увлажнения. Для практики представляет большой интерес разработанная методика ежегодной корректировки посевных площадей на основе прогноза урожайности. Представлены оценки эффективности этой корректировки для трех уровней оправдываемости долгосрочных прогнозов урожайности, выявлено, что ежегодная корректировка посевных площадей наиболее эффективна для степной и лесостепной зоны России.

В заключение работы сформулированы основные выводы (9), в которых содержатся полученные с помощью фактических и модельных данных оценки влияния наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на агроклиматические ресурсы и урожайность зерновых культур на территории России в 20–21 веках.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Научная значимость работы заключается в получении достоверных результатов о динамике климатически обусловленной продуктивности зерновых культур в России в условиях глобального потепления на базе авторской имитационной системы Климат – Почва – Урожай, в оценке изменения агроклиматических ресурсов, биоклиматического потенциала России и разработке прогностических методов оценки продуктивности с помощью ансамблевых расчетов по региональной климатической модели.

Практическая значимость работы состоит в использовании её результатов в период 2005–2020 гг. в ряде национальных докладов, программ по оценке современных тенденций изменения агроклиматических условий в земледельческой зоне России, в представлении аналитических материалов и справок заинтересованным организациям, разработке технологий и программных средств обработки фактических данных. Методология работы и её результаты могут быть использованы в вузах при чтении курса по агрометеорологии.

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Разработана имитационная система Климат – Почва – Урожай, позволяющая получать комплекс климатических и агроклиматических показателей в земледельческой зоне России.

2. Рассчитаны комплексные оценки изменений агроклиматических ресурсов и продуктивности зерновых культур на основе 3-х сценариев изменения климата на начало, середину и конец 21 века по сценариям эмиссии парниковых газов RCP4,5 и RCP8,5.

3. Численные эксперименты с РКМ показали, что велика вероятность снижения климатически обусловленной урожайности зерновых культур к середине 21 века на фоне прогнозируемого роста засушливости климата.

4. Выявлена тенденция роста биоклиматического потенциала в период 1998–2017 гг., обусловленная увеличением термических ресурсов и продолжительности вегетационного периода. Среднее увеличение БКП в центральных областях ЕЧ может составить от 15 до 20% к середине 21 века.

5. Разработан и реализован метод оценки климатических рисков при возделывании зерновых культур с учетом частоты неблагоприятных климатических явлений и степени уязвимости территории.

6. Определены современные географические аналоги агроклиматических условий для центральных и северных областей ЕЧР к середине 21 века при глобальном потеплении.

7. Разработан метод оценки адаптационного потенциала зернового сектора к изменениям климата применительно к субъектам РФ.

Диссертация аккуратно оформлена, снабжена многочисленными рисунками и таблицами, что помогает лучше воспринимать её содержание.

Основные замечания к работе в большей степени носят характер пожеланий.

1. Желательно в заключении к каждой главе формулировать выводы, что способствовало бы их завершенности.

2. Согласно работе (Е.А. Черенкова, А.Н. Золотокрылин. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи, *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2016, №2), ГТК по сравнению с другими показателями существенно завышает повторяемость засух в период активной вегетации на ЕЧР. Рассматривалась ли автором настоящей работы возможность использования стандартизированного индекса осадков SPI в целях получения более полной картины о засушливости.

3. Почему в главе 3 при оценке изменений урожайности зерновых культур не используется часто применяемый в агрометеорологии вегетационный индекс NDVI?

4. В климатических исследованиях часто используются известные индексы атмосферной циркуляции (NAO, AO, Scand и др.). Делалась ли попытка находить зависимость изменения агроклиматических ресурсов на территории России от поведения циркуляционных мод?

5. В главе 5 не представлено обоснование выбора климатических сценариев GFDL CM3, HAD CM3 и ANS 31 для получения модельных агроклиматических оценок на 21 век. В чем их преимущество?

К числу мелких технических замечаний можно отнести следующие: на стр.31 записано «...по данным А Ершов для июня...», лучше «...по данным АС Ершов...», так как здесь используется сокращение агрометстанции; на стр.55 вместо слова «линейных» правильно «линейные»; на стр.71 правильно биологическая продуктивность рассчитывается, а не рассчитываются по формуле...; на стр.226 временной период обозначен 2030–2030 гг.

Однако эти немногочисленные замечания не снижают общего впечатления от высокого научно-методического и практического уровня выполненного исследования фундаментального характера.

Заключение. Результаты работы опубликованы в 28 научных статьях в рекомендуемых ВАК научных изданиях, в 12 монографиях, а также в материа-

лах научных конференций, сборниках и др., что дает полное представление о выполненном исследовании.

Содержание опубликованных работ и автореферата соответствуют основным положениям диссертационной работы.

Таким образом, диссертация Павловой Веры Николаевны соответствует паспорту специальности « 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология», требованиям п.9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор заслуживает присуждения искомой степени доктора географических наук по специальности «25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология».

Доктор географических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета

Переведенцев Юрий
Петрович
01.09.2021 г.

ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18
E-mail: public@kpfu.ru
Тел: (843)233-71-09

Я, Переведенцев Юрий Петрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

