

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Исаевой Софии Давидовны на диссертационную работу Ермолаевой Ольги Сергеевны на тему «Региональные и зональные характеристики потока актуального суммарного испарения орошаемых и неорошаемых агроценозов Марковского района Саратовской области за 2003–2017 гг.», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.1.5 – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

Актуальность исследований.

Обеспечение продовольственной безопасности населения является одним из основных направлений национальной безопасности РФ и необходимым условием реализации стратегического приоритета - повышение качества жизни населения. В условиях климатических изменений и развития дефицита водных ресурсов в регионах зоны недостаточного увлажнения нашей страны устойчивое получение растениеводческой продукции в сельском хозяйстве возможно только на основе орошения, а рациональное управление использованием водных и земельных ресурсов с применением цифровых технологий предполагает знание водного баланса, включая показатели, характеризующие динамику массопереноса в системе «зона аэрации-почва-растение-атмосфера».

В связи с этим, диссертационная работа О.С. Ермолаевой, посвященная разработке методики оценки и характеристике величины актуального суммарного испарения в пределах орошаемых и неорошаемых агроценозов на сельскохозяйственных землях на основе данных дистанционного зондирования Земли является актуальной.

Новизна исследований и полученных результатов состоит в разработке нового подхода к оценке суммарного испарения за период поливов с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ, продукт MOD16ET) и их верификацией по данным полевых экспериментов; в создании модели базы геоданных для проведения оценки и ее реализации на примере территории оросительных систем Марковского района Саратовской области; в развитии и совершенствовании методики разведочного анализа геоданных; в разработке методики анализа пространственно-временной динамики величины суммарного испарения по результатам дистанционного зондирования Земли.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Изложенные в диссертационной работе О.С. Ермолаевой научно-методические положения, выводы и рекомендации основаны на детальном изучении и анализе значительного объема отечественных и зарубежных работ, посвященных подходам, моделям, методам оценки суммарного испарения, а также применяемым при этом способам экстраполяции точечных значений на изучаемую территорию, использованию материалов дистанционного зондирования Земли и др. Надежность полученных выводов обеспечивается применением комплексных методов исследований, сочетающих изучение материалов ДЗЗ, проведение натурных исследований, привлечение ГИС и статистических методов для решения поставленных задач.

Достоверность полученных результатов определяется корректностью применения математического аппарата, адекватностью методов анализа данных, непротиворечивостью подходов и полученных результатов по изучению суммарного испарения с теоретическими положениями водно-балансовых исследований, а также масштабной статистической обработкой больших массивов данных. Материалы работы апробированы автором на всероссийских и зарубежных конференциях, получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций. Теоретическая значимость диссертационного исследования О.С. Ермолаевой заключается в разработке комплексной методики получения пространственной характеристики элементов водного баланса орошаемых земель на основе использования данных дистанционного зондирования Земли. Практическая ценность выводов и рекомендаций состоит в обеспечении агро-гидрологического мониторинга специализированной геоинформационной технологией для сбора, хранения, обработки и анализа материалов наземных и дистанционных наблюдений, необходимых для пространственной оценки эвапотранспирации.

Общая оценка диссертационной работы.

Структура и объем работы О.С. Ермолаевой отвечают требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и четырех приложений. Основное

содержание работы изложено на 175 страницах, содержит 52 рисунка и 4 таблицы. Список литературы включает 252 источника, в том числе 180 зарубежных работ.

Первая глава посвящена анализу развития методов оценки суммарного испарения в задачах, связанных с мониторингом и оценкой элементов водного баланса почвенного покрова. Рассмотрено проведение агро-гидрологических исследований с применением компьютерного моделирования в системе SWAP, наборов геоданных, получаемых с использованием геоинформационных технологий (ГИС), дистанционного зондирования Земли, глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), искусственного интеллекта.

О.С. Ермолаевой на основе анализа отечественных и зарубежных разработок дана характеристика пространственных и локальных методов оценки эвапотранспирации, показано разнообразие и большое количество существующих в этом направлении подходов, используемых моделей, основанных на уравнениях энергетического и водного баланса подстилающего слоя земной поверхности, их достоинства и ограничения по применимости. Важное методическое положение, принятое автором для дальнейших исследований, состоит в рассмотрении агро-гидрологических исследований водного баланса, оценки влагозапасов в корнеобитаемом слое как междисциплинарных.

Во второй главе приведен краткий анализ природных условий Марксовского района и развития в его пределах орошения. Предложено создание и дана методика формирования базы геоданных, необходимых для оценки суммарного испарения при использовании результатов дистанционного зондирования Земли с применением программного обеспечения ArcGIS Pro 2.8. Приведено описание базовых слоев базы данных, содержащих административные границы, границы водных объектов, осевые линии магистральных каналов и пр., дана методика их наполнения, а также описание основных слоев.

В основу методики исследований пространственно-временных характеристик суммарного испарения О.С. Ермолаевой положены методы разведочного анализа геоданных. Анализ проведен для периодов поливов на рассматриваемых оросительных системах на протяжении 2003–2017 гг.

Для реализации разведочного анализа автором выполнен статистический анализ временных рядов метеоданных, а именно, температуры, испаряемости по Н.Н. Иванову, а также гидротермического коэффициента по Г.Т. Селянинову. В результате установлены линейные тренды и определены коэффициенты детерминации.

В целях верификации результатов оценки потоков суммарного испарения по данным ДЗЗ (продукт MOD16A2) в 2007-2009 гг. О.С. Ермолаевой были проведены натурные наблюдения за влажностью корнеобитаемого слоя на экспериментальном участке. Шесть экспериментальных площадок (6 х 2 м), были оборудованы между производственными посевами люцерны, орошаемыми ДМ «Фрегат». Полив на экспериментальных площадках проводился синхронно с поливами люцерны на поле при тех же поливных нормах. Контроль влажности в наземных наблюдениях выполнялся по оборудованным на участках скважинам влагомером TRIME-FM послойно через 5 см. Прибор был предварительно протестирован на почвенных образцах, составленных из смеси почвы, отобранной из горизонтов A1 и B1. Образцы двух типов: первые - высотой 30 см и поперечными размерами 20 х 20 см с однородными профилями влажности; вторые - высотой 90 см при поперечных размерах 100 х 100 см с профилями влажности, соответствующими периодам после полива и межполивным. При этом проводилось послойное увлажнение образцов с применением пленки для изоляции слоев. Параллельно проведены метеонаблюдения в автоматическом режиме по агрометеостанции «ZENO – 3200», установленной на расстоянии порядка 1 км от опытного участка. Определены характеристики уровня влагообеспеченности территории по К.Т. Селянинову, построены трехмерные диаграммы влажности почв по данным натурных наблюдений. Соискателем выявлены закономерности движения влаги и формирования влагозапасов в почвенном слое в вегетационные периоды 2006-2009 гг.

Сопоставление расчетных оценок эвапотранспирации, полученных по данным наземных наблюдений по экспериментальным площадкам и данных ДЗЗ по интервалам, соответствующим продукту MOD16A2 для вегетационных периодов 2007 и 2008 гг. подтвердил применимость продукта MOD16A2 для исследований пространственно-временных характеристик потока суммарного испарения в рассмотренных автором природно-хозяйственных условиях.

В третьей главе представлена методика формирования слоев геоданных фактического потока суммарного испарения за периоды орошения 2003–2017 гг. Пространственно-временное отображение суммарного испарения представлено набором картограмм.

О.С. Ермолаевой усовершенствована методика разведочного анализа геоданных за счет дополнения методами пространственной классификации, тепловых карт, а также пространственного кластерного анализа и зонального анализа временных рядов. На основе применения геостатистического

кластерного анализа слоев значений эвапотранспирации за поливной период базы геоданных, в соответствии с усовершенствованной автором методикой, за исследуемый период 2003–2017 гг. выявлены участки с высоким суммарным испарением. Границы участков совпали с установленными по данным ДЗЗ контурами орошаемых полей. Расширение применяемых для анализа геоданных методов статистических исследований позволило подтвердить предположение автора о неоднозначном влиянии факторов и условий внешней среды на региональные характеристики потока суммарного испарения, в том числе о роли изменений в технологиях земледелия, растениеводства и развития орошения в формировании особенностей пространственного распределения потока влаги при эвапотранспирации в поливной период. Анализ временных рядов медианных значений зональных поднаборов геодатасета суммарного испарения с территории пахотных земель за период исследований, позволил выявить закономерное уменьшение его значений по мере удаления от р. Волги в юго-восточном направлении.

Четвертая глава посвящена оценке региональных и зональных характеристик потока эвапотранспирации с территории орошаемых и неорошаемых агроценозов. Соискателем представлено описание этапов и процедур, составляющих методику классификации геоданных по суммарному испарению соответственно по принадлежности к орошаемым угодьям и неорошаемым. Для разметки слоев геоданных по эвапотранспирации, соответствующих виду землепользования, предложен специальный компьютерный код. Суть кода и методика его использования подробно описаны в данной главе. Полученные с использованием предложенной классификации результаты были применены для расчета членов временных рядов потока актуального суммарного испарения. Показано, что предложенный подход позволяет характеризовать фактические ирригационные условия на орошаемой территории, включая динамику оросительных норм, эффективности использования поливной воды и др.

На основе проведения оценки установлено, что в выявленных пространственных изменениях суммарного испарения основную роль играют неорошаемые земли, а для орошаемых та же закономерность не прослеживается: значительного уменьшения медианных значений временных рядов, в отличие от неорошаемых угодий, всех 6 выделенных автором зон по мере удаления от уреза берега р. Волги не наблюдается. Сочетание установленных закономерностей проявилось в тенденции увеличения разности между соответствующими значениями этих рядов данных, что объяснено автором применением более высоких оросительных норм для

компенсации дефицита влагозапасов орошаемых агроценозов по мере их удаления от р. Волги. Таким образом, сопоставление региональных и зональных характеристик величины эвапотранспирации, соответствующих орошаемым и неорошаемым пахотным землям, привело автора к выводу о формировании в период с 2012 по 2017 гг. дополнительных антропогенных факторов, приведших к изменению хозяйственной ситуации, прежде всего, изменение площади орошаемых земель, состава севооборотов, поливных режимов.

В *Заключении* приведены основные полученные соискателем методические результаты исследований, позволяющие в совокупности повысить эффективность агро-гидрологического мониторинга.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, все основные результаты исследований раскрыты в опубликованных О.С. Ермолаевой работах.

В качестве замечаний по работе и пожеланий можно отметить следующее.

1. При изучении климатических изменений представляется более правильным говорить не об аридизации погодных условий, а об аридизации климата, что подразумевает рассмотрение комплекса процессов, не только изменение испаряемости.

2. Желательно изначально в работе определить, что понимает автор под региональным и зональным анализом потока суммарного испарения.

3. В описании почвенного разреза (Приложение 1) автор использует термин «глинистый грунт» для слоя А1 и А2, что в случае характеристики почвенных разностей представляется некорректным.

4. При рассмотрении водного баланса почвенного покрова (стр.16) выделены грунтовые и подземные воды, но грунтовые воды относятся к подземным.

5. Лизиметрический метод относится к эмпирическим методам оценки элементов водного баланса.

6. Не понятно, почему в уравнении (1.1) для оценки суммарного испарения отток почвенной влаги из расчетного слоя в грунтовые воды через его нижнюю границу ($q_i \downarrow$) приведен со знаком (+) ?

7. Не ясно, почему на стр. 85 поток суммарного испарения $E_{\text{тав}}$ приравнен к фактическому водопотреблению растительного покрова?

8. Колебания значений ГТК (раздел 2.4.4, стр.75) в зоне неустойчивого увлажнения могут быть значительны и связаны с

неравномерностью выпадения осадков, общая характеристика увлажненности территории при этом не меняется.

9. Анализ закономерностей изменения осадков, температуры, суммарного испарения, гидротермического коэффициента выполнен на основе линейных трендов с очень низким коэффициентом детерминации. Насколько правомерно, по мнению автора, использование в данном случае линейных зависимостей?

10. Тестирование влагомера в работе выполнено не на монолитах, которые представляют собой образец почвы ненарушенной структуры, а на образцах с насыпной почвой.

11. Терминологически неудачными представляются некоторые формулировки и словосочетания, а именно:

-характеристики гидрометеорологического мониторинга станции г. Ершов;

-«сельская местность» применительно к тематике работы;

-методика наземного мониторинга влагозапасов почвенного монолита;

-площадной охват, площадные методы, площадные группы и т.д.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер, и не снижают достоинств работы.

Заключение

Диссертационная работа Ермолаевой Ольги Сергеевны на тему «Региональные и зональные характеристики потока актуального суммарного испарения орошаемых и неорошаемых агроценозов Марксовского района Саратовской области за 2003–2017 гг.» является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложено решение научно-методической задачи, связанной с изучением водного баланса сельскохозяйственных земель на основе данных дистанционного зондирования Земли и совершенствованием агро-гидрологического мониторинга, что имеет важное значение для развития орошения в зоне неустойчивого увлажнения в условиях климатических изменений. Диссертация написана автором самостоятельно, представленный материал содержит новые научные и методические положения.

Диссертационная работа Ермолаевой Ольги Сергеевны отвечает требованиям пп. 9-14 постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (с изм. и доп. в действующей редакции) «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 4.1.5 - Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

Зав. отделом экосистемного водопользования и предотвращения опустынивания земель ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», гл. науч. сотр., доктор технических наук (06.01.02 - Мелиорация, рекультивация и охрана земель)



Исаева София Давидовна

21.11.2025 г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»)

Адрес: 127434, г. Москва, ул. Б.Академическая, 44, корп. 2.,

Тел.: (499) 153-72-70; +7 (903) 681-98-00

Электронная почта: isaeva7sofia@yandex.ru

Подпись Исаевой С.Д. удостоверяю

Заведующая канцелярией

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»

Т.Н. Скоркина

