

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Сидоренко Нины Юрьевны
«Сравнение эффективности методов оценки испарения в задачах гидрологического моделирования на примере речных бассейнов юга Приморского края»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 - Геоэкология

Актуальность исследования

Представленное исследование посвящено одному из достаточно важных направлений современной метеорологии, гидрологии и геоэкологии по изучению водного баланса, развитию методов оценки потенциального и фактического испарения земной поверхности, и анализу из эффективности для оценки испарения различных типов поверхностей. Испарение является одним из основных компонентов водного баланса земной поверхности, играющим ключевую роль в формировании гидрологического режима рек в разных регионах мира. Точность оценки испарения оказывает прямое влияние на результаты гидрологического моделирования, прогнозирование водных ресурсов и разработку стратегий их рационального использования.

В условиях глобальных климатических изменений проблема точного определения фактического и потенциального испарения приобретает дополнительную значимость. С увеличением частоты экстремальных погодных явлений, включая засухи и аномальные осадки, возрастает необходимость точного моделирования гидрологических процессов для предотвращения их негативных последствий на природные экосистемы и условия жизни населения. Испарение, как один из наиболее изменчивых и труднопредсказуемых элементов водного баланса, требует особого внимания. Его корректная оценка позволяет лучше прогнозировать поступление воды к водохранилищам, обеспечивать водоснабжение и планировать мероприятия по адаптации к изменению климата.

Подобные исследования особенно актуальны в регионах с высоким риском повторяемости экстремально интенсивных и низких осадков, с природными экосистемами, с высокой степенью уязвимости к воздействию внешних факторов. Исследуемый в рамках диссертационного исследования юг Приморского края характеризуется муссонным климатом с выраженным сезонным ходом и сильной неравномерностью выпадения осадков, из-за сложной структуры рельефа. Все это делает задачу адекватной оценки потенциального и фактического испарения не только научно интересной, но и практически необходимой для управления водными ресурсами региона. Корректный учет испарения позволяет обосновывать

режим эксплуатации водохранилищ, прогнозировать водообеспеченность сельскохозяйственных территорий и минимизировать экологические риски.

Особую важность имеет разработка регионально-ориентированных методик выбора способов расчета потенциального испарения. В условиях недостатка гидрометеорологических наблюдений универсальные методы, основанные на использовании разнообразных априорных данных (например, методы Пенмана или Торнвайта) часто трудно применимы, или их использование сопряжено со значительными погрешностями. Поэтому исследование альтернативных методов расчета, их адаптация к региональным условиям и выработка практических рекомендаций их использования представляет значительный научный и прикладной интерес.

Таким образом, актуальность проведенного исследования обусловлена необходимостью ответа на ключевые вызовы современности: от глобальных проблем изменения климата и совершенствования гидрологического моделирования до острой региональной потребности в обеспечении водной безопасности и управлении рисками в Приморском крае. Работа имеет междисциплинарное значение для гидрологии, климатологии, экологии и природопользования.

Цели и задачи исследования

Целью представленной работы является оценка влияния различных методов расчета потенциального испарения на эффективность и результаты гидрологического моделирования динамики компонентов водного баланса и процессов формирования стока. Автор стремится показать, как выбор метода влияет на точность моделирования и достоверность прогнозов, а также сформулировать региональные рекомендации по применению тех или иных подходов.

Поставленные задачи в работе логично вытекают из основной цели и охватывают полный спектр направлений исследования. Задачи включают: сравнение результатов расчетов среднемесячных значений испарения, полученных различными методами, с данными измерений по методу Будыко, водным испарителям и полевым наблюдениям; калибровку и верификацию гидрологической модели HBV с использованием разных методов расчета потенциального испарения; сопоставление результатов моделирования динамики элементов водного баланса и параметров модели при использовании различных методов; разработку региональных рекомендаций по выбору методов расчета испарения с учетом целей моделирования, доступности и репрезентативности исходных данных; обоснование выбора метода расчета потенциального испарения

на основе геоэкологического подхода для оценки притока в водохранилища вод питьевого и хозяйственно-бытового назначения в засушливые периоды.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в научно обоснованных региональных рекомендациях по выбору методов расчета потенциального испарения для использования в гидрологических моделях. Автор приходит к выводу, что: физически обоснованные методы лучше согласуются с наблюдениями; использование упрощенного метода Пристли–Тэйлора может быть предпочтительным при недостатке данных; применение эмпирических методов связано с искажением структуры водного баланса. Таким образом, новизна выражается не только в сопоставлении методов, но и в предложении регионально-ориентированных рекомендаций, что повышает практическую значимость исследования.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертации состоит в снижении неопределенностей при моделировании гидрологических процессов и формировании научно обоснованных рекомендаций для выбора методов расчета потенциального и фактического испарения. Это имеет прямое значение для оценки водного баланса и притока воды к водохранилищам, обеспечения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения, а также для управления водными ресурсами региона. Положительным моментом является ориентация исследования на применение в практике региональных гидрометеорологических организаций.

Содержание глав диссертации

Введение задаёт общую направленность исследования, в нём обоснована актуальность выбранной темы, определены цель и задачи работы, показана её научная новизна и практическая значимость. Автор указывает объект и предмет исследования, формулирует методологическую базу и положения, выносимые на защиту. Введение чётко структурировано и служит основой для всего исследования. Глава 1 содержит обстоятельный и системный обзор литературы по проблеме испарения. Автор рассматривает эволюцию подходов к определению испаряемости и испарения – от первых эмпирических уравнений до современных физико-математических моделей. В разделе подробно анализируются как российский опыт исследования процесса испарения, так и зарубежные исследования. Особое внимание уделено сопоставлению достоинств и недостатков различных методов, их применимости в условиях дефицита наблюдений. Достоинство главы заключается в широком охвате литературных источников (ссылки на 239 публикаций).

Глава 2 посвящена общей характеристике района исследований. Рассмотрены физико-географические особенности юга Приморского края: климатические условия муссонного типа климата с высокой мозаичностью выпадения осадков, особенности рельефа и гидрографической сети. Подробно описаны 18 водосборов, используемых для моделирования, приведены их морфометрические характеристики, карты-схемы и таблицы. Достоинством раздела является подробное описание природных условий, которое позволяет убедиться в репрезентативности выбранных объектов.

Глава 3 раскрывает методическую базу исследования. В ней представлены четыре метода расчета потенциального испарения: Пенмана–Монтиса (процесс-ориентированный), Пристли–Тэйлора (полуэмпирический), Одина и Харгривза (эмпирические). Автор тщательно анализирует входные данные, необходимые для каждого метода, и обосновывает выбор именно этих подходов. Важным элементом главы является описание гидрологической модели HBV, её структуры и алгоритмов калибровки. Достоинство раздела – сочетание методической строгости и прикладной направленности.

Глава 4 содержит результаты применения различных методов расчета испарения в составе модели HBV. Подробно рассмотрено влияние выбора метода на параметры модели и воспроизведение водного баланса. Автор анализирует результаты моделирования среднемесячного стока, сравнивает их с наблюдениями и делает выводы о степени точности. В разделе показано, что метод Пристли–Тэйлора обеспечивает сопоставимые с физически обоснованными методами результаты при минимальных требованиях к данным. Приведено геоэкологическое обоснование выбора метода для оценки притока к водохранилищам воды питьевого назначения. Глава включает значительное количество иллюстраций (графики, диаграммы, таблицы), которые повышают наглядность и убедительность выводов.

Заключение подводит итоги выполненного исследования. В нём обобщены результаты решения поставленных задач, подтверждена правильность выдвинутых гипотез и сформулированы основные выводы. Автор делает акцент на научной новизне и практической значимости работы, показывает, как полученные результаты могут быть использованы в региональной практике и в дальнейшем развитии гидрологических исследований. Заключение демонстрирует внутреннюю логическую завершенность работы и отражает её вклад в развитие геоэкологии и гидрологии.

Таким образом, все части диссертации — от введения до заключения — логически связаны, что формирует целостную и последовательную структуру исследования в соответствии с поставленными целями и задачами.

Общая характеристика работы

Анализируя работу в целом, можно отметить, что в диссертации решена важная научная проблема выбора и сравнительного анализа методов расчета потенциального испарения в условиях дефицита данных для их последующей интеграции в региональные гидрологические модели. Выполненная работа обладает внутренним единством и содержит многочисленные новые научные результаты, полученные с использованием современных методов статистического анализа и моделирования.

Диссертация написана ясным научным языком, хорошо структурирована и иллюстрирована 32 рисунками и 7 таблицами, которые логично дополняют текст и наглядно раскрывают основные результаты. Содержание работы полностью соответствует поставленным задачам, логично раскрывает динамику исследования, а выводы гармонично обобщают результаты, вынесенные на защиту. Все полученные результаты являются оригинальными и принадлежат автору. Они обладают как научной новизной, так и практической значимостью в контексте решения фундаментальной проблемы гидрологического моделирования компонентов водного баланса.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

Достоверность результатов обеспечена использованием репрезентативных данных гидрометеорологических наблюдений Росгидромета, проверкой расчетов по данным воднобалансовых станций, а также апробацией методов на 18 водосборах, что подтверждает их корректность. Дополнительным аргументом достоверности является применение в работе признанной международным научным сообществом модели HBV, калиброванной и верифицированной в исследуемом регионе.

Результаты моделирования сопоставлены с фактическими наблюдениями и оценками по методу Будыко, что позволяет говорить о высокой степени надежности выводов. Материалы исследования апробированы на научных конференциях различного уровня, что также подтверждает их научную состоятельность. Таким образом, степень обоснованности и достоверности результатов исследования представляется достаточной для признания их научной и практической ценности.

Замечания

1. Для расчета потенциального испарения Х.Л. Пенман в 1948 году предложил оригинальный модельный подход (уравнение носит его имя), который

послужил началом бурного развития методов для расчета потенциального и фактического испарения. Проверая предложенную Пенманом теорию, и оценивая вклад равновесного испарения в суммарный поток, Пристли и Тейлор по измерениям испарения над океаном пришли к более упрощенной расчетной формуле, получившей в дальнейшем их имя. Джон Монтис спустя несколько десятилетий ввел в уравнение Пенмана дополнительный параметр, определяющий «поверхностное» устьичное сопротивление (проводимость) растительных элементов (вся растительность при этом представлялась в виде одного большого листа «big-leaf»). Цель нововведений – получить оценки фактического испарения или эвапотранспирации (для учета физиологических механизмов, регулирующих процесс транспирации). С началом прямых измерений испарения для растительных сообществ широко распространенная в те годы гипотеза о равенстве испарения с водной и увлажненной/мокрой (торф, растительность) поверхности и растительного покрова при оптимальной влагообеспеченности раз за разом показывала свою несостоятельность. Введенное Торнвайтом выражение для потенциальной эвапотранспирации, включающей и транспирацию, и физическое испарение, оказалось удачным терминологическим компромиссом. Принятый ФАО алгоритм на основе уравнения Пенмана-Монтиса для потенциальной эвапотранспирации эталонной культуры (травяного покрова с заданными свойствами) стал определенным продолжением данной истории. По сути, при использовании данного алгоритма мы получаем некоторую условную величину потенциальной эвапотранспирации, которая могла бы наблюдаться для растительного покрова с заданными морфологическими и биофизическими свойствами. Этот подход и использовался автором в своих исследованиях. В целом, это хорошая аппроксимация потенциальной эвапотранспирации, с учетом заложенных Пенманом и Монтисом упрощений при выводе формул. Конечно, при этом хорошо понятно, что влажная поверхность (после дождя) отличается более высокими скоростями испарения (устьичная регуляция через транспирацию сильно лимитирует результирующий поток влаги). И испарение лесной растительности будет тоже совсем другим. Так что хочется пожелать автору, в будущем не забывать историю создания известных формул и алгоритмов, и тогда причины некоторых выявленных различий в расчетах будут хорошо понятны.

2. Защищаемые положения сформулированы не очень удачно. В целом они постулируют достаточно хорошо прогнозируемые закономерности. Их справедливость в исследовании показана исключительно для исследуемой территории и с использованием небольшого числа точечных измерений на однотипных поверхностях (травяной покров). Для других регионов с другой структурой растительности и климатом, результаты могут быть другими. Это прежде всего относится к эмпирическим моделям. Стоило бы, наверное, сделать акцент на применимости подходов для экосистем Приморского края.
3. Литературная база диссертации значительна (239 источников), однако существенная часть представлена работами 1960–2000-х годов; новейшие зарубежные исследования (после 2020 г.) представлены в ограниченном объеме.
4. Вопрос по расчету радиационного баланса для поверхности со сложной топографией. Топография местности влияет на количество приходящей солнечной радиации и на радиационный баланс. Учитывались ли различия прихода солнечной радиации на склоны северной и южной экспозиции? Учитывалась ли изменчивость альбедо и как определялся длинноволновый радиационный баланс? Про него в работе почти ничего не сказано.
5. Автор использует в качестве источника данных для расчета испарения метеорологические ежемесячники, гидрологические ежегодники и Материалы наблюдений Приморской воднобалансовой станции. А почему не использовались для сравнения данные реанализа? Например ERA5?
6. Использование лизиметров для оценки фактического испарения является традиционным методом измерений фактического испарения на теплобалансовых станциях на протяжении многих десятилетий. Однако, на протяжении последних трех десятилетий в практику прямых измерений испарения по всему миру широко вошли камерные и пульсационные (eddy covariance) методы наблюдений. Их отсутствие на исследуемых участках хорошо объяснимо. Однако в ходе изложения и постановки задачи о существовании этих методов упомянуть было бы правильным.
7. Растительный покров в пределах исследуемой территории отличается значительной неоднородностью, с чередованием местообитаний с травяной и лесной растительностью. Уравнение Пенмана – Монтеиса (Penman - Monteith) используется автором в варианте потенциального испарения эталонной культуры (травы) (ФАО). А как же оценивалось потенциальное испарение (испаряемость) лесных участков? Лес — это уже не эталонная

культура и требует введения поправочных коэффициентов или использования других алгоритмов расчета.

8. Комментарии к уравнению 3.11. Надо признать, что данная аппроксимация достаточно упрощенная и редко применяется на практике. Обычно в данную зависимость для поверхностного устьичного сопротивления закладывается экспоненциальное ослабление солнечной радиации в растительном покрове и соответствующее снижение устьичной проводимости листьев внутри растительного полога. Уравнение Пенмана – Монтиша (Penman - Monteith) рассматривает растительный покров в виде тонкого слоя фитомассы "big leaf" и поэтому строить некоторые зависимости между устьичной проводимостью отдельного листа и всего полога следует очень осторожно. Поверхностное устьичное сопротивление — это не аналог объемного устьичного сопротивления растительного полога, полученного последовательным интегрированием по высоте.
9. Практическая значимость исследования изложена автором достаточно убедительно, но сведения о внедрении результатов в реальную практику могли бы быть более развёрнутыми. Например, можно было показать потенциал использования результатов исследования в виде рекомендаций к применению в хозяйственной или управленческой практике.
10. Использовать для характеристики радиационного режима устаревших единиц измерений (ккал) является не совсем корректным. Желательно использование единиц системы СИ (Вт/м^2 или Дж/м^2 за период).
11. Стиль изложения местами перегружен длинными предложениями, что осложняет восприятие. В работе встречаются стилистические погрешности и спорные трактовки некоторых биофизических процессов (например, на стр. 14, «Аэродинамическое сопротивление представляет собой сопротивление растительности при росте вверх и связано с трением воздуха, протекающего над растительным покровом», на стр. 73 вместо «космического излучения» правильно говорить о солнечной радиации на верхней границе атмосферы, и др.).

Высказанные в отзыве комментарии и заданные вопросы несколько не снижают теоретической и практической ценности выполненного исследования, не нарушают достоверности полученных выводов, а также не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа «Сравнение эффективности методов оценки испарения в задачах гидрологического моделирования на примере речных

бассейнов юга Приморского края» является законченным оригинальным научным исследованием, которое вносит существенный вклад в изучение водного баланса регионов Дальнего Востока.

Диссертационная работа Сидоренко Нины Юрьевны «Сравнение эффективности методов оценки испарения в задачах гидрологического моделирования на примере речных бассейнов юга Приморского края» является цельным комплексным научным трудом и отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата географических наук. Сформулированные научные положения обоснованы и имеют как теоретическое, так и практическое значение. По существу содержания и оформлению она соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Сидоренко Нина Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология.

20.08.2025



Ольчев А.В.

Ольчев Александр Валентинович - доктор биологических наук, (03.02.08 – Экология (биологические науки), профессор кафедры метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
e-mail: aoltche@yandex.ru, тел.: +7-926-2461342

Подпись Ольчева А.В. заверяю

Декан географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
академик РАН



Добролюбов С.А.

