

## **Отзыв официального оппонента**

Васенева Иван Ивановича на диссертационную работу

Дорохотова Алексея Вячеславовича «Пространственное распределение составляющих энергетического баланса растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли и стандартных метеорологических измерений», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности

06.01.03 – Агрофизика

### ***1. Актуальность темы диссертационного исследования.***

На фоне ускоряющихся в XXI столетии глобальных изменений климата и биоты возрастает актуальность системного анализа пространственно-временной изменчивости основных диагностических параметров климатической составляющей функционирования и развития базовых компонентов наземных экосистем и, прежде всего, растительного покрова.

Приход фотосинтетически активной радиации, процессы отражения, поступления длинноволновой энергии, нагревания поверхности и расходы энергии на эвапотранспирацию, в значительной мере, определяют агроклиматический потенциал продукционного процесса и относятся к традиционным параметрам агроэкологического мониторинга.

Точность и воспроизводимость их массового определения, во многом, определяют качество агроэкологических моделей продукционного процесса, миграции и трансформации веществ, энергопереноса, оценки качества земель и эффективности землепользования.

Развитие современных инструментально-информационных методов массового определения, системного анализа и прикладной агроэкологической интерпретации пространственно координированных данных дистанционного зондирования Земли и стандартных метеорологических измерений помогает поэтапно развивать надежную информационно-методическую основу регионально адаптируемых систем поддержки принятия решений по агроэкологической оптимизации и оперативной корректировки наилучших

доступных агротехнологий и относится к фронтальным задачам современной агрофизики и агроэкологии.

Таким образом, актуальность рассматриваемой темы обусловлена: усилением глобальных экологических и технологических вызовов; растущим влиянием уровня инновационно-технологического развития агроэкологического мониторинга составляющих энергетического баланса растительного покрова на эффективность и оперативность использования разрабатываемых по его результатам рекомендаций по агроэкологической оптимизации адаптивных систем земледелия и агротехнологий, быстро растущим спросом на них со стороны инновационно ориентированных сельхозтоваропроизводителей.

Диссертационное исследование А.В. Доброхотова, посвященное системному анализу регионально-типологических закономерностей пространственного распределения основных составляющих энергетического баланса растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли и стандартных метеорологических измерений, с развитием соответствующего информационно-методического аппарата, на наш взгляд, способно внести значительный научно-теоретический, методический и практический вклад в решение выше обозначенных проблем.

## ***2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.***

Автор диссертации поставил своей целью развитие теоретико-методологических основ и методического инструментария автоматизированного расчёта пространственного распределения эвапотранспирации, радиационного баланса, турбулентного потока тепла, потока тепла в почву в течение вегетации растений с применением данных ДЗЗ, стандартно применяемых наземных метеорологических измерений и создаваемых на их основе обучающих выборок.

Данная цель соответствует задачам информационно-методического обеспечения агроэкологической оптимизации систем земледелия и устойчивого инновационного развития сельского хозяйства в современных условиях растущих глобальных вызовов продовольственной и экологической безопасности.

Задачи диссертации вытекают из поставленной цели, имеют достаточно четкие и индикативные формулировки. Их последовательное решение обеспечено использованием адекватных методов получения и обработки первичных аналитических данных. Полученные научные результаты грамотно проинтерпретированы. Выводы хорошо аргументированы и отвечают поставленным задачам.

Теоретико-методологическая база диссертационного исследования представлена актуальными научными положениями инновационного развития современного информационно-методического обеспечения агроэкологического мониторинга, с творческим использованием общепризнанных достижений ведущих ученых Агрофизического научно-исследовательского института.

Нельзя не отметить довольно удачно в целом выстроенную структуру диссертационной работы, в которой последовательно, логично и иерархически структурировано представлены:

- современные положения теории водного баланса и теории энергетического баланса растительного покрова, с оценкой влияния их нарушений на водный стресс растений (Глава 1);
- традиционные и инновационные методические подходы к расчету пространственного распределения эвапотранспирации и индекса водного стресса растений (Глава 2);
- основные источники данных дистанционного зондирования и метеорологических наблюдений для проведения валидации методики автоматизированного расчета эвапотранспирации (Глава 3);

- систематизированные результаты проведенных автором расчетов суммарной радиации, составляющих радиационного баланса растительности и эвапотранспирации с валидацией автоматизированного расчета эвапотранспирации (Глава 4);
- варианты практического применения методики автоматизированного расчёта эвапотранспирации с апробацией модели роста и развития растений AquaCrop, исследованием взаимосвязи транспирации и ассимиляции CO<sub>2</sub> в посевах C3 и C4 культур, апробацией методики разделения эвапотранспирации на транспирацию и физическое испарение с поверхности почвы, модельной оценкой пространственного распределения устьичной проводимости растений(Глава 5);
- базовые компоненты программы для автоматизированного расчета эвапотранспирации, включая описание библиотек, используемые для реализации программы, геоинформационной системы GRASS GIS и основных пакетов программы автоматизированного расчета эвапотранспирации (Глава 6).

Итогом диссертационного исследования стала разработанная и неоднократно верифицированная автором с привлечением обширного экспериментального материала методика автоматизированного расчёта эвапотранспирации.

Таким образом, в достаточной степени адаптированный к решению рассматриваемых задач информационно-методический аппарат диссертации, корректное использование предыдущих достижений и результатов исследований ведущих научных школ, комплексное применение согласованных между собой современных и традиционных методов исследования, неоднократная апробация разработанной автором программы автоматизированного расчёта эвапотранспирации подтверждают обоснованность представленных в работе научных положений, выводов и рекомендаций.

### ***3. Достоверность и новизна полученных выводов и предложений.***

Достоверность результатов диссертационного исследования определяется:

- системным анализом представительного массива научных публикаций (библиография используемых в работе основных источников опубликованных материалов включает 138, преимущественно англоязычных, наименований);
- конструктивно-критическим рассмотрением основных методов получения, обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли и стандартных метеорологических измерений;
- статистической обработкой массовых первичных данных с оценкой закономерностей пространственного распределения основных составляющих энергетического баланса растительного покрова в условиях регионально представительных объектов исследования.

Автор использовал неоднократно апробированную модель энерго-массообмена в системе "почва – растение – приземный слой воздуха", стандартные статистические методы оценки эффективности моделирования, общепринятые показатели метеорологических и фенологических наблюдений, соответствующие масштабу и целям исследования данные дистанционного зондирования для формирования исходной матрицы пространственно координированной информации.

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами других независимых исследований по данной тематике, выполненными в других регионах России и мира.

При этом они обладают значительной предметно-региональной новизной, отражая регионально-типологические закономерности пространственной изменчивости основных составляющих энергетического баланса растительно-го покрова и их статистически устанавливаемых зависимостей от отражающей

способности поверхности, анализируемой по данным дистанционного зондирования Земли с корректировкой по данным стандартных метеорологических измерений.

#### **4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта.**

Диссертационное исследование содержит целый ряд локализованных регрессионных моделей, отражающих функционально-экологические зависимости биометрических показателей растительности от интегральных климатических показателей и данных дистанционного зондирования, которые обладают определенной научной новизной и имеют значительную методическую и практическую значимость – для проведения последующих мониторинговых наблюдений, прогнозирования и дистанционного контроля проблемных экологических и агроэкологических ситуаций.

На примере широкого ряда объектов автор продемонстрировал приемы эффективного агроэкологического анализа разноплановой мониторинговой информации, включая:

- калибровку энергетического баланса по эталонной эвапотранспирации люцерны – для устранения неопределенностей, связанных с атмосферной коррекцией и ошибками вычисления разных составляющих радиационного баланса;
- переход от скрытого потока тепла к эвапотранспирации – через рассчитываемое по температуре поверхности значение скрытой теплоты парообразования;
- расчет суточной эвапотранспирации – через значения части энергии, затрачиваемой на испарение, которая рассчитывается по отношению мгновенной эвапотранспирации к эталонной эвапотранспирации люцерны;
- расчет сезонной эвапотранспирации – как суммы суточных значений эвапотранспирации, определяемой методом сплайн-интерполяции между пролетами спутника;

- использование доступных актинометрических данных для валидации расчета суммарной радиации в зависимости от типов и количества облачности;
- использование доступных данных сети потоковых наблюдений FLUXNET для валидации расчёта сезонной эвапотранспирации на сельскохозяйственном поле.

### ***5. Дискуссионные вопросы и замечания***

При общей положительной оценке диссертационной работы А.В. Доброхотова, к ней имеется немало дискуссионных вопросов и замечаний:

1. Предлагая и апробируя свою методику автоматизированного расчета основных составляющих энергетического баланса в масштабе сельскохозяйственного поля за весь вегетационный период на основе данных дистанционного зондирования (в видимом, ближнем инфракрасном, дальнем инфракрасном диапазонах спектра), цифровой модели рельефа, наземных измерений станций стандартной метеорологической сети, автор, на наш взгляд, недостаточно внимания уделяет сравнительному анализу ее преимуществ и недостатков относительно других существующих методик – при сопоставлении результатов их апробации на одних и тех же объектах.

2. Вызывает сомнение обоснованность смелого утверждения автора, что в его работе «*Впервые проведена адаптация модели энерго-массообмена на сельскохозяйственном поле, основанной на данных ДЗЗ, к измерениям, которые проводятся на станциях стандартной гидрометеосети на территории Российской Федерации, в частности – к визуальным наблюдениям форм и количества облачности*». Первая часть этой фразы относится к вполне стандартному методическому подходу, вторая – нуждается в конкретизации.

3. Аналогичные сомнения вызывает и обоснованность следующей фразы в описании научной новизны работы: «...впервые были построены тематические карты пространственного распределения устьичной проводи-

мости растений» – без конкретизации предметно-региональной адресности сделанного утверждения.

4. Следующие положения научной новизны: «На основе фенологических наблюдений, бесконтактных измерений радиометрической температуры растительного покрова, рассчитанных значений эвапотранспирации апробирована модель накопления сухой биомассы рапса на территории Гатчинского района Ленинградской области» и «Модель верифицирована на сельскохозяйственном поле кукурузы, расположенном на территории Всеволожского района Ленинградской области» – уже характеризуются конкретной предметно-региональной адресностью, но по своему содержанию ближе к разделу описания практической значимости результатов проведенного исследования, при дополнении ее данными по точности работы модели и оценкой типичности почв земельного участка и погодных условий сезона апробации.

5. Описательный характер выполненной работы, а не полученного нового научного результата имеет и заключительное положение научной новизны: «На основе экспериментальных наблюдений и измерений радиометрической температуры посевов сельскохозяйственных культур на опытных площадках, находящихся на территории Агрофизического института, исследована взаимосвязь между транспирацией и ассимиляцией CO<sub>2</sub> в посевах C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub> культур».

6. Дискуссионным выглядит и заключительное положение раздела с описанием практической значимости работы: «Разработана прикладная информационная технология управления водным режимом посевов в масштабе сельскохозяйственного поля для рационального использования ограниченных водных ресурсов». Подобные утверждения обычно применяются для описания одного из двух вариантов разработки: автоматизированный системы регулирования режимами полива или системы поддержки принятия решений по регулированию режимов полива. Не одна из них в работе в законченном виде и с результатами ее апробации, как разработки автора с описанием рекомендуемых пределов эффективной работы технологии, не представлена, поэтому

это утверждение «повисает в воздухе» несмотря на отражение отдельных элементов описанной технологии в публикациях автора.

Отмеченные замечания носят не принципиальный, а преимущественно редакционный характер, не повлияли на общую положительную оценку работы.

##### ***5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.***

Диссертационное исследование А.В. Дорохотова является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные и статистически доказанные регионально-типологические закономерности пространственного распределения основных составляющих энергетического баланса растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли и стандартных метеорологических измерений, с развитием соответствующего информационно-методического аппарата, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие агрофизических методов исследования с выраженной прикладной направленностью.

По теме диссертации опубликована 41 научная работа, в т.ч. 11 из них опубликованы в изданиях, определенных ВАК РФ, из них 2 – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus. Автореферат диссертации и опубликованные статьи отражают основные положения исследования.

Диссертационная работа отвечает следующим пунктам паспорта специальности 06.01.03 – Агрофизика:

п. 24 «Анализ, моделирование и научно обоснованный прогноз переноса вещества и энергии в системе "почва (почвенный покров) – растение (растительный покров)"»;

п. 27 «Разработка теории, методов исследования, экспериментального оборудования, практических приемов по основам биофизических методов оптимизации агроэкологических условий. Физические основы микробиологических процессов в почвах, растениях и их роль в процессах создания устойчивых агроэкосистем и рационального использования природных ресурсов, защиты природной среды».

Диссертационная работа А.В. Дорохотова «Пространственное распределение составляющих энергетического баланса растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли и стандартных метеорологических измерений», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук, соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор, Дорохотов Алексей Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.03 – Агрофизика.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой экологии,  
ФБГОУ ВО «Российский  
государственный аграрный университет  
– МСХА имени К.А. Тимирязева»  
доктор биологических наук, профессор

И.И. Васенев

23 мая 2022 г.

Сведения об оппоненте:

Иван Иванович Васенев  
ФБГОУ ВО «Российский  
государственный аграрный университет  
– МСХА имени К.А. Тимирязева»  
заведующий кафедрой экологии  
доктор биологических наук, профессор  
127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49,  
Тел.: +7 921 21 21 21  
e-mail: [vasev@physt.msu.ru](mailto:vasev@physt.msu.ru)

ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ

ПРОРЕКТОР

по ходовой полиграфии  
и извещению



И. О. СТЕПАНЕЛЬ