

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук Рязановой Анны Александровны на тему:
«Чувствительность оценок теплового баланса почвогрунтов к
гидрофизическим коэффициентам в модели деятельного слоя суши»
по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Вопрос о «переходе от точки к площади» всегда был и сейчас остается одним из важнейших вопросов математического моделирования гидрофизических процессов. Те значения параметров детерминированных моделей, которые измерены в точке, не подходят для площадных оценок. Паллиативным решением проблемы является калибровка модели по данным натурных наблюдений за какими-либо интегральными процессами, при которой физический параметр сохраняет свое название, но в расчетах используются значения, существенно отличающиеся от измерений в точке. При этом, по-видимому, точного решения указанной проблемы пока не предвидится. Тем не менее очевидно, что движение в указанном направлении должно быть. Исследование Рязановой А. А. является существенным шагом к достижению прогресса в решении задач моделирования тепловлагопереноса в почвах деятельного слоя крупных участков суши, что и определяет актуальность диссертации.

Выполненная Рязановой А.А. работа посвящена изучению чувствительности оценок теплового баланса почвогрунтов к заданию гидрофизических коэффициентов в модели деятельного слоя суши. Исследование проводилось с использованием модели деятельного слоя суши TerM (ИВМ РАН-МГУ). Решались следующие задачи:

- Создание программного обеспечения для подготовки входных данных о параметрах поверхности суши для модели деятельного слоя суши TerM для любого пространственного разрешения с использованием различных методов агрегирования;

- Оценка репрезентативности источников получения гидрофизических коэффициентов почвы для модели TerM, включающих натурные наблюдения, педотрансферные функции и глобальные наборы данных;
- Оценка качества воспроизведения тепломассопереноса в почве и на ее поверхности моделью TerM для различных гидрофизических параметров почвы с привлечением данных натурных наблюдений;
- Анализ чувствительности оценок тепловлагодпереноса в модели TerM к заданию горизонтального разрешения модели и полей гидрофизических коэффициентов почвы при использовании различных методов агрегирования на тестовой территории.

Работа состоит из введения, трех глав и заключения, а также списка цитируемых литературных источников. В **первой главе** проводится исследование педотрансферных функций на их применимость в моделях деятельного слоя суши, проводится сравнение гидрофизических коэффициентов, полученных с помощью различных педотрансферных функций, с гидрофизическими коэффициентами из глобального набора высокого разрешения. Во **второй главе** приводится описание процесса разработки программного обеспечения для подготовки полей параметров поверхности суши, в том числе и гидрофизических коэффициентов, на сетку модели деятельного слоя суши TerM. В **третьей главе** представлены результаты серии численных экспериментов, иллюстрирующие чувствительность модели деятельного слоя суши TerM к способу задания и пространственного разрешения гидрофизических коэффициентов. Приведен подробный анализ результатов этих экспериментов и сделаны соответствующие выводы.

В настоящее время в моделях деятельного слоя суши для задания гидрофизических коэффициентов обычно используются постоянные предписанные значения для каждого из 11 типов почвы по треугольнику Ферре. При этом реальное распределение значений гидрофизических коэффициентов может сильно варьироваться даже внутри одного типа почвы.

Как правило источником информации о гидрофизических коэффициентах выступают педотрансферные функции, построенные на основе эмпирических зависимостей. Среди существующего многообразия педотрансферных функций достаточно сложно выделить одну или несколько, оптимальных для использования в качестве инструмента описания глобальных полей гидрофизических коэффициентов. Соискатель предлагает использовать глобальные наборы гидрофизических коэффициентов высокого пространственного разрешения, что может служить оптимальным решением для моделей деятельного слоя суши. Также в работе приводится описание разработанного модульного программного обеспечения для подготовки данных высокого разрешения на сетки модели. Такого программного обеспечения для отечественной модели TerM и модели земной системы INMCM ранее не существовало. Разработанный пакет программ находится в открытом доступе. С помощью этого программного обеспечения был рассчитан набор параметров поверхности суши, используемых в модели TerM (табл. 7), с различным пространственным разрешением, что говорит о широком диапазоне возможного применения.

Автором показано, что поля характеристик, воспроизводимые моделью деятельного слоя суши с низким и высоким горизонтальным разрешением, различны между собой. Степень различия зависит от пространственного разброса значений гидрофизических коэффициентов в расчетной области. Для тестовой территории также показано, что для тридцатилетнего интервала времени разность значений рассчитанной температуры верхнего слоя почвы в среднем составляет $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для отдельных участков может достигать $3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Впервые проведено сравнение результатов моделирования температуры и влажности почвы, потоков явного и скрытого тепла при различных способах задания гидрофизических коэффициентов почвы для модели TerM. Показано, что использование наборов данных о параметрах поверхности суши с высоким горизонтальным разрешением и увеличение горизонтального разрешения в самой модели повышают точность воспроизведения переменных,

описывающих тепломассоперенос в почве и на ее поверхности. Для южной части Западной и Восточной Сибири разница за 30 лет для температуры верхнего слоя почвы между экспериментом с самым низким разрешением ($5^\circ \times 4^\circ$) и экспериментом с высоким разрешением увеличивается по мере уменьшения разрешения (разница между $5^\circ \times 4^\circ$ и $1^\circ \times 1^\circ$ – 1.3°C , разница между $5^\circ \times 4^\circ$ и $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ – 1.4°C , разница между $5^\circ \times 4^\circ$ и $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ – 1.45°C).

Разработанное программное обеспечение позволяет выполнять подготовку входных данных о параметрах поверхности суши для любого пространственного разрешения для модели деятельного слоя суши TerM. Использование этого программного обеспечения позволяет облегчить процесс, связанный с агрегированием гидрофизических коэффициентов и выбором метода агрегирования, а также позволяет быстро использовать в расчетах различные наборы данных для модели деятельного слоя суши TerM.

Полученные соискателем результаты работы являются **оригинальными**, обладают высокой степенью **научной новизны**. **Практическая значимость** исследования связана с совершенствованием блока деятельного слоя суши модели Земной системы INMCM являющегося частью модели оперативного прогноза погоды ПЛАВ Гидрометцентра Российской Федерации.

Положения, выносимые на защиту **достаточно обоснованы**. Не вызывает сомнений большой личный вклад соискателя в диссертационное исследование. Все численные эксперименты с моделью TerM и их анализ Рязанова А.А. проводила лично, также лично разработала программное обеспечение для подготовки входных данных о параметрах поверхности для модели TerM.

Необходимо отметить некоторые **замечания и пожелания** по работе:

- Формулировки цели работы и поставленных задач в тексте диссертации возникают только на стр.16;
- Фраза *«Правильность воспроизведения тепломассопереноса в почве при сравнении с данными измерений значительно зависит от правильности*

описания гидрофизических коэффициентов в моделях ДСС» вызывает непонимание. Автор берет на себя право судить, что правильно, а что нет без расшифровки понятия правильности применительно к данной задаче. Если данные измерений параметров в точке можно принять в качестве условно «правильных», то последующие построения могут быть удачными или неудачными шагами на пути решения, возможно, неразрешимой проблемы «перехода от точки к площади»;

- Недостаточно подробно описан переход от экспериментов с локально-одномерной версией модели к региональной. Отсутствует информация о результатах проверки на качество и достоверность предлагаемой к использованию глобальной базы гидрофизических коэффициентов;
- Отсутствует анализ правильности воспроизведения профиля влажности. Было бы уместно привести прямое сравнение моделируемого профиля влажности почвы с данными измерений или с другими данными наблюдений;
- Отсутствуют обоснование выбора методов агрегирования для гидрофизических коэффициентов и рекомендации к их использованию для разных гидрофизических коэффициентов. Возможно ли использование других методов агрегирования?
- Восприятие текста диссертации затруднено большим количеством сокращений (ГФК, МЗС, ПТФ и др.).

Сделанные замечания не умаляют высокой научной значимости диссертационного исследования. Диссертация Рязановой А.А. отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.16. – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также

оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель, Рязанова Анна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник, руководитель лаборатории математических методов моделирования ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр» (СПб ФИЦ РАН)

КОНДРАТЬЕВ Сергей Алексеевич

подпись

23.05.2025

Контактные данные:

тел.: +7 812 3870276, e-mail: 37184.1@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

11.00.11 - Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

Адрес места работы:

199178, Россия, г. Санкт-Петербург, 14 линия В.О., д.39, литер А
ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
РАН», лаборатория математических методов моделирования
Тел.: +7 812 3870276, официальный e-mail: Kondratyev.S@spcras.ru

Подпись сотрудника СПб ФИЦ РАН С.А Кондратьева удостоверяю:

руководитель/кадровый работник

23.05.2025

Подпись
Начальник
«23» мая 2025 г.

