

## **ОТЗЫВ официального оппонента**

**на диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук Толстыгина Кирилла Дмитриевича на тему: «Структура порового пространство и её связь с гидрофизическими свойствами почв разного генезиса» по специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика**

Диссертационная работа Толстыгина Кирилла Дмитриевича посвящена исследованию динамики структуры порового пространства суглинистых почв при увлажнении–иссушении и оценке взаимосвязи структуры порового пространства с гидрофизическими свойствами почв с применением современных методов анализа пористых сред.

**Актуальность исследований.** Работа является весьма актуальной, поскольку структура порового пространства почвы представляет собой одно из ключевых функциональных свойств, определяющих движение влаги и растворённых веществ, газообмен, а также формирование почвенного плодородия. Несмотря на значительное внимание к агрегатному составу почв, поровое пространство как самостоятельный объект исследования до сих пор изучено недостаточно, особенно в аспекте его динамических изменений при циклах увлажнения–иссушения. В современных условиях развития физики почв и необходимости более точного моделирования гидрофизических свойств применение методов морфологического и топологического анализа является особенно востребованным.

**Работа обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью:** впервые предложено и реализовано совместное применение корреляционных функций и поросетевых моделей для анализа динамики структуры порового пространства почв и моделирования их гидрофизических свойств. Показана возможность использования данных методов для количественной оценки изменений порового пространства при увлажнении–иссушении, а также для моделирования коэффициента фильтрации, основной гидрофизической характеристики и влагопроводности. Установлены закономерности изменения структуры порового пространства в зависимости от гранулометрического состава и содержания углерода. Полученные результаты могут быть использованы для более точного моделирования движения влаги и растворённых веществ в почвах, а также при решении прикладных задач, связанных с оценкой гидрологического состояния и миграции загрязняющих веществ.

**Методология диссертационного исследования.** В работе использованы классические и современные методы физики почв, включая полевые и лабораторные исследования, рентгеновскую компьютерную

томографию, методы математического и компьютерного моделирования. Для анализа структуры порового пространства применены корреляционные функции и поросетевые модели, извлечённые с использованием современного математического аппарата. Обработка данных выполнена с применением современных статистических методов. Личный вклад автора заключается в постановке задач исследования, проведении экспериментальных и вычислительных работ, анализе и интерпретации полученных результатов, а также подготовке научных публикаций и апробации результатов на конференциях.

**Степень достоверности.** Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современного оборудования и апробированных методов исследования пористых сред, сопоставлением результатов моделирования с экспериментальными данными, а также применением общепринятых методов статистической обработки данных. Полученные выводы являются обоснованными и подтверждаются результатами исследований.

Автореферат оформлен в соответствии с установленными требованиями: включает основные разделы, в том числе «Введение», «Современное состояние проблемы», «Объекты и методы исследования», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Выводы» и «Список литературы»; работа изложена на 111 страницах, содержит 37 рисунков и 2 таблицы; список литературы включает 142 источника, значительная часть которых представлена иностранными публикациями. По теме опубликовано 3 статьи в рецензируемых изданиях, индексируемых WoS/Scopus/RSCI; результаты широко апробированы на всероссийских и международных конференциях.

Основное содержание работы включает введение, в котором обоснована актуальность темы, сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

Далее представлен обзор литературы (современное состояние проблемы), разделенный на две части. В первой рассмотрены исторические и современные представления о структуре порового пространства почв, её роли в формировании гидрофизических свойств, а также существующие подходы к моделированию пористых сред. Особое внимание уделено ограничениям как традиционных, так и современных методов описания структуры и обоснованию необходимости применения современных морфологических и топологических методов анализа, таких как рентгеновская компьютерная томография, корреляционные функции и поросетевые модели. Во второй части обзора литературы дается подробный анализ актуальных методов моделирования гидрофизических свойств почв, фундаментальное

обоснование, лежащее в основе этих методов, а также актуальные проблемы и вызовы, лежащие перед исследователями гидрофизических свойств почв.

В главе, посвящённой объектам и методам исследования, дана характеристика изучаемых почв — дерново-подзолистых почв Московской области и чернозёмов Курской области, описаны условия проведения экспериментов, а также используемые методы. Приведены сведения о применении рентгеновской компьютерной томографии, методах вычисления корреляционных функций и построения поросетевых моделей, а также о статистической обработке данных.

Раздел «Результаты и обсуждение» включает анализ структуры порового пространства почв и её динамики в ходе увлажнения–иссушения. Рассмотрены морфологические и топологические характеристики порового пространства, выявлены закономерности их изменения в зависимости от гранулометрического состава и содержания органического углерода. Показано, что структура порового пространства демонстрирует частично обратимое поведение при циклах увлажнения–иссушения, причём степень обратимости определяется текстурными особенностями почв и содержанием углерода.

Далее приведены результаты моделирования гидрофизических свойств почв с использованием поросетевых моделей. Выполнено сравнение расчётных значений коэффициента фильтрации, основной гидрофизической характеристики и функции влагопроводности с экспериментальными данными. Показано, что использование поросетевых моделей позволяет получать корректные оценки гидрофизических параметров, особенно в насыщенной и капиллярной областях, а также уточнять влияние граничных условий.

В заключении и выводах обобщены полученные результаты, подтверждающие достижение поставленной цели и решение задач исследования.

Полученные Толстыгиным Кириллом Дмитриевичем данные являются оригинальными и достоверными, защищаемые положения и выводы обоснованы и соответствуют задачам работы. Диссертация представляет собой целостную и законченную научно-квалификационную работу, основные положения которой прошли необходимую апробацию.

Вместе с тем, к рассматриваемой диссертации имеется ряд комментариев, не снижающих общего положительного впечатления о ней, а только подтверждающих сложность решаемых автором научных проблем.

1. В какой степени наблюдаемая обратимость структуры порового пространства при увлажнении–иссушении сохранится при увеличении числа циклов?

2. Насколько универсальны предложенные подходы для почв иного гранулометрического состава и структуры?
3. Можно ли уменьшить расхождение между моделированием основной гидрофизической характеристики посредством поросетевых моделей и экспериментальными данными, и если да, то за счёт каких факторов?
4. Насколько чувствительны результаты моделирования к качеству исходных томографических данных и выбранным параметрам сегментации порового пространства?

Однако, указанные замечания и пожелания относятся к редакционным и легко устранимы, они не затрагивают основных положений и выводов диссертационной работы, которые не снижают нашей положительной оценки этой весьма добротной научной работы.

Диссертация Толстыгина Кирилла Дмитриевича отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук. Содержание диссертации соответствует специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (по биологическим наукам), а именно следующим ее направлениям:

3. Разработка и совершенствование моделей состояния почв, их водного, воздушного, питательного, теплового и других режимов, методов, способов и средств их регулирования;
20. Разработка информационных методов, технологий, баз данных и гидродинамических моделей по поддержке принятия решений управления водными ресурсами в мелиоративно-водохозяйственном комплексе;
21. Разработка новых методов исследований, приборов и оборудования для локального определения физических, химических и биологических показателей системы «почва – растение – приземный слой атмосферы», разработка инструментария для прецизионного возделывания сельскохозяйственных культур;
24. Разработка теоретических и прикладных основ структурообразования почвы, методов, способов и средств сохранения и восстановления агрономически ценной структуры почв; разработка новых водорастворимых полимеров – структурообразователей почвы.
25. Изучение физических свойств и процессов, протекающих в системе «почва – растение – приземный слой атмосферы». Разработка и исследование эффективности приемов управления продуктивностью в агро- и агромелиорированных ландшафтах, методов и технологий расширенного воспроизводства плодородия почв.

Содержание диссертации соответствует критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском

государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертация Толстыгина Кирилла Дмитриевича оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Толстыгин Кирилл Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

**Официальный оппонент:**

доктор биологических наук (03.00.27 – Почвоведение), профессор,  
профессор кафедры земледелия и методики опытного дела  
Института агробиотехнологии  
ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева",  
Почётный работник высшего профессионального  
образования, Почётный работник АПК

**Мазиров Михаил Арнольдович** \_\_\_\_\_

02.04.2026 г.

Контактные данные:

тел.: +7 (499)976-14-57, e-mail: mazirov

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

03.00.27 – почвоведение (биологические науки)

Адрес места работы:

127550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева», Институт агробиотехнологии,  
кафедра земледелия и методики опытного дела

Тел.: +7(499) 976-04-80; e-mail: info@rgau-msha.ru

Подпись М.А. Мазирова заверяю: