

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата биологических наук Калнина Тимофея Геннадьевича
на тему: «Томографические показатели в современных
агрофизических исследованиях почв»
по специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика**

Диссертационное исследование Калнина Тимофея Геннадьевича посвящено изучению пористости почв как одному из важнейших агрофизических свойств, обладающему трехмерной структурой со сложной геометрией внутренней поверхности. Матрица порового пространства почв и форма границы раздела фаз пора-твердофазный скелет во многом определяют механические и гидрологические характеристики почвенных тел, поэтому качественная и количественная оценка порового пространства с использованием современных методов и подходов, в первую очередь, с использованием рентгеновской компьютерной томографии, открывает перспективы получения информации о структуре порового пространства почв с высокой степенью детализации без разрушения образцов. В связи с этим исследователь сталкивается с тем, что полученная в ходе экспериментов количественная информация о структуре порового пространства требует необходимости применения различных методов, прежде всего связанных с количественным анализом трехмерных изображений. Таким образом, задача количественной оценки структуры порового пространства почв, как основного определяющего агрофизическое состояние свойства, является **практически важной и научно актуальной** в рамках выполнения данного диссертационного исследования.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, списка литературы (125 источников, в том числе 84 – на иностранном языке) и приложений. Текст работы изложен на 114-ти страницах и иллюстрирован 38-ю рисунками и 11-тью таблицами.

Соискатель защищает три положения, которые реализуются в соответствующих главах диссертации. Это:

1. Распределение объемов пор по размерам – одна из основных агрофизических характеристик, с помощью которой можно исследовать и анализировать поровое пространство, его изменение в различных состояниях почвы. Эта характеристика дает количественную информацию об агрофизических особенностях структуры порового пространства почв при томографическом анализе ненарушенных почвенных образцов во влажном (близком к наименьшей влагоемкости, НВ) и сухом (близком к гигроскопической влажности) состояниях.

2. Основной диапазон набухания приходится на микро- мезо- поры, диаметрами от 0.01 до 0.07 мм. Количество таких пор, отвечающих за запасы доступной для растений влаги, увеличивается при набухании в несколько раз. Количество макропор всех диаметров уменьшается при насыщении почвы водой. Но в некоторых горизонтах, благоприятных по агрофизическим свойствам, при общем снижении макропористости, обнаружены поры определённой топологической конфигурации, количество которых увеличивается.

3. Использование функционалов Минковского и чисел Бетти для томографических распределений объемов пор во влажном и сухом состояниях позволяют количественно характеризовать структуру порового пространства почв, как одного из современных количественных показателей агрофизического состояния почв.

Во **Введении** (стр. 3–12) обосновывается выбор тематики исследования, актуальность, степень разработанности темы исследования, цель и задачи диссертации, характеризуются объекты и предмет исследования, методологическая основа, теоретическая и практическая значимость работы, степень достоверности полученных результатов и апробация полученных результатов, публикации по теме диссертации, структура и общий объем работы, сформулированы защищаемые положения,

личный вклад автора в выполнение работы, приносится благодарности всем, кто помогал диссертанту при проведении научных исследований.

Первая глава «Современное состояние проблемы» (стр. 12–31) посвящена современным методологическим проблемам исследования структуры почвы и порового пространства в агрофизике и почвоведении, обсуждаются подходы к математическому описанию порового пространства и моделированию механизмов переноса влаги в почве. Значительное внимание уделено рентгеновской компьютерной томографии и томографическим характеристикам почв. В главе приводится обзор изучения классических характеристик порового пространства и соответствия этих характеристик томографическим данным и распределению пор по размерам, используемым в настоящее время.

Во **второй главе** «Объекты и методы исследования» (стр. 31–59) приведены данные об объектах исследования – пахотных аллювиальной (Фаустовская пойма р. Москвы) и серой (Владимирское ополье) почв, изложены основные классические методы изучения физических свойств почв и их структурных параметров. Подробно освещены методы и методики томографического исследования и анализа структуры порового пространства почв с использованием современного оборудования.

В **третьей главе**, названной просто «Результаты» (стр. 59–83), являющейся основной в структуре диссертации, изложены основные результаты исследования: распределение пор по размерам образцов ненарушенного сложения исследованных почвенных разрезов двух контрастных в почвенно-геоморфологическом отношении районов, не только приводятся данные экспериментального исследования анализа функционалов Минковского и чисел Бетти для агрофизической оценки структуры порового пространства изученных образцов, но и обсуждаются результаты проведенных исследований.

В **Заключении** и **Выводах** (стр. 83–86) автор приводит основные результаты, полученные в результате проведенного диссертационного исследования.

Рассмотрим **основные положительные результаты** диссертационного исследования, которые определяют его научную новизну и достоинства. К таковым относятся:

(1) диссертантом получен **качественно новый обширный доказательный материал**, что в ненарушенных образцах горизонтов ряда пахотных почв в качестве агрофизической качественной оценки необходимо исследовать и проводить сравнительно-аналитическую характеристику структуры порового пространства в виде распределения объемов пор по их размерам в сухой и увлажненной почвах с использованием томографического метода.

(2) в работе **впервые обосновано** использование количественных подходов к использованию интегральных методов Минковского и чисел Бетти для оценки форм порового пространства в почвенных образцах при воздушно-сухом и увлажненном до НВ состояниях, что позволяет сделать цифровые прогностические заключения о происходящих и возможных трансформациях в поровом пространстве почв

(3) в **несомненный актив автора** следует отнести обзор современного состояния применения рентгеновской компьютерной томографии в отношении изучения порового пространства ненарушенных образцов в изучении физики почв.

Структура диссертации последовательно и логически раскрывает круг вопросов, направленных на достижение поставленной цели – обоснованию применения количественных томографических показателей для современных агрофизических исследований пахотных почв.

Работа опирается на большой объем эмпирического материала, в сборе и обработке которого (в полевых и лабораторных исследованиях и экспериментах) автор принимал непосредственное участие.

Результаты исследований Т.Г. Калнина, несомненно, найдут практическое применение при оценке эволюции поровой структуры почвенных тел, движении растворов и газов, а также при оценке агрофизического состояния почв.

Достоверность выводов и защищаемых положений, содержащихся в работе, основана адекватностью избранных комплексных методов сбора и обработки эмпирической информации.

Личный вклад автора в разработку проблематики подтверждается тремя публикациями за 2020–2022 гг. в научных журналах из списков Scopus, Web of Science, RSCI. Автореферат и приведенные публикации в целом адекватно отражают основное содержание диссертации и соответствуют требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода.

Анализ диссертационной работы Калнина Тимофея Геннадьевича, поставленных диссертантом цели и задач, способов и методов их реализации, а также интерпретации полученных результатов позволяет констатировать высокую научную квалификацию в области физики почв. Диссертация Т.Г. Калнина является научно-квалификационной работой, в которой на основании использованного автором комплексного подхода и хорошей методологической проработкой рассмотрены томографические показатели в современных агрофизических исследованиях почв.

Вместе с тем, в работе, на наш взгляд, имеют место **недостатки и дискуссионные положения**.

1. В диссертационном исследовании не обоснован выбор именно этой конкретной пары разрезов пахотных почв из контрастных в почвенно-географическом отношении районов. Остается непонятным, в какой рельефной позиции заложен разрез в пойме (относительно выровненный участок, блюдцеобразное понижение)?

2. Почему Фаустовская пойма имеет «неправильное землепользование», чем подтверждена «деградация этих почв»? В

отношении серых почв – почему эти почвы характеризуются «разной степенью антропогенной нагрузки?»

3. В работе приведено поверхностное морфологическое описание разреза аллювиальной почвы, не указан гранулометрический состав (только в нижнем горизонте). Если диагностируется горизонт B2G (46-70 см), то почву по «Классификации..» (1977) следует относить к пахотной аллювиальной дерновой глеевой почве (по «Классификации..» (1977) подтип аллювиальная луговая кислая почва) или аллювиальная агрогумусовая глеевая, по КиДПР (2004). В работе не приведено морфологическое описание агросерой почвы. Неправомерно смешивать классификационную принадлежность из разных классификаций (агросерая лесная почва). Непонятно, что представляет собой горизонт АВ – субэлювиальный BEL по КиДПР (2004)?

Не объяснено использование внеклассификационного признака в обозначении горизонта Аподпах. Строго говоря, подпахотной можно назвать толщу, обычно от 20 до 50 см, чтобы в ней можно что-то рассчитывать, например, содержание Сорг, но это не общепринятый индекс. В эту толщу могут попасть разные генетические горизонты. Судя по изложению материала в диссертации, этот горизонт представляет собой нижнюю часть пахотного горизонта «плужную подошву?». По морфологическому описанию, агрегаты в нем не выражены, а, судя по изображению на рис. 6 – горизонт вполне агрегирован.

4. На стр. 42–53 – «При сравнении результатов гранулометрического анализа с данными литературных источников можно наблюдать заметное уменьшение пылевой и песчаной составляющих при увеличении пылевой фракции. Столь выраженная несогласованность данных может также быть следствием различных методологий определения». Считаем, что несовпадение данных по профильному распределению фракций гранулометрического состава обязано пространственной variability и низким пространственным разрешением заложения разреза при сравнении с первоначальным заложением.

5. Требуется объяснение использования различной приборной базы для определения гранулометрического состава методом лазерной дифракции: Mastersizer 3000E (подтип аллювиальная луговая кислая почва) или аллювиальная) и Analysette 22 Comfort (агросерая).

6. Результаты исследований по аналитической характеристике почв следовало бы перевести из второй главы в третью. Что обозначает слово «РыблOVO» на рис 24-32, но не упомянуто в тексте?

7. По тексту диссертации и в Заключение соискатель говорит об однозначности использования микроагрегатного состава почв при интерпретации агрофизических свойств почв, но в работе не приводятся никаких данных по микроагрегатному составу почв; этот параметр крайне необходим при оценке структурного состояния почв, исследование которого напрямую связано с направлением диссертационного исследования.

8. Выявленные орфографические ошибки, опiski и проч. Стр. 15, 3-й абзац, стр. 18, 12-я строка сверху, стр. 20, 8-я строка сверху, стр. 29, 11-я строка сверху, стр. 30, строка после таблицы, стр. 32, строка под подписью к рисунку и 6-я строка снизу, стр. 33, 3-я строка снизу, стр. 58, 2-я строка сверху, стр. 61 и 65 (последние абзацы); часто неправильное написание «г/см³», путаница с написанием фамилии аналитика. Отсутствует нумерация приводимых формул. На рис. 1 и 13 нет ссылок на источники.

Нельзя не отметить досадное включение в список литературы ряда источников, не упомянутых и не обсужденных в тексте диссертации (приведем только нумерацию источников из списка литературы): 7, 8, 15, 16, 26, 32, 33, 40, 45, 58 и 101.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (по биологическим 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, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Калнин Тимофей Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

Официальный оппонент:

Доктор географических наук,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет»,
институт наук о Земле, кафедра
почвоведения и экологии почв,
профессор с возложенными обязанностями
заведующего кафедрой
Русаков Алексей Валентинович

Контактные данные:

тел.: 7(812) 321-33-62 e-mail: rusakov@spbu.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:
25.00.23 - Физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

Адрес места работы:

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д.7-9
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
Институт наук о Земле, кафедра почвоведения и экологии почв
Тел. +7 (812) 321-33-62,
E-mail: rusakov@spbu.ru
Сайт организации: <http://spbu.ru/>