

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук

Бардашова Данилы Романовича на тему: «**Факторы формирования почвенного органического вещества западных ландшафтов лесостепи Окско-Донской низменности**» по специальности: 1.6.21. Геоэкология

Тема диссертационной работы Бардашова Д.Р. **актуальна** и посвящена изучению почвенного органического вещества гидроморфных почв западных комплексов Окско-Донской низменности. Почвы выступают как активный компонент глобального углеродного цикла, способность почв к секвестрации углерода и оценка его запасов являются важной характеристикой плодородия почв, необходимого компонента обеспечения продовольственной безопасности страны. В то же время трансформация черноземов в лугово-черноземные или черноземно-луговые почвы может приводить к деградации почв и утрате ряда экосистемных функций, так могут появиться признаки слитизации, засоления и/или осолонцевания. Поэтому данная работа, посвященная изучению существующей внутриландшафтной неоднородности почвенного органического вещества с помощью традиционных и современных цифровых подходов, представляет большой интерес.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что впервые для гидроморфных ландшафтов лесостепи Окско-Донской низменности для выявления закономерностей пространственной организации почвенного органического вещества было использовано органичное сочетание методов генетического почвоведения, цифровой почвенной картографии, машинного обучения и имитационного моделирования. Показано, что микрорельеф является важнейшим фактором определяющим перераспределение влаги, и тем самым, обуславливающим трансформацию почвенного органического вещества. Влага может рассматриваться как лимитирующий фактор долговременного связывания углерода. Применение имитационного моделирования впервые позволило количественно оценить и сопоставить вклад различных сценариев землепользования в углеродный баланс почв западных комплексов.

Практическая значимость работы, во-первых, заключается в том, что были получены уточненные оценки почвенного органического вещества для исследуемого региона; количественно описана зависимость содержания углерода от положения почв в катене и степени их гидроморфизма; показано, где формируются наиболее благоприятные условия для длительного депонирования углерода. Ведущую роль в формировании пространственной неоднородности содержания почвенного органического вещества играют уровень увлажнения почвы и структура растительного покрова. С помощью имитационного моделирования доказано, что при переводе пахотных земель в залежь их секвестрационный потенциал возрастает, а модель SoilGen может быть использована как эффективный инструмент для прогнозной оценки последствий изменения агротехнологий и систем землепользования в лесостепных ландшафтах. Во-вторых, работа важна с методической точки зрения, продемонстрированное сочетание традиционных и современных подходов может быть перенесено на другие почвенные объекты, а диссертационная работа может рассматриваться как пример решения задач генетического почвоведения с использованием всего арсенала современной науки, создавая научную основу для разработки адаптивных стратегий управления углеродным циклом сложных агроландшафтов.

Диссертация Бардашова Д.Р. состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Она изложена на 142 страницах, содержит 7 таблиц и 38 рисунков. Список литературы включает 144 источника, из них 75 на иностранном языке.

В **первой** главе представлен обзор научной литературы, посвященный истории изучения почв западных ландшафтов Окско-Донской низменности. Особое внимание уделено научному наследию Е.М. Самойловой, так как в диссертационной работе проводится исследование исторического ключевого участка, расположенного в Токаревском районе Тамбовской области, где в свое время Е.М. Самойлова работала.

Во **второй** главе дается физико-географическую характеристика территории исследования, в том числе обсуждается ландшафтная структура Окско-Донской низменности.

В **третьей** главе дано описание объектов и методов. В ходе полевых исследований было заложено 24 опорных почвенных разреза, 474 точки поверхностного опробования, а также 164 буровые скважины глубиной до 1,2-2 м. Для расположения разрезов был использован специальный алгоритм, основанный на максимизации факторных различий между точками опробования с одновременной минимизацией их числа. К достоинствам можно отнести то, что для каждого из 3 основных направлений: полевые и мониторинговые исследования, пространственное и имитационное моделирование; - подробно изложена методология проведения экспериментов, рассматривающая весь путь от сбора первичного материала и способов анализа данных, подробно описаны алгоритмы машинного обучения и имитационного моделирования, описаны способы оценки неопределенности.

В трех последующих главах представлены основные результаты диссертации. В **четвертой** главе на основе полученных диссертантом данных проанализированы свойства почв западного комплекса и их динамика за 50-летний период, в том числе содержание и запасы почвенного органического вещества, а также его фракционный состав. Интересным представляется наблюдение, что за 50 лет наибольшие изменения были выявлены в почвах западин, где был отмечен сильный рост запасов почвенного органического вещества, связанный с понижением уровня грунтовых вод, и, как следствие более глубокого распространения корней растений. Во всех типах почв возросла доля фульвокислот и первой фракции гуминовых кислот, тогда как содержание второй фракции гуминовых кислот, связанной с кальцием, снизилось, что указывает на возрастание роли анаэробных условий в стабилизации углерода.

В **пятой** главе представлены результаты имитационного моделирования запасов углерода за 50-летний период с использованием процессно-ориентированной модели почвообразования SoilGen 2.26 для трех элементов катены: пашни (эпизотически- полугидроморфная почва), залежи (полугидроморфная почва) и колка (гидроморфная почва). Были разработаны сценарии, где варьировали общий объем ежегодного опада (от 1,4 до 8,0 т/га/год) и доля корневого опада (от 65% до 90%). Результаты моделирования

позволили выявить ряд фундаментальных закономерностей. Так была подтверждена гипотеза о ключевой роли корневого опада многолетней луговой растительности в стабильной долговременной секвестрации углерода. Моделирование позволило провести количественное ранжирование секвестрационного потенциала по типам землепользования. Максимальный секвестрационный потенциал в условиях западных ландшафтов лесостепи реализуется в полугидроморфных залежных экосистемах с высокой продуктивностью травянистого покрова. В конце раздела проводится валидация модели по фактическим данным и обсуждаются ее ограничения. Особый интерес представляет опыт использования имитационной модели SoilGen для моделирования углеродного баланса на весь период голоцена для проверки предположения Е.М. Самойловой о том, что гумус в нижней части профиля луговых почв в значительной степени реликтовый. Оказалось, что действительно, макродинамика углеродного баланса в рассматриваемых почвах связана с климатической изменчивостью, однако, установление оптимальных условий гумусонакопления в почвах напрямую не связано с наступлением климатического оптимума голоцена.

В **шестой** главе представлены результаты пространственного моделирования содержания органического углерода почв западного комплекса лесостепи, которое позволило получить оценки для внутриландшафтного варьирования. Оказалось, что максимальная пространственная неоднородность содержания органического углерода характерна для полугидроморфных почв западных комплексов, занимающих промежуточные положения в катенах и функционирующих как экотоны между дренированными выположенными водораздельными поверхностями и переувлажненными днищами западин. Анализ важности признаков методом SHAP выявил, что ключевыми предикторами пространственного распределения Сорг являются топографический индекс влажности и вегетационные индексы, что подчеркивает ведущую роль градиента увлажнения и продуктивности растительности в формировании пространственной мозаики Сорг.

В заключении приведены основные выводы диссертационной работы, подтверждающие положения, выносимые на защиту.

Полученные в работе научные результаты грамотно проинтерпретированы. Научные положения и выводы диссертационной работы подтверждаются использованием современных теоретических, методологических и методических подходов, адекватным целям и задачам исследования; обеспечены значительным объемом фактического материала. Диссертация написана научным профессиональным языком, результаты изложены логично, последовательно и обосновано. Вместе с тем, к работе имеется ряд замечаний:

1. Для поиска связей между предикторами и целевой переменной использовался коэффициент корреляции Пирсона. Так как указанные связи иногда носят нелинейный характер, что видно из рисунка 32, то нужно было использовать коэффициент корреляции Спирмена, тем более, что использованные в работе алгоритмы учитывают как линейные, так и нелинейные связи.

2. Для оценки качества моделей был использован коэффициент детерминации. Однако на стр. 72 диссертации приведена формула для его оценки, которая не используется в моделировании, так как величина оценки зависит от числа предикторов. Обычно используется коэффициент детерминации, скорректированный на число степеней свободы. Так как в работе использовались готовые пакеты с алгоритмами, то, скорее всего, обсуждаемые в результатах коэффициенты детерминации оценены корректно, а неправильной является указанная формула.

3. Из текста диссертации остался непонятным вопрос, почему для черноземов при площадном моделировании были использованы образцы с глубины 0-15 см. Вместе с тем для имитационного моделирования была использована стандартная для подобных исследований глубина – 0-30 см.

4. В диссертации встречаются небольшие небрежности в оформлении и отдельные англицизмы.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа Бардашова Данилы Романовича –

завершенный самостоятельный научный труд, выполненный на хорошем научном уровне. Диссертация представляет оригинальное исследование, где для решения поставленных задач был проделан большой объем экспериментальных работ с применением апробированных методик и современных цифровых подходов.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов подтверждается качественным анализом научных публикаций, статистической обработкой полученных экспериментальных данных, использованием методов машинного обучения и специально проведенного имитационного моделирования. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, из них 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ. Автореферат полностью отражает содержание диссертации, а в публикациях автора отражены основные результаты защищаемой диссертационной работы.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.21. Геоэкология, а также критериям положения, отмеченных в пунктах 2.1.-2.5. Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Бардашов Данила Романович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Официальный оппонент:

Кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры общего земледелия

и агроэкологии факультета почвоведения
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский государственный
Университет имени М.В.Ломоносова»

МЕШАЛКИНА Юлия Львовна



Контактные данные:

тел.: +7(495)9393524, e-mail: jlmesh@list.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 03.02.13 Почвоведение

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы д.1, стр.12,

ФГБОУ ВО «Московский государственный

Университет имени М.В.Ломоносова имени М.В.Ломоносова», факультет

почвоведения, кафедра общего земледелия

и агроэкологии

Тел.: +7(495) 939-29-47; e-mail: soil.msu@mail.ru

«_04_» _мая _____ 2026 г.

Подпись сотрудника факультета почвоведения МГУ имени
М.В.Ломоносова

Ю.Л. Мешалкиной заверяю:

И.о. декана факультета почвоведения
МГУ имени М.В.Ломоносова

