

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук

Данила Романовича Бардашова на тему:

«Факторы формирования почвенного органического вещества западных ландшафтов лесостепи Окско-Донской низменности»
по специальности 1.6.21 Геоэкология.

Диссертационная работа посвящена исследованию природных факторов, влияющих на формирование органического вещества в западных ландшафтах лесостепи Окско-Донского междуречья. Вследствие распашки фиксируется снижение органического вещества почвы, которое в последние годы резко ускорилось из-за климатических изменений, что стало дополнительным фактором, который следует учитывать при прогнозе плодородия пахотных почв в ландшафтах лесостепи уже в настоящее время и на ближайшую перспективу.

Актуальность выполненного исследования состоит в разработке методики для выявления и оценки природных факторов образования органического вещества в почвах западных ландшафтов лесостепи, а также пространственного и временного прогноза динамики содержания почвенного органического вещества западных комплексов Окско-Донской низменности методами математического моделирования.

Научная новизна. В работе впервые для оценки пространственного распределения органического вещества и его фракционного состава в почвах западных ландшафтов лесостепи использованы методы цифровой почвенной картографии, машинного обучения, а также имитационного моделирования программным комплексом SoilGen.

Цель работы состояла в выявлении набора природных факторов, влияющих на образование органического вещества почва, пространственной дифференциации запасов органического вещества в почвах в западных комплексах лесостепи различной степени гидроморфизма с использованием методов имитационного и статистического моделирования.

Автором лично собран полевой материал (2022-2025г.), а также выполнены химические анализы, подготовлены данные для параметризации моделей, выполнена калибровка и верификация параметров моделирования.

Для достижения поставленной цели в диссертации сформулированы три задачи, а также три положения, вынесенных на защиту. В автореферате представлено аннотационное изложение по главам, автореферат построен по принципу

формулирования и обоснования защищаемых трех положений. Задачи и защищаемые положения логичны и полностью раскрывают цель заявленного исследования.

В первом защищаемом положении утверждается, что факторами формирования состава и запасов органического вещества являются структура растительности, определяющая объём и состав поступающего опада, а также водный режим, определяемый рельефом. Однако в автореферате рис.3, это блок-схема взаимосвязей факторов, определяющих формирование содержания ПОВ (почвенного органического вещества) в западных комплексах лесостепи, растительность косвенно определяется по данным вегетационного индекса NDVI и сезонной динамикой вегетации. Остается непонятным, каким образом в анализе учитываются данные по опаду (органические остатки), в результате разложения которого как раз и формируется органическое вещество.

Второе защищаемое положение связано с оценкой секвестрационного потенциала почв западных комплексов с использованием имитационной модели SoilGen при смене систем землепользования и растительности.

Третье защищаемое положение (результаты гл.6) исследует различия в пространственной неоднородности содержания органического углерода в слабо-, полу- и гидроморфных почвах. Автором установлено, что максимальная статистически значимая неоднородность наблюдается в полугидроморфных позициях.

Автор отмечает, что недостаточный учёт ландшафтной мозаики приводит к искажению картографических прогнозов и статистических моделей, а также снижает эффективность природоохранных и агротехнологических мер.

Диссертация состоит из Введения, 6 глав, Заключения, Обозначений и сокращений (на 4 страницах), двух Приложений (на 6 стр.). Объем работы составляет 148 страниц, в том числе, 28 таблиц и 39 рисунков. Список литературы включает 145 источников, из них 75 на английском языке.

В первой главе подробно дается анализ того, как формировалось развитие представлений об органическом веществе почв лесостепных западин в процессе изучения почв западных ландшафтов Окско-Донской низменности начиная от работ В.В. Докучаева. Отмечена роль Н.Н. Розова (1939), который впервые выделил лугово-чернозёмные почвы в самостоятельный тип. Лугово-черноземные почвы – это основной объект исследования диссертационной работы. Отмечен интерес почвоведов к фактору гидроморфизма почв, особо отмечена роль Е.М. Самойловой, впервые поставившей работы по изучению сезонной динамики влажности в почвах западин и впервые

предложившей представление о градиенте гидроморфизма почвенного покрова. Отмечена важная роль работ Ф.Р. Зайдельмана о генезисе и деградации чернозёмов под влиянием переувлажнения. Подробно анализируются ранее выполненные работы по составу и фракциям почвенного органического вещества (ПОВ, методика И.В. Тюрина). Современные методы анализа ПОВ включают его анализ как компонент глобального углеродного цикла, который связывает почвенный и атмосферный углерод в единую систему (так называемый секвестрированный углерод). В разделе 1.3. «Органическое вещество почв ландшафтов западных комплексов» на стр.35 автор приходит к удивительному для меня выводу, что «методики и модели, выработанные для прерийных подходов, оказываются неприменимыми к западным комплексам лесостепи». Получается так, что физико-химические и в целом биогеохимические процессы разложения растительности и формирования гумуса, а также секвестрирования углерода в черноземной зоне России какие то «особые», не укладывающиеся в общие принципы физики и химии биосферы?

Во второй главе работы представлена физико-географическая характеристика Окско-Донской низменности. Подробно рассмотрено геолого-геоморфологическое строение, климатическая обстановка лесостепи, растительность западных комплексов, анализируется почвенный покров западных комплексов. Для меня осталось непонятным авторство почвенной катены (рис.15): или это данные Е.М. Самойловой по «ряду почв возрастающего гидроморфизма», или это авторские результаты, полученные в полевых исследованиях? Тогда следовало бы дать ссылку на рисунок, где представлена карта точек и профилей опробования. В диссертации это рис.17а, и 17б. Аналогичные замечания имеются по отношению к рис. 19, где представлена «Катена гидроморфного ряда почв западного комплекса Окско-Донской лесостепи» (стр. 79 диссертации). Определить ее местоположение на карте представляется затруднительным.

Третья глава, названная автором «Объекты и методы исследования» включает описание района исследования. Автором отмечено, что в пределах ключевого участка было заложено 18 опорных почвенных разрезов до вскрытия горизонта почвообразующей породы и 474 точки поверхностного опробования. Кроме того, заложено 164 буровые скважины глубиной до 1,2-2 м. Ссылка на карту, где расположены эти объекты, отсутствует. По смыслу работы это должны быть рис.17а и рис.17б. Однако среди обозначенных объектов исследования на них отсутствуют буровые скважины. Местоположение катен также «повисает» в воздухе. Такая

небрежность автора затрудняет для рецензента ландшафтный анализ полученных в работе результатов.

В подразделе «Лабораторные работы» я не нашел указания на методику отбора проб, которая учитывала бы пространственную гетерогенность почвенного покрова (даже в пределах одного почвенного разреза три «стенки» не идентичны). Дело в том, что традиционные методы отбора проб, принятые в генетическом почвоведении, изначально не были ориентированы на моделирование и учет микрогетерогенности почвенных свойств и поэтому требуют определенной коррекции. Именно методика отбора проб (в трех-или пятикратной повторности, или в виде смешанного образца) закладывает основу математического моделирования, его достоверность и надежность. Используемый автором алгоритм MaxVol касается выбора числа разрезов по критерию репрезентативность/минимизация избыточности, но никак не связан с геостатистическими принципами отбора проб, где важен эффект «support», когда результат измерения в лаборатории зависит от объема (площади) детектируемого образца.

Второй принципиальный момент в проведении аналитических работ, нацеленных для получения числовых значений параметров «под модель», связан с обязательной оценкой погрешности измерения для возможности корректной оценки пространственной вариабельности (неоднородности) почвенных параметров. В работе таких данных я не нашел.

В разделе 3.3 «Данные и их обработка» нет обоснования выбора используемых параметров ЦМР (цифровой модели рельефа, табл.2). Разве другие параметры непригодны, например кривизны?

В этом же разделе дано краткое описание алгоритмов моделей машинного обучения: линейная регрессия (LR), регрессия частичных наименьших квадратов (PLSR), случайный лес (RF). Используемая автором модель нейронной сети CovNet-LSTM-MLP, как я нашел в Интернете, показала свою высокую эффективность при исследовании заболевания ковидом. Автору следовало бы уделить немного внимания обоснованию выбора тех или иных используемых моделей. На с.73 при описании построения поля pH методом кригинга допущена опечатка: «(экспоненциальная модель, дальность = 1160 м, nugget = 0.10, sill)». Не указана общая дисперсия параметра (sill).

Завершает главу 3 описание модели SoilGen, применяемой для имитационного моделирования поведения углерода в почвенном покрове. К этой части работы есть

следующие замечания, вместо аннотационного описания автору следовало бы дать (хотя бы в табличном виде) набор входных переменных или скриншот оконных режимов работы SoilGen. В представленном виде модель воистину является «черным ящиком», но никак не понятным инструментарием для научного исследования. Кроме того, следовало бы представить блок-схему работы с SoilGen.

На с.75 отмечено, что среди входных переменных модели был параметр «структура опада». Непонятно, как он связан с полевыми данными автора, ведь ни на катенах, ни на других графических данных не приведены данные ни по продуктивности (укосы), ни по подстилке, ни по опаду для залежей и луговых солодей западин.

В четвертой главе представлены авторские результаты исследования ПОВ западинных комплексов. Для катены гидроморфного ряда для трех почв (рис.19, не обозначен на карте модельного участка) за период 2022-2023 гг. проведен автоматизированный мониторинг влажности и уровня грунтовых вод (УГВ), определены значения почвенно-гидрологических констант (рис.20, с.82), а также экспериментально определены химические, физические и физико-химические свойства почв, используемые как входные переменные в модели SoilGen. Особое внимание было уделено определению содержания и запасов органического вещества почв. Эти исследования представлены в классической ландшафтно-геохимической парадигме и выполнены на высоком профессиональном уровне. Для площадной оценки по данным отбора проб в слое 0-15см построена карта содержания ОПВ (рис.25). Для 4-х почв, расположенных в различных катенарных положениях, определен фракционный состав органического вещества (рис. 26).

В разделе работы 4.4. «Факторы формирования почвенного органического вещества западинных комплексов» на основании экспериментальных данных методом регрессионного анализа построена схема основных взаимосвязей факторов (микрорельеф, влажность, растительность) в формировании ПОВ (рис.27).

В пятой главе выполнено имитационное моделирование запаса ПОВ с помощью модели SoilGen. Однако пониманию представленных результатов мешает небрежность в представлении полученных результатов. Так, на с.99 отмечено, что «параметризация модели выполнена для трёх репрезентативных позиций катены», тогда как на рис. 28 представлены результаты для **четырёх участков**. Кроме того, на этом же рисунке отмечено, что моделирование выполнялось для слоя 0-30 см, тогда как в подрисочной подписи – для слоя 0-60см.

Поскольку вторым защищаемым положением была оценка секвестрирования углерода в почве, неясно, оценивалось ли или нет газовое дыхание почвы. Если есть прирост органики за счет опада, следовало бы учесть потери углекислого газа при дыхании почвы за счет микробиологического разложения мортмассы. В целом все эти бы вопросы были бы сняты, если бы автор представил в принятом для моделирования виде таблицу входных параметров модели, а не пытался дать все это в текстовом виде в отдельных параграфах диссертации. Тогда бы в таблице можно было бы четко разделить все входные параметры модели на те, которые используют экспериментальные данные авторы и те, где используются литературные данные.

Интересный результат получен при моделировании голоценовой динамики углерода почв западных комплексов, что открывает новые возможности для почвоведения в результате моделирования (раздел 5.5).

В шестой главе рассмотрены важные вопросы почвенной гетерогенности. В этой части работы представлены результаты пространственного прогноза содержания органического углерода по данным полевых наблюдений и различных статистических методов, в том числе с использованием моделей машинного обучения. В статистическом анализе использовались переменные, которые значимо коррелируют с ОПВ. В данном разделе подробно анализируются результаты, полученные с использованием 9-ти моделей (раздел 6.2.- оценка производительности моделей). Результаты моделирования не вызывают вопросов, на рис. 33 представлены сравнение моделирования для 9-ти моделей прогнозируемого и наблюдаемого содержания органического углерода в почве. По данным статистического моделирования выполнено картографическое моделирование Сорг (рис.35) с учетом неопределенности прогноза.

Автор делает вывод, что дальнейшее усовершенствование пространственного моделирования возможно за счет регрессионного кригинга, либо географически-взвешенной регрессии.

Для обоснования третьего защищаемого положения (учет неоднородности) автор использует коэффициент вариации, которого недостаточно, так как не учитывается пространственная корреляция, которая определяется геостатистическими методами (при построении вариограммы). Регрессионный кригинг как раз и относится к геостатистическим методам.

Теоретическая и практическая значимость. Предложенная комплексная методология оценки и прогноза пространственного распределения ПОВ с учетом внутриландшафтной неоднородности имеет важное практическое значение для прогноза продуктивности почв в агроценозах. Полученные результаты моделирования вносят значимый вклад в теорию генетического почвоведения гидроморфных и полугидроморфных почв лесостепи. Исследование было проведено в рамках проекта № 22-77-10062 «Гидрологическая и секвестрационная функции почв западного комплекса лесостепи».

Достоверность результатов работы и публикации. Работа выполнена на высоком научном уровне с использованием современных методов ГИС-технологий, имитационного и статистического моделирования на кондиционных полевых и лабораторных измерениях по содержанию ОВ (органического вещества) и его фракций. Основные положения автореферата отражают основное содержание диссертационной работы, выводы сформулированы четко и ясно. Представленные в диссертационной работе материалы освещены в 5ти статьях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук, а также доложены на 8 научных конференциях, в том числе международных.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Указанные в отзыве замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа Данила Романовича Бардашова на тему «Факторы формирования почвенного органического вещества западных ландшафтов лесостепи Окско-Донской низменности» отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, содержание диссертации соответствует специальности 1.6.21 Геоэкология (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 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 доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

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

Официальный оппонент:

доктор географических наук,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией
биогеохимии окружающей среды

ФГБУН «Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского
Российской академии наук»

ЛИННИК Виталий Григорьевич



4 мая 2026 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(499) 939 26 43, e-mail: linnik@geokhi.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.23 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

Адрес места работы:

119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.19.

ФГБУН «Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского
Российской академии наук», лаборатория биогеохимии окружающей среды

Телефон: 7(499) 137-14-84, e-mail: director@geokhi.ru



Линник Виталий Григорьевич

ЯРЦС ГЕОХИ РАН