

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Малышева Владислава Владимировича

на тему:

«Минералогия и геохимия соединений железа почв степей Восточно-Европейской равнины и их связь с климатическими параметрами»
по специальности 1.5.19. Почвоведение

Представленная к защите диссертационная работа В.В. Малышева создана в русле острой методологической проблемы отражения процессами минералогической трансформации железа несиликатных соединений почв измеряемых и расчетных параметров актуального климата. Рассматриваемый труд – яркий пример истинно эмпирического исследования с четким целеполаганием, ясным алгоритмом, полноценной обоснованностью полученных результатов, высокой степенью достоверности разработанных гипотез (выводов) и адекватностью положений, выносимых на защиту. Содержание этой оригинальной работы занимает место на пересечении химии, физики и минералогии почв. В ней в сжатой форме в четырех главах и заключении на 136 страницах изложены результаты изучения диссертантом минерального комплекса железистых соединений в географическом ряду равнинных степных почв: черноземов, каштановых, солонцов и бурых полупустынных.

Во введении (стр. 4-14) кратко рассматриваются актуальность и степень разработанности темы, цель, задачи, научная новизна, методология и методы исследования, приведены защищаемые положения, оценена степень достоверности и приведены сведения об апробации результатов. Диссертант видит актуальность проведенного исследования в выявлении строгой связи минерального состава окси(гидроксидов) железа с качественными и количественными параметрами актуального климата. Действительно, в рамках рассматриваемого труда оценка обратной связи «свойство←фактор» представляется возможной благодаря двум методологическим подходам

исследования. Во-первых, автор достаточно обоснованно выделяет климат в качестве определяющего фактора вследствие удачного подбора объектов: все анализируемые степные почвы сформированы на плоских поверхностях междуречий лёссовых плато перигляциальной области позднеплейстоценовых оледенений, что позволяет рассматривать рельеф, почвообразующие породы и биом как условно общие (фоновые) факторы. И, во-вторых, соискатель пытается определить роль и вклад конкретных физико-химических механизмов трансформации несиликатных соединений железа в ряду ведущих элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) в черноземах, каштановых, бурых полупустынных почвах и солонцах: оксидогенезе, элювиальном (химическом выветривании), гумусоаккумулятивном, осолонцевании и иллювиировании. Последнее достигается в работе благодаря оригинальному подходу к обзору литературы, включающего дедуктивный анализ связи минерального комплекса соединений железа в почвах различных биоклиматических регионов с климатом – с одной стороны и индуктивный – анализ поведения несиликатного железа в эксперименте при различных термодинамических параметрах в условиях, воспроизведенных в лаборатории, – с другой. Это определяет обоснованность цели исследования – выявление закономерностей формирования и распределения соединений железа в степных и полупустынных почвах Восточно-Европейской равнины в связи с процессами почвообразования и градиентом климатических параметров. Действительно, выявление такой связи возможно в логическом ряду «свойство→механизмы→ЭПП→фактор». Именно поэтому оппонент убежден, что актуальность этой работы имеет также важную практическую сторону. Ввиду известной тесной связи механизмов минералогической трансформации несиликатных соединений железа с большинством ведущих ЭПП, сформировавших дневной почвенный покров и погребенные палеопочвы, признаки и свойства новообразованных соединений железа широко используются при процессно-генетических, палеопочвенных и

особенно – палеогеографических реконструкциях природной среды. При этом, как правило, исследователями избираются отдельные признаки и свойства, такие как магнитная восприимчивость, цветовой тон окраски твердой фазы, доля несиликатного железа от валового, соотношения хорошо и плохо окристаллизованных компонент, сегрегационные новообразования и пр. – в качестве диагностических. Дальнейшие логические построения производятся на основе прямого соответствия по формуле «свойства→факторы», в лучшем случае – «свойства→ЭПП→факторы» или «свойства→механизмы→факторы». Степень достоверности таких обратных реконструкций достаточно низкая вследствие недоучета многообразия вариантов сочетания отдельных физико-химических механизмов в составе ЭПП, приводящих как к изоморфизму (почвы, сформированные различными типами климата и почвообразующих пород, характеризуются схожими свойствами), так и к полиморфизму (почвы одинаковой факторной среды, например, микрокомбинации почвенного покрова, характеризуются резко различными свойствами) почвенной памяти. В рассматриваемой работе диссертант произвел полноценный минералогический и химический анализ комплексов несиликатных соединений железа в степных почвах большого географического охвата по широте и долготе, что позволило с высокой степенью достоверности установить последовательные обратные связи в цепочках «свойство←механизмы» и «механизмы←ЭПП», и в конечном итоге – оценить связь и зависимость свойств от качественных и количественных параметрических характеристик актуального климата. Проведенное исследование может и должно быть использовано в качестве эталона для почвенно-генетических и палеогеографических реконструкций на современном этапе развития генетического почвоведения, палеопочвоведения и палеогеографии. В этой связи оппонент считает недостаточным освещение автором актуальности диссертации.

Степень разработанности темы исследования определяется диссертантом как высокая в связи с длительным изучением почв степных

геохимически сопряженных ландшафтов, что позволило ранее определить зависимость состояния соединений железа в почвах от ландшафтно-климатических условий. Была установлена ведущая роль диссимиляторных железоредукторов в образовании супердисперсного биогенного магнетита. Также ранее установлена связь новообразования магнетита с формированием профиля магнитной восприимчивости и намагниченности степных почв. Тем не менее, автор справедливо указывает, что сезонная динамика процессов оксидогенеза и их связь с неоднородностью почвенного покрова степной зоны остаются недостаточно изученными. В исследованиях, посвященных минералогии соединений железа степных почв, основное внимание традиционно уделялось формированию ферримагнитных минералов, таких как магнетит и маггемит. Несмотря на их крайне низкое содержание (не более 0,03% от валового железа), именно с новообразованием этих минералов обычно связывают высокую магнитную восприимчивость гумусовых горизонтов автоморфных почв. Диссертант отмечает, что вклад других железосодержащих минералов, таких как гематит и гетит, которые составляют основную массовую долю минералов железа в степных почвах, в формировании профиля магнитной восприимчивости обычно не учитывается. Таким образом, соискатель ясно определяет проблематику диссертационного исследования и очерчивает место своей работы в современной физике, химии и минералогии почв.

Задачи работы изложены в логической последовательности выполнения исследования. Они заключаются в проведении анализа минералогического состава соединений железа, изменения их валентного состояния и содержания минеральных форм; характеристике соединений железа в гранулометрических фракциях степных почв (<2, 2-5, 5-10, 10-50, 50-250 и >250 мкм; сравнении эффективности методов определения несиликатного железа в почвах с помощью химической вытяжки Мера-Джексона и мессбаэровской спектроскопии; и, наконец, в выявлении взаимосвязи между изменением климатических параметров и процессами

преобразования железосодержащих минералов, определении степени варьирования соединений железа в верхнем слое степных почв. Задачи отражают методологию, методы исследований и согласуются с полученными автором выводами.

Научная новизна рецензируемого исследования обусловлена пионерным детальным анализом соединений железа в последовательном ряду гранулометрических фракций черноземов, каштановых и бурых полупустынных почв. Убедительно показана возможность использования коэффициента геохимического масс-баланса для определения поведения химических элементов в профиле исследованных степных почв. В результате исследования обоснована возможность применения: 1) отношения минералов железа в илистой фракции почв (гетит/(гематит+гетит)) и прироста удельной магнитной восприимчивости в слое 0-100 см как показателей для реконструкции климатических параметров в степных почвах; 2) карт магнитной восприимчивости для определения неоднородности почвенного покрова в степной зоне.

Теоретическую и практическую значимость своего исследования диссертант представляет в расширении и углублении знаний о поведении соединений железа в почвах степной и полупустынной зоны Восточно-Европейской равнины. Комплексное изучение состава, распределения, преобразований и поведения соединений железа в черноземах, каштановых и бурых полупустынных почвах позволяет выявить характерные для степной зоны механизмы мобилизации и фиксации этого элемента. Соискатель предлагает показатели магнитной восприимчивости и отношения общего гетита к суммарному содержанию гематита и гетита в илистой фракции в качестве диагностических при палеоклиматических реконструкциях. В диссертационной работе показана эффективность применения картограмм магнитной восприимчивости на малых площадках для определения почвенной неоднородности, что вносит вклад в развитие методов почвенной геофизики и позволяет более точно оценивать пространственную

вариабельность почвенных свойств. Предложенный в диссертации комплекс поверхностных и профильных измерений магнитной восприимчивости может быть использован для исследования почвенных неоднородностей, вызванных антропогенными и естественными факторами, что может быть полезно при изучении загрязненных почв и археологических памятников. Показана методологическая эффективность применения комплексного инструментального подхода для решения задач диссертации.

В диссертации В.В. Малышева защищаются следующие положения: 1. В процессе выветривания силикатных минералов крупно-пылеватых фракций степных почв происходит частичный вынос железа из их структуры, что приводит к образованию супердисперсных форм оксидов и гидроксидов железа с их последующим накоплением в илистой фракции. 2. Отношение «гетит/(гематит+гетит)» в илистой фракции верхних горизонтов степных почв коррелирует со средним годовым количеством осадков, что делает возможным использование этого параметра для палеореконструкции атмосферной увлажненности в аридных регионах. 3. Средневзвешенный прирост удельной магнитной восприимчивости в слое 0-100 см степных почв значимо коррелирует с среднегодовым количеством осадков, индексом аридности Де Мартона, индексом дефицита влаги и увлажненности, что делает его более перспективным показателем при проведении палеоклиматических реконструкций. Защищаемые положения сформулированы корректно и вполне отражают обоснованные в диссертации заключения. В качестве замечания к положению № 2 можно указать, что лишь 9 из 69 точек опробования расположены в зоне аридного климата, остальные 60 точек представляют области семиаридного и даже семигумидного климата. С учетом изложенных в диссертации материалов представляется корректным сформулировать положение № 2 для регионов с семиаридным и аридным типами климата вместо «аридных регионов».

Обзор литературы изложен на 28 страницах и состоит из трех разделов. Первый посвящен геохимическому поведению различных форм железа в

степных почвах. На девяти страницах достаточно кратко освещены описанные в литературе особенности миграции железа внутри почвенного тела и с поверхностным стоком, источники минералов группы (гидро)окислов железа в гумусово-аккумулятивных горизонтах степных почв и отличия этих минеральных комплексов от характерных для почвообразующих пород. Рассмотрено соответствие минералов преобладающим оттенкам желтого и красного тонов в системе Мансела, упомянут механизм иллювиальной аккумуляции в срединных – солонцовом и глинисто-иллювиальном горизонтах, поведение железа в механизмах глеевого ЭПП, а также более подробно освещены механизмы органоминерального хелатирования и их физико-химические диагностические показатели. Проанализированы диаграммы устойчивости различных минеральных форм (гидро)окислов железа в последовательном ряду термодинамических условий и в присутствии серии анионов в почвенном растворе. Второй раздел посвящен основным минеральным формам несиликатного железа, достаточно подробно рассмотрены комплексы (гидро)окислов железа в степных, сухостепных и красноцветных почвах средиземноморского семиаридного климата, освещены механизмы оксидогенеза автоморфных почв. Третий раздел подробно рассматривает методы изучения несиликатного железа в почвах, примененные соискателем в диссертационном исследовании.

В главе 2 «Объекты и методы исследований» автор на 18 страницах представляет фактический материал: географическое положение точек опробования, их соотнесение с контурами почвенной карты России, а также с изотермами среднегодовых температур, изохорами среднегодовых осадков и областями, выделенными согласно рассчитанному индексу аридности. Приводится общая методологическая схема и набор методов полевого и лабораторного физико-химического исследования, методы обработки данных. Наиболее важный раздел главы касается выделения почвенных групп на основе их физико-химических свойств: содержанию углерода

органических и карбонатных соединений, pH и гранулометрического состава. Для оценки связи свойств и их группировки весьма показательно использован метод главных компонент факторного анализа.

Наиболее важная и насыщенная анализом результатов исследования глава 3 рассматривает особенности минерального состава соединений железа и их распределения в изученных почвах. Здесь проанализировано профильное распределение несиликатного железа степных почв в связи с механизмами их образования *in situ* и последовательной минералогической трансформацией. Убедительно проиллюстрирована зависимость удельной магнитной восприимчивости в верхних 50 и 100 см профиля от климатических показателей среднегодовых осадков, индекса дефицита влаги и индекса аридности. В полной мере обоснованы защищаемые положения о частичном выносе железа из структуры алюмосиликатов крупнопылевой фракции и образованию супердисперсных форм (гидро)окислов железа с их последующим накоплением в илистой фракции, а также об отражении показателя отношения «гетит/(гематит+гетит)» в илистой фракции верхних горизонтов степных почв среднегодового количества осадков. Убедительно показано преимущество мессбаэровской спектроскопии в определении природного разнообразия минеральных форм и валентных состояний соединений железа по сравнению с вытяжкой Мера-Джексона, фактически отражающей реакцию железосодержащих соединений на изменение окислительно-восстановительных условий.

Глава 4 качественно иллюстрирует связь площадной вариации объемной магнитной восприимчивости, измеренной на контрольных площадках 10*10 м в зоне распространения черноземов и каштановых почв, с неоднородностью пахотного микрорельефа, мощностью темногогумусового горизонта, норными вывалами срединных горизонтов, а также с разной интенсивностью пастбищной нагрузки и в зонах сноса, транзита и аккумуляции современного агроделювия.

Выводы строго соответствуют поставленным задачам, полученным результатам и выявленным соискателем закономерностям связи показателей минерального состава несиликатных соединений железа в почвах степей климатическим параметрам.

В тексте диссертации содержится значительное количество опечаток, к сожалению, неизбежных при многократном редактировании рукописи. Тем не менее, работа написана на хорошем, лексически и стилистически выверенном – русском языке. Автор избегает частого использования сложносочиненных, составных предложений, последовательных причастных и деепричастных оборотов. В тексте своевременно приводятся расшифровки используемых аббревиатур, присутствует список сокращений, при первом упоминании отдельных специфических явлений и процессов даются краткие и ёмкие пояснения. Графики профильного распределения измеренных и вычисленных характеристик почв разделены, приведены в едином масштабе, хорошо читаемы. Все это способствует быстрому и легкому освоению рукописи и создает общее благоприятное впечатление о работе.

Диссертация Малышева В.В. полностью соответствует специальности 1.5.19. Почвоведение, а именно направлению «теоретические, научно-методические и практические вопросы минералогии почв. Изучение трансформации минералогического состава почв в процессе естественного, техногенного и агрогенного педогенеза».

По итогу знакомства с трудом соискателя у оппонента возникли следующие замечания и вопросы.

1. С учетом изложенных в диссертации материалов представляется корректным сформулировать положение № 2 для регионов с семиаридным и аридным типами климата вместо «аридных регионов», так как лишь 9 из 69 точек опробования расположены в зоне аридного климата, а остальные 60 точек представляют области семиаридного и даже семигумидного климата.

2. Из текста диссертации не вполне понятно, каким образом были получены данные зависимости прироста удельной магнитной восприимчивости (показатель $\Delta\chi_{100}$) от среднемесячных температур и осадков на диаграмме рис. 15 в разделе 3.2. Поверялись ли результаты множественного регрессионного анализа ежемесячным пробоотбором на контрольном участке?
3. Несмотря на преимущество избранной соискателем методики полевого опробования с помощью почвенного бура для полноценного выполнения поставленных в работе задач, диссертация во многом проигрывает от полного отсутствия морфологического образа объекта исследования: описаний и фотоснимков, схем профилей контрольных разрезов и/или полученных буровых кернов. Сформулированные автором выводы для верхней части профиля в интервалах 0–50 и 0–100 см зачастую тяжело сопоставить генетическим горизонтам изученных почв, особенно – срединным. Еще одним важным следствием отсутствия описаний буровых кернов в тексте диссертации и приложении является невозможность оценить вероятные причины, порой, значительной вариации измеренных показателей – как по глубине, так и в плане – ввиду влияния неоднородности почвенного покрова на уровне микрокомбинаций при случайной выборке в схеме точек опробования. Это хорошо иллюстрирует сам соискатель в главе 4, приводя картосхемы варьирования объемной магнитной восприимчивости на трех контрольных площадках в зоне распространения черноземов и каштановых почв.
4. Все изученные диссертантом почвы сформированы на позднеплейстоценовых отложениях плоских междуречий внеледниковых возвышенностей Центра и Юга Восточно-Европейской равнины: для большинства черноземов, солонцов и каштановых почв почвообразующими породами служат

поздневалдайские лёссы, бурые полупустынные же почвы развиты на слоистых отложениях позднехвалынской террасы. Это подразумевает длительную историю эволюции изученных почв, включающую как голоцен, так и позднеледниковье. Известно, что палеопочвы позднеледниковья на всей территории Восточно-Европейской равнины представлены темногумусовыми профилями, характерным признаком которых в том числе является высокий показатель магнитной восприимчивости, превышающий значения в темногумусовых горизонтах дневных голоценовых почв. Такие показатели, как содержание углерода органических соединений, кажущаяся и удельная магнитная восприимчивость являются устойчивыми для автоморфных дневных и погребенных почв голоцена и позднеледниковья. Представляется уместным предположить, что все исследованные дневные почвы вмещают позднеледниковые профили ввиду их общей поверхности. Таким образом, оппонент считает, что выявленные соискателем зависимости, например, удельной магнитной восприимчивости и отношения «гетит/(гематит+гетит)» от конкретных климатических параметров не могут рассматриваться как строго количественные вследствие значительной и нелинейной (по динамике и географическому охвату) изменчивости климата за последние 15–17 тысяч лет. Кажется более правильным сформулировать, что диссертант вскрыл общие тенденции зависимости указанных показателей от интегрального климата, используя количественные показатели актуального климата в качестве относительного количественного референса.

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 1.5.19. Почвоведение (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.

Соискатель Малышев Владислав Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение.

Официальный оппонент:

Кандидат географических наук,
Старший научный сотрудник
отдела географии и эволюции почв,
«Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук»,

Шоркунов Илья Германович

Контактные данные:

тел.: +7(909)9205102, e-mail: shorkunov@igras.ru

Специальности, по которым официальным оппонентом защищена диссертация:

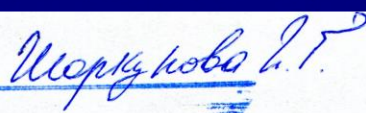
25.00.23 – физическая география, биогеография география почв и геохимия ландшафтов;

25.00.25 – геоморфология и эволюционная география

Адрес места работы:

119017, Москва, Старомонетный переулок, дом 29, стр. 4, Институт географии Российской академии наук, отдел географии и эволюции почв

Тел.: +7(495)9590033; e-mail: shorkunov@igras.ru



канцелярией
государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук
10.10.2025