

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Полякова Вячеслава Игоревича на тему «Органическое вещество криогенных почв дельты реки Лены: содержание, состав, свойства», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 – почвоведение

Актуальность исследования. Работа посвящена одному из очень важных и, надо отметить, многоаспектных проблем почвоведения: состоянию и возможным путям трансформации органического вещества криогенных почв, приуроченных к Арктическому биоклиматическому поясу. Одним из актуальных вопросов этой проблемы, до сих пор не решенных в полном объеме, является состояние органических веществ почв, сформированных и функционирующих в дельте реки Лены, на территории Сибири, и их поведение в меняющейся природной обстановке. Почвы территории Арктики в современный период глобального потепления климата привлекают к себе увеличенное внимание, поскольку они оказались наиболее восприимчивыми к происходящим в настоящее время климатическим изменениям и, как следствие, существенным (хотя и в разной степени) трансформациям ландшафтов и процессов, связанных с их формированием, функционированием и реализацией своих функций как экологических, так и глобальных масштабов. Повышенные запасы органического вещества, находящиеся в подстилающих почвы толщах многолетнемерзлых пород, в случае потепления климата и увеличения глубины оттаивания, могут представлять опасность возрастания эмиссии парниковых газов в атмосферу. Выявление основных характеристик органического вещества криогенных почв, расположенных на островных участках дельты реки Лены, делает настоящее исследование еще более значимым, поскольку островное их положение определяет особые условия почвообразования и особенности их трансформации, по сравнению с почвами коренных территорий.

Соискателем вполне корректно сформулированы **цель и задачи** работы, согласно которым определена направленность исследований и их значимость для выявления вклада почвенного органического вещества (ПОВ) криогенных почв в глобальный цикл углерода, определения их позиции в современной почвенной номенклатуре и участия в экологических функциях.

Согласно поставленным целям на основе полученных с использованием комплексного подхода результатам изучения органического вещества почв, даны формулировки **трех защищаемых положений**, которые акцентируют внимание: на значении высвобождающего органического вещества из тающего ледового комплекса в процессе почвообразования, на направленности трансформации органоминеральной части почв, приводящей к формированию устойчивых биогенных пылевато-глинистых агрегатов, а также на обосновании одного из возможных путей трансформации гуминовых веществ почв, приводящих к стабилизации почвенного органического вещества.

Основное содержание работы изложено в четырех главах, представляющих собой последовательное обсуждение: состояния изученности основных вопросов, владение которыми необходимо для интерпретации полученных материалов и определения «белых пятен» в рассматриваемой проблеме (глава 1); объектов и методов исследования (глава 2); общих закономерностей криогенного почвообразования в дельте реки Лены, включающих морфометрическую, физико-химическую, микроморфологическую характеристику изученных соискателем почв, приуроченных к территориям первой, второй и третьей террас и коренному берегу реки, а также их классификационное положение (глава 3); особенности органического вещества изученных криогенных почв дельты реки Лены, его содержания, запасов, возможных уровней минерализации, а также молекулярного строения одного из составных частей органических веществ почв – гуминовых кислот (глава 4). Завершают работу сформулированные автором четыре вывода, отражающие итоги интерпретации материалов в аспекте защищаемых положений, а также четыре приложения, содержащие

оригинальные материалы, не вошедшие в основной текст диссертации. Список использованной литературы состоит из 267 наименований, среди которых 119 – зарубежные публикации. Общий объем работы составляет 201 страницу, в том числе 13 таблиц, 40 рисунков, 4 приложения и лист со списком сокращений.

Оценивая первую главу диссертации можно отметить хорошее владение соискателем информацией из российских и зарубежных литературных источников и достаточность круга вопросов, обсужденных в ней, для выявления слабо изученных аспектов проблемы состояния и поведения органической составляющей почв, подверженных влиянию криогенеза в период глобального изменения климата.

Для понимания специфики органического вещества криогенных почв. автором в главе 2 дано не только представление объектов и методов исследования, но также развернутая характеристика факторов почвообразования территории и ключевых участков, на которых расположены объекты исследования, в виде 140 заложённых, описанных и изученных полнопрофильных разрезов почв.

Подробное описание объектов исследования и физико-географических обстановок территории их распространения, приведенное в главе 2, и соответствующих местах главы 4, а также дополнительные материалы, приведенных в приложениях А–Г, свидетельствуют об очень удачно выбранных объектах, позволивших полностью решить поставленные задачи.

Основные материалы, лежащие в основе доказательств защищаемых положений, сосредоточены в главах 3 и 4, обобщение которых позволило на основе морфометрической характеристики изученных почв, приуроченных к территориям разных террас и коренных участков, определить их классификационное отнесение, представить почвенное разнообразие для каждой территории (раздел 3.1.) и сделать вывод, что почвообразование в дельте реки Лены осуществляется как по зональным, так и интразональным вариантам, а формирующиеся почвы существенно отличаются от таковых, развивающихся на коренном берегу реки.

Анализ сочетания результатов изучения физико-химических, микроморфологических и минералогических свойств почв (раздел 3.2 и 3.3) позволил соискателю сделать вывод, что ведущим типом выветривания на данной территории является физическая его форма, и что формирование органоминеральных комплексов обеспечивает физическую стабилизацию почвенного органического вещества.

Особое место в главе занимает раздел, в котором обсуждаются результаты применения БПЛА для почвенно-геоморфологического картирования о. Самойловский, показана возможность его применения для увеличения точности карт и перспективность для обследования почв труднодоступных территорий.

В главе 4 сосредоточены практически все материалы, характеризующие почвенное органическое вещество. Обсуждена возможность определения потенциального уровня минерализуемого углерода по микробиологической активности почв, показаны различия типов изменения микробиологической активности с глубиной в почвах разной локализации и установлено, что скорость минерализации органических остатков, определяемая по эмиссии CO_2 , тесно связана с качественным составом органического вещества.

Обсуждаются результаты содержания и внутрипрофильного распределения органического углерода в почвах разных ландшафтных позиций на исследуемой территории, обосновано наличие в почвах трех типов его распределения, два из которых отличаются накоплением органоминеральных комплексов на границе с многолетней мерзлотой. Показано, что почвы дельты реки Лены отличаются высокими запасами органического углерода в составе торфяных и гумусово-аккумулятивных горизонтов, а также в органическом веществе многолетнемерзлых пород, и что постлитогенные почвы отличаются менее высокими запасами органического углерода, чем синлитогенные.

Раздел 4.3, названный «Молекулярное строение почвенного органического вещества», посвящен изложению и интерпретации результатов изучения гуминовых кислот (ГК), выделенных из серии образцов аласных почв, расположенных на третьей террасе о.

Курунгнах, Харулахском хребте и Кряже Чекановского, а также из осадков ледового комплекса. Список и их краткие характеристики даны в таблице 4.1. Приведенные результаты по элементному составу ГК позволили выявить, что органоминеральные отложения ледового комплекса отличаются от ГК, выделенных из почвенных горизонтов и характеризуются относительно высокой степенью окисления и гидрогенизации. Это может свидетельствовать об активных процессах внутримолекулярной трансформации ГК под влиянием длительного нахождения органоминеральных отложений в мерзлом состоянии.

Идентифицированные фрагменты молекулярного состава ГК с применением метода CP/MAS ^{13}C ЯМР-спектроскопии показали, что распределение структурных единиц в исследованных образцах свидетельствует о преобладании алифатических фрагментов в ГК, высоком содержании прекурсоров гумификации и низкой степени трансформации растительных остатков в почвах. Однако, выявлено и относительно высокое содержание ароматических структурных единиц, что может свидетельствовать об устойчивости ГК к биodeградации. На основе использования стандартизированных количественных показателей — степени разложения органического вещества (С-алкил/О-алкил) и интегрального показателя гидрофобности ГК (ALh,r+ARh,r) проведена оценка и сравнение молекулярной структуры ГК.

Показаны закономерности изменения характеристик фрагментного состава в ГК аласных почв, находящихся в разных геоморфологических позициях, выявлена их связь со степенью гидроморфизма. Обращается внимание на относительно высокое содержание ароматических структурных фрагментов в ГК почв с более глубоким залеганием ММП, а также повышенное содержание ароматических фрагментов в органическом веществе ледового комплекса возрастом более 34 тыс. лет.

Оценка внутрипрофильного изменения элементного и фрагментного составов ГК, проведенная для почв второй и третьей террас о-в Курунгнах и Джипириес, показала увеличение в них ароматических фрагментов с глубиной, что, может указывать на относительную устойчивость ГК к биodeградации, которая, по мнению автора, происходит в результате эволюционного отбора наиболее устойчивых молекул ГК.

Выявлено, что наиболее активные процессы гумификации происходят в погребенном органоминеральном горизонте почвы второй террасы. Автор объясняет это возможной трансформацией алифатических структурных фрагментов ГК и обращает внимание на возможность стабилизации ПОВ, которая зависит от длительности трансформации органического вещества под влиянием криогенеза и качества прекурсоров гумификации.

В целом, в главе дается анализ большого массива оригинальных данных об элементном и фрагментном составе гуминовых кислот, которые позволили соискателю показать возможность стабилизации органического вещества почв, индикатором которой могут служить структурные особенности ГК, в том числе, степень ароматичности гуминовых кислот.

Следует отметить, что главы 3 и 4 отличаются наличием большого количества четко выполненных иллюстраций, которые реально способствуют более глубокому пониманию интерпретации обсуждаемых материалов и сделанных на его основе выводов.

Научная новизна исследования, заключается в том, что на основе очень большого и разнообразного по изученным характеристикам массива данных, полученных с использованием комплекса методов изучения особенностей содержания, состава и свойств органического вещества криогенных почв дельты реки Лены на разных уровнях его организации (от морфологического до молекулярного), выявлена направленность его трансформации, одним из возможных путей которой является стабилизация. Впервые выявлены особенности молекулярного и элементного состава гуминовых кислот для криогенных почв островной локализации, а также показана значимость микроморфологического метода для выявления разной направленности трансформационных преобразований минеральной части криогенных почв дельты Лены. Впервые применен метод почвенно-геоморфологического картографирования территории дельты реки Лены на

основе высокоточных снимков с БПЛА, что показало приемлемость его использования при исследовании почв, распространенных в труднодоступных местах региона.

Теоретическая и практическая значимость работы, а также степень достоверности результатов. Полученные материалы исследования и выводы вносят существенный вклад в развитие положений, относящихся к проблемам выявления специфики почвообразования в условиях влияния многолетнемерзлых пород на неоднородных и сложных по истории формирования территориях, каковой является дельта реки Лены и подобные им участки. Они могут способствовать уточнению классификации криогенных почв, развитию учения о гумусовых веществах, а также мониторинговым исследованиям климатически активных веществ в наземных экосистемах, направленности педогенеза, поведения ледового комплекса и эмиссии парниковых газов в северных районах азиатской части страны. Материалы исследования могут способствовать моделированию глобальных циклов углерода в зоне разной степени влияния криогенеза и построению прогнозов поведения криогенных почв в меняющемся климате.

Метод почвенно-геоморфологического картирования с использованием БПЛА может быть рекомендован для исследования труднодоступных районов Арктической территории.

Степень достоверности результатов определяется использованием большого и разнообразного набора объектов исследования, изученных значительным количеством современных полевых, аналитических и инструментальных приемов и методов, а также применением статистической обработки результатов.

Работа В.И. Полякова представляет собой хорошо изложенное и очень хорошо иллюстрированное законченное исследование, в котором цель и задачи полностью решены, защищаемые положения и выводы обоснованы, автореферат и опубликованные работы полностью отражают суть диссертационного исследования, а результаты работы вносят весомый вклад в теоретические положения почвоведения, касающиеся решения проблем состояния и поведения криогенных почв в меняющейся природной среде под влиянием глобального изменения климата. Есть несколько замечаний и пожеланий, которые не касаются сути исследования, доказательств защищаемых положений, научной новизны и выводов:

1. На первой странице введения при описании актуальности исследования дается определение понятийной нагрузки термина: «органическое вещество почв (ПОВ) – это продукт, который аккумулируется в почве в виде неразложившихся, а также различной степени разложения органических остатков» (стр.5) и далее в тексте неоднократно используются термины органическое вещество почв и гуминовые вещества почв как равнозначные понятия (см., например, стр.40). Из этого следует, что гуминовые вещества почв, которые автор изучал на молекулярном уровне, есть смесь продуктов разложения органических остатков, а не специфическое вновь сформированное в почвенных условиях углеродистое соединение (например, стр. 34 начало раздела 1.6.). Раздел 1.7. называется «Молекулярные методы анализа органического вещества почв», хотя в нем рассматриваются основные методы, используемые при изучении молекулярной структуры гуминовых кислот. Хотелось бы услышать разъяснение по этому вопросу.

2. Аналогичный вопрос относится к другому употребляемому термину – «стабилизация». Установленный автором факт об увеличении содержания ароматических структурных фрагментов в составе гуминовых кислот очень важен и не вызывает сомнений, так как доказывается большим статистически достоверным материалом и, действительно, может свидетельствовать о возрастании устойчивости гумусовой составляющей почв, а вот стоит ли называть это состояние стабильностью почвенного органического вещества? Если рассматривать стабильность ПОВ при осмыслении последнего как смеси органических соединений, то есть как некую субстанцию, то стабильность должна пониматься как способность вещества оставаться неизменным. Такая стабильность или устойчивость любого природного объекта называется резистентной. Вряд ли можно отнести её к той части

органических веществ почв, которая относится к функционирующей системе гумусовых веществ. Пожалуйста, объясните Вашу точку зрения по этому вопросу.

3. Мне кажется, что разделы 4.1 и 4.2 в главе 4 лучше поменять местами, потому что логичнее сначала обсудить особенности содержания и запасов почвенного органического вещества, а затем вопросы, связанные с определением уровней потенциально минерализуемого углерода.

4. Вызывает определенный протест хаотичное цитирование соискателем литературных источников в тексте: без выстраивания источников по годам (которое любому читателю текста дает возможность сразу оценить освещение проблемы во времени) или, в крайнем случае, по алфавиту фамилий авторов (что в последнее время встречается в публикациях). Хотелось бы знать, это инициатива автора или новые неудачные правила оформления текста диссертации? Это касается также не всегда выдержанного расположения по годам цитированных источников в списке литературы, относящихся к одному и тому же автору.

5. В тексте встречается немало синтаксических ошибок, соискатель не любит расставлять запятые. Это можно вполне объяснить тем, что Вячеслав Игоревич чаще пишет и публикует статьи на английском языке, где запятые не в таком почете, как в русскоязычных текстах. Объяснить этим можно, но оправдать – нельзя: русский язык надо знать в совершенстве.

6. Хочется отметить приведение списка сокращений, что очень облегчает восприятие текста, хотя, если бы этот список был расположен впереди основного текста, а не в конце на стр.138, и в нем были бы приведены все встречающиеся в тексте сокращения (например, из таблицы Б.2 приложения, с.187), ценность его присутствия была бы в разы выше.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа **«Органическое вещество криогенных почв дельты реки Лены: содержание, состав, свойства»** соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, изложенным в Постановлении Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842, а ее автор, **Поляков Вячеслав Игоревич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19. – почвоведение.

Официальный оппонент: главный научный сотрудник лаборатории биогеоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИПА СО РАН).

Доктор биологических наук, профессор

Дергачева Мария Ивановна

30.04. 2025 г.

Подпись главного научного сотрудника лаборатории биогеоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук» Дергачевой Марии Ивановны удостоверяю:

Зав. канцелярией

Кедр-Кедренкова

30.04.2025г.

Контактные данные: Тел.: +7 913-895-5905, E-mail: mid555@yandex.com

Диссертация оппонентом Дергачевой Марией Ивановной защищена по специальности 06.01.03 – почвоведение

Адрес места работы:

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д.8/2. ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, лаборатория биогеоэкологии.

Тел. +7(383) 363 90 25; E-mail: soil@issa-siberia.ru