

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

«Федеральный исследовательский центр
«Пушинский научный центр биологических
исследований Российской академии наук»
(ФИЦ ПНЦБИ РАН)

142290, Московская обл., г. Серпухов, г. Пушкино,
проспект Науки, д.3.

Тел./факс: (4967)73-26-36,

e-mail: info@pncbi.ru, <https://www.pbcras.ru>

ОКПО 02699688, ОГРН 1025007768983,

ИНН/КПП 5039002841/503901001

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ ПНЦБИ РАН
д.ф.-м.н. Грабарник П.Я.



14.04.2025 № 191-01-2115/371
На № _____ от _____

ОТЗЫВ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Федеральный исследовательский центр «Пушинский научный центр биологических
исследований Российской академии наук» (ведущей организации) на рукопись и автореферат
диссертации Полякова Вячеслава Игоревича «**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.

Арктические и Субарктические территории в последние десятилетия привлекают особое внимание исследователей, что связано с наблюдаемым в высоких широтах процессом потепления климата. Высокая льдистость многолетнемерзлых пород, формировавшихся на арктических равнинах, обуславливает их уязвимость при повышении среднегодовой температуры. Одним из таких регионов является Дельта реки Лена – крупнейший ландшафтный комплекс, расположенный в Арктике.

Значительные запасы органического углерода, содержащиеся в толщах многолетнемерзлых пород в районах распространения отложений ледового комплекса в случае увеличения глубины сезонного протаивания будут способствовать новообразованию метана, диоксида углерода и других парниковых газов и их эмиссии в атмосферу.

Несмотря на значительное число работ по оценке содержания запасов органического вещества и характеристике биогеохимических процессов в мерзлотных почвах и многолетнемерзлых породах дельты реки Лена, по-прежнему остаются недостаточно изученными вопросы, связанные влиянием криогенеза на процессы трансформации органоминеральной части почв, с сохранностью и лабильностью органического вещества в сезонно-талом слое и залегающих ниже в многолетнемерзлых отложениях.

Проведение комплексных научных исследований арктических почв, в ландшафтах дельты Лены и мониторинга состояния компонентов природной среды, в т.ч. темпов гумификации и стабилизации почвенного органического вещества (ПОВ) в условиях развития криогенных процессов актуально и своевременно.

Содержание работы. Обоснование темы, задачи, объекты, методы и результаты исследований представлены и детально обсуждены в четырех главах диссертации,

сопровождаются выводами, списком литературы и дополнены приложениями. Рукопись диссертации занимает 201 страницу машинного текста, включает 40 рисунков и 13 таблиц. Список литературы состоит из 267 наименований, из которых 148 на русском языке и 119 на иностранном. Большой объем информации вынесен в приложения А–Г.

В главе 1 *«Обзор современных достижений науки в области изучения почв, формирующихся под действием почвенного криогенеза»* на основе современных литературных данных освещены вопросы формирования почв в Арктическом регионе России; представлен экскурс в историю развития мерзлотного почвоведения в нашей стране; описаны условия почвообразования в арктической зоне и поймах рек; даны современные представления о строении гуминовых кислот (ГК) и их экологическом значении в биосфере; рассмотрены ключевые аспекты депонирования углерода органических соединений в почвах Арктики; проанализирован российский и зарубежный опыт применения молекулярных методов анализа ПОВ; представлен анализ современных научных концепций, касающихся механизмов стабилизации ПОВ.

Глава 2 *«Объекты и методы исследования»* посвящена характеристике условий почвообразования в дельте реки Лены, описаниям ключевых районов исследования, методов, оборудования и подходов, используемых при анализе результатов. Ключевые районы исследования расположены на западе дельты реки Лены, вдоль Оленекской протоки и приурочены к первой и третьей террасам на островах Харданг, Эбе-Басын-Сисе, Джан-Гылах и Самойловский; в центральной части - на островах Курунгнах, Арга-Белир-Арыта, Тит-Ары и Столб; на северо-западе исследовали, относящийся ко второй террасе, о. Джипириес; в восточной части дельты – о. Сардах. Даны описания используемых физических, химических, биологических, картографических и статистических методов.

В главе 3 *«Общие закономерности криогенного почвообразования в дельте реки Лены»* подробно дана морфометрическая и физико-химическая характеристики и определена классификационная принадлежность почв трех разновозрастных геоморфологических террас и коренного берега дельты реки Лены. На основе представленных результатов сделано заключение о том, что почвообразование в дельте Лены осуществляется как по зональным, так и интразональным вариантам и почвы дельты существенно отличаются от почв коренного берега. Влияние реки на почвы, формирующиеся на первой террасе, проявляется в отепляющем эффекте, снижении интенсивности криогенных процессов и привноса аллювия. Почвы второй и третьей террас из-за отсутствия регулярного затопления формируются преимущественно под действием зональных условий. Важными факторами, влияющими на почвообразование в дельте, выступают возраст аллювиальных отложений и деятельность реки, приводящая к абразии, трансформации островов и деградации многолетнемёрзлых пород, с дальнейшим выносом и миграцией органического вещества в море Лаптевых и Северный Ледовитый океан. В разделе *«Почвенно-геоморфологическое картирование о. Самойловский»* обсуждаются результаты использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для съемки местности на примере о. Самойловский и дальнейшего построения почвенно-геоморфологических карт высокой точности, что особенно актуально для труднодоступных районов Арктики.

Глава 4 *«Органическое вещество почв дельты реки Лены: содержание, запасы и молекулярное строение»* имеет ключевое значение в исследовании. Оценено влияние криогенных процессов и геоморфологических позиций на изменения дыхательной активности микроорганизмов внутри профилей исследуемых почв. Проведен анализ активности минерализации органического вещества в почвах дельты. Определены

содержание и внутрипрофильное распределение ПОВ, а также оценены его запасы в метровой толще почв дельты. На примере о. Самойловский изучены закономерности пространственного распределения ПОВ. Проведенный анализ ГК, извлеченных из почвенных образцов, показал связь состава их фрагментов с интенсивностью криогенных процессов и степенью гидроморфизма почв, которые в свою очередь зависят от особенностей формирования дельтового комплекса. Особое внимание уделяется характеристике ГК, извлекаемых из погребенных почв и осадков ледового комплекса. Важным аспектом исследования является изучение трансформации погребенного органического материала имеющее значение для оценки потенциала отложений ледового комплекса в контексте климатических изменений.

Выводы. В заключении обобщены все данные и сделаны выводы об условиях почвообразования в дельте Лены, влиянии процессов криогенеза на макро- и микроорганизацию почвенных профилей, дыхательной активности почвенных микроорганизмов, активность минерализации, строения, запасах и стабильности ПОВ. Показана взаимосвязь типа растительности и состава фрагментов ГК, извлекаемых из почв. Подчеркивается, что деградация многолетней мерзлоты может привести к высвобождению и минерализации депонированного органического вещества, и указывается на возможное увеличение влияния этого процесса на баланс углерода в регионе.

Научная новизна, достоверность, теоретическая и практическая значимость. Проведённое исследование, несомненно, обладает научной новизной и практической значимостью. Особая его ценность заключается в применении интегрированного методологического подхода к изучению органического вещества почв крупнейшего дельтового комплекса Арктики, что не только повышает достоверность полученных результатов, но и закладывает основу для дальнейших исследований. Степень достоверности результатов исследований обусловлена достаточностью количества проведенных полевых и лабораторных исследований, применением современных инструментальных методов и статистической обработкой полученных результатов.

Охарактеризовано разнообразие синлитогенных и постлитогенных почв дельты реки Лены. С использованием современных инструментальных методов анализа состава органического вещества получены уникальные данные, о молекулярном и элементном составе ГК криогенных почв дельты. На основе результатов исследовательской работы разработана база данных молекулярного состава гуминовых кислот, выделенных из почв и почвоподобных тел крупнейшего дельтового комплекса Арктики (MCHAS ARCTICA) : № 2024623862, заявл. 21.08.2024 : опубл. 2.09.2024 / В.И. Поляков, Т.И. Низамутдинов, Е.В. Абакумов; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет». На основе микроморфологического анализа почвенных микрошлифов выявлены закономерности трансформации минеральной части почв в условиях криогенеза. Впервые установлены особенности накопления и миграции химических соединений в почвах дельты Лены в связи с деятельностью реки.

Важным достижением представленной работы является апробация метода почвенно-геоморфологического картографирования с использованием высокоточных БПЛА-снимков, позволяющий детализировать ландшафтную структуру и распределение почв. Такой подход имеет не только научную, но и прикладную ценность для применения в труднодоступных районах.

Результаты исследования могут использоваться при проведении регионального экологического земельного мониторинга в целях оптимизации структуры земельного фонда

и при разработке стратегий охраны и рационального природопользования в арктическом регионе, а также в курсах лекций по экологии почв, химии почв, биогеохимии Арктических экосистем и для преподавания студентам высших учебных заведений, обучающихся по биологическим специальностям.

Обоснованность положений, степень завершенности работы и характеристика личного вклада. Диссертационная работа В.И. Полякова основана на результатах лабораторных и многолетних полевых исследований автора. В ней использовались современные аналитические и инструментальные приемы и методы исследования. Выводы, представленные в диссертации, обоснованы, полностью вытекают из ее содержания и соответствуют целям и задачам исследования. Таким образом, обоснованность основных научных положений и выводов не вызывает сомнений.

В автореферате кратко изложены основные положения кандидатской диссертации. Автореферат соответствует диссертации.

Замечания по содержанию и оформлению. Несмотря на несомненные достоинства представленной к защите исследовательской работы в процессе ознакомления с содержанием диссертации возникли следующие замечания.

В *главе 1* «Обзор современных достижений науки в области изучения почв, формирующихся под действием почвенного криогенеза».

В *главе 1.5.* в первом абзаце (стр.30) есть такая фраза «На сегодняшний день здесь накоплено 1700 Пг ПОВ» откуда эта цифра? В статьях из приведённой ссылки - Biskaborn, et al. 2019; P Köchy et al. 2015 и Schiedung et al., 2022 эта величина не приводится. В статье Miner. et al. 2022, Permafrost carbon emissions in a changing Arctic и некоторых более ранних (Schuur, et al. 2015, Climate change and the permafrost carbon feedback приводится «1,700 billion tons», что равно 1,7 Пг.

При описании *объектов и методов* исследования в главе 2 дана подробная характеристика условий почвообразования в дельте Лены, представлены описания ключевых районов исследования, но не приводится информации о непосредственных объектах исследования – синлитогенных и постлитогенных почвах дельты реки Лены. Такая информация появляется в следующей главе и Приложении А. Рекомендуем в главе «Объекты и методы исследования» указать типы исследованных почв и дать ссылку на соответствующее приложение или изменить название главы на «Характеристика района исследований». Отсутствует также информация об условиях и длительности хранения отобранных почвенных образцов до начала изучения их микробиологической активности.

При описании *физических методов* указано: «Плотность твердой фазы образцов почв анализировалась весовым методом (Рожков и др., 2002), гранулометрический состав – методом Качинского (Рожков и др., 2002)» (стр. 48). Для определения плотности твердой фазы и гранулометрический состав почвенных образцов корректнее сделать ссылку на работы «Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.», «Теории и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. Москва: «Гриф и К», 2007. 616 с.», ГОСТы (12536-2014; 5180-2015). Название используемых методов требуется уточнить. Определение плотности твердой фазы почвенных образцов проводили методом пикнометров, гранулометрического состава – пипет-методом. Также нет ссылки на методику определения массы почвы с ненарушенным сложением в единице объема (объемной массы или плотности почвы), хотя далее в тексте обсуждаются данные по запасам ПОВ в метровой толще и тогда остается не понятным, как их рассчитывали.

При описании *химических методов* исследования указано, что значения рН почвы измеряли в водной и солевой суспензии со ссылкой на ГОСТ 26423-85, 2002 (стр. 49). Указанный стандарт устанавливает методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки из засоленных почв при соотношении почвы к дистиллированной воде равном 1:5. Определение рН почвы в солевой суспензии в данном стандарте не рассматривается. В России определение величины рН почвы обычно проводят при соотношении почвы к дистиллированной воде или 1 М раствора KCl равном 1:2,5. В международном стандарте 10390:2021 используется соотношение 1:5, но оно относится к объемам почвы и воды. Поэтому, здесь требуется уточнение.

При описании *биологических методов* говорится об «уровне потенциально минерализуемого углерода» (стр. 50). Поскольку не дано определение, не совсем понятно, что автор подразумевает под уровнем потенциально-минерализуемого углерода.

В описании методов исследования не приводятся расчетные формулы. Рекомендуем внести их в текст рукописи.

В разделе «Физико-химическая характеристика почв...» 3 главы отмечено, что «Почвы, формирующиеся в условиях активного затопления, имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды...Уровень рН в центральной части дельты колеблется от 7,2 до 6,3. Река Лена в нижнем и среднем течении размывает карбонатные породы, которые могут переноситься и аккумулироваться в дельте. Наличие карбонатов также отмечается и в породах Харулахского хребта и кряжа Чекановского» (стр. 78). В главе объекты и методы указано, что «Содержание углерода и азота в образцах почв определялось методом сухого сжигания. Определение проводили на элементном анализаторе EA3028-NT EuroVector...» (стр. 48). Как при расчете содержания и далее запасов ПОВ, упомянутых выше участков, учитывали углерод карбонатов, если не проводили определение их содержания?

В главе 4.3.1.1 есть фраза «Образец со склона аласа отличается повышенным содержанием ароматических фрагментов за счёт более благоприятных локальных климатических параметров и отсутствия застойной влаги, что обуславливает трансформацию растительных остатков в почве» (стр. 108). Не может ли на повышенное содержание ароматических фрагментов влиять генезис аласных отложений – то, что растительные остатки в аласных отложениях уже испытывали трансформацию при оттайке в голоцене?

В выводе 3 указано, что «Высокое содержание потенциально-минерализуемого органического вещества обнаружено в гидроморфных почвах» (стр. 136). В диссертации представлены только результаты по активности минерализации ПОВ. Расчет содержания потенциально-минерализуемого органического вещества проведен не был. Такая формулировка не корректна.

Выводы очень обширны их следовало бы значительно сократить, подобрав точные и ёмкие формулировки.

Высказанные замечания и предложения не снижают общей положительной оценки работы. Представленная Вячеславом Игоревичем Поляковым диссертация «Органическое вещество криогенных почв дельты реки Лены: содержание, состав, свойства», выполнена на должном методическом уровне, вносит значительный вклад в развитие биологической отрасли знаний.

Заключение. Полученные В.И. Поляковым результаты вносят вклад в почвоведение, экологию почв, химию почв и способствуют развитию технологий дистанционного почвенно-геоморфологического картирования труднодоступных районов с помощью БПЛА. По актуальности, новизне, научной значимости, практической перспективности, объему

выполненных исследований и глубине проработки задач работа В.И. Полякова «Органическое вещество криогенных почв дельты реки Лены: содержание, состав, свойства» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 16 октября 2024 года), а ее автор, Поляков Вячеслав Игоревич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 – Почвоведение.

Отзыв на диссертацию и автореферат В.И. Полякова обсужден и утвержден на заседании отдела криологии почв ИФХиБПП РАН – обособленного подразделения ФИЦ ПНЦБИ РАН «11» апреля 2025 года, протокол № 02.

Занина Оксана Геннадьевна,
Кандидат географических наук (25.00.25 –
геоморфология и эволюционная география),
и.о. ведущего научного сотрудника
отдела криологии почв ИФХиБПП РАН –
обособленного подразделения ФИЦ ПНЦБИ РАН
адрес: 142290, г. Пущино Московской обл.,
ул. Институтская, д.2, корпус 2
Телефон служебный: +7 4967 318138
E- mail: oksana.g.zanina@gmail.com

Варшова

11.04.2025

Ходжаева Анна Каримовна
Заведующий
Отдел кадров
11.04.2025

Н.В. Сидорова
З

Ходжаева Анна Каримовна,
Кандидат биологических наук (06.01.04 –
агрохимия), старший научный сотрудник
отдела криологии почв ИФХиБПП РАН –
обособленного подразделения ФИЦ ПНЦБИ РАН
адрес: 142290, г. Пущино Московской обл.,
ул. Институтская, д.2, корпус 2
Телефон служебный: +7 4967 318175
E- mail: khodzhaeva@pbs.ru

11.04.2025

Ходжаева Анна Каримовна
Заведующий
Отдел кадров
11.04.2025

Н.В. Сидорова