

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой
степени кандидата геолого-минералогических наук

Чербуниной Марии Юрьевны

на тему: «Особенности содержания метана и микроорганизмов
в мерзлых отложениях Центральной Якутии»
по специальности 1.6.7. – «Инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение»

Рецензируемая работа посвящена изучению распределения метана и микроорганизмов в мерзлых отложениях региона Центральная Якутия, в том числе использованию этих данных для изучения условий формирования мерзлых отложений.

Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения газовой и микробной компонент мерзлых пород, которые на данный момент являются слабоизученными. Большое количество публикаций в последние годы связано с выявлением значительной эмиссии парниковых газов в Арктике, с обнаружением ранее неизвестных процессов в криолитозоне — образованием воронок за счёт газового выброса и т.д. Вследствие климатических изменений, сопровождающихся протаиванием отложений, в атмосферу поступают парниковые газы, как ранее содержащиеся в мерзлых отложениях, так и вновь образующиеся вследствие переработки захороненного углерода микроорганизмами. В связи с этим возникает необходимость определения закономерностей образования и распределения метана в мерзлых толщах, а также микробных сообществ — как для уточнения вклада этих параметров в глобальные биогеохимические циклы, так и для определения условий их образования. Изучение микробных сообществ в мерзлых породах также позволило автору работы отметить возможность использования этих данных в качестве нового, дополнительного инструмента для изучения условий формирования мерзлых отложений.

Целью диссертационной работы является выявление закономерностей распределения концентраций метана и микробных сообществ в верхних горизонтах мерзлых пород, наиболее подверженных деградации при потеплении климата, в различных районах Центральной Якутии и установление принципиальной возможности их использования как индикаторов условий формирования мерзлых отложений.

Для достижения цели были сформулированы **задачи**:

1. Выполнить комплексное описание разрезов обнажений и скважин, проведен отбор образцов пород и льда для определения свойств, газового состава, стабильных изотопов воды, микробиологического анализа в различных районах Центральной Якутии.

2. Установить закономерности распределения метана и его генезис для различных типов мерзлых отложений Центральной Якутии.

3. Установить закономерности изменения состава микробных сообществ молекулярно-биологическими методами и возможность применения этих данных в комплексе с другими методами для восстановления истории формирования мерзлых отложений.

Для решения поставленных задач был использован широкий набор методов, свидетельствующих о высокой квалификации диссертанта.

Работа базируется на обширном фактическом материале. В основу положены материалы, собранные автором в ходе экспедиционных работ в Центральную Якутию в 2011–2012, 2016–2017 и 2021 гг.

Научная новизна представленной диссертационной работы заключается в представлении новых данных о содержании, распределении и генезисе метана в верхних горизонтах мерзлых пород Центральной Якутии и новых данных о составе микробного сообщества и возможности применения этих данных как для уточнения генезиса метана, так и для использования в установлении природных обстановок в прошлом.

В работе установлено, что данные о различной концентрации метана являются показателем различий в условиях формирования отложений. Выявлены значительные различия концентраций метана в ледовом комплексе террас левого и правого берегов р. Лена, что свидетельствует о разных ведущих факторах в его формировании. Выявлены принципиальные различия в концентрации метана в отложениях аласов – от практически полного отсутствия метана, до значений в десятки процентов. Такие различия не связаны с особенностями распределения метана в ледовом комплексе (ЛК), по которому происходило формирование аласов, а связаны со стадиями промерзания аласов. Выявлено крайне неравномерное распределение метана в подстилающих ЛК песчаных отложения неоген-среднеплейстоценового возраста. Получены новые данные по содержанию изотопа углерода метана ледового комплекса Центральной Якутии и выявлено, что метан характеризуется более высоким содержанием тяжелого изотопа ($\delta^{13}\text{C}$ от $-49,3\text{‰}$ до $-64,5\text{‰}$), чем ледовый комплекс Северо-Востока ($\delta^{13}\text{C}$ от -64 до -99‰) Якутии, что автор работы связывает со смешением биогенного метана с угольным, в том числе применяя данные молекулярно-биологических исследований по составу микроорганизмов, чей метаболизм связан с метаном.

В диссертационной работе представлены впервые полученные данные по составу микробных сообществ молекулярно-биологическими методами для обнажений ледового комплекса Центральной Якутии и показано, что на основе этих данных можно выявлять отложения, различные по возрасту и условиям промерзания. Также установлено сходство микробного состава повторно-жильного льда и вмещающих отложений в мерзлых сингенетических отложениях ледового комплекса, при этом значительные различия отмечены в отложениях эпигенетического типа и выявлены микробные сообщества, характерные для горизонтов, которые подвергались оттаиванию и последующему промерзанию.

Высокая степень **обоснованности и достоверности** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется:

- систематизацией и обобщением современных публикаций, посвященных изучению содержания метана и микроорганизмов в мерзлых отложениях
- использовании стандартных методик, применяемых в геокриологии и микробиологии для обработки и анализа материала, полученного в ходе полевых и лабораторных исследований
- значительном объеме полученных данных и их соответствия с результатами, полученными другими авторами в данных областях исследований
- детальным анализом полученных материалов
- апробацией основных научных положений на профессиональных конференциях и публикацией в рецензируемых журналах

Наработки, представленные в работе М.Ю.Чербуниной представляют несомненный **практический интерес**. Полученные данные по распределению и генезису метана в мерзлых толщах могут быть использованы для оценок запасов метана в Центральной Якутии и для более точного учета в прогнозных моделях эмиссии. Данные по взаимосвязи структуры и состава микробных сообществ с условиями промерзания и оттаивания отложений могут быть использованы для совершенствования стратиграфических схем четвертичных отложений севера.

По работе есть несколько замечаний.

1. Автор в тексте диссертации ссылается на работы оппонента Якушева В.С. как на ученого, отстаивающего положение о непроницаемости мерзлой толщи (стр. 117 диссертации). Это весьма странно, т.к. оппонент большую часть своих работ по газам в ММП как раз посвятил механизмам генерации, миграции и аккумуляции природного газа в криолитозоне, что

априори невозможно при непроницаемости мерзлых пород. Возникает вопрос о качестве работы диссертанта с научной литературой.

2. Не совсем ясна методика отбора и обработки образцов льда для микробиологических и молекулярных биологических исследований (стр.47). Каждый отобранный образец льда обрабатывался «пламенем газовой горелки»? Не приводило ли это к нарушению сплошности образца? А если такой обработки не было, являются ли штаммы бактерий, обнаруженные в образцах льда именно ледовыми или это захваченные при отборе образцов льда штаммы из вмещающих этот лед мерзлых пород?

3. Утяжеление $\delta^{13}\text{C}$ в некоторых исследованных образцах метана из мерзлых пород автор связывает (и, возможно, справедливо) со смешением местного, биогенного метана с более глубоким, угольным, поступившим в мерзлую зону по проницаемым каналам. Однако, это может быть не только угольный метан, но и катагенетический (термогенный) метан газовых или газоконденсатных залежей, который могут соседствовать в геологическом разрезе с угольными пластами. Исключать это нельзя.

Сделанные замечания не снижают научно-практическую ценность представленной диссертации и являются скорее пожеланиями автору более тщательно подходить к исходному материалу при подготовке научных работ.

Общее заключение

В целом, диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены новые данные о распределении метана и микробных сообществ в мерзлых отложениях, обоснована принципиальная возможность использования этих данных как индикаторов условий формирования мерзлых отложений.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав с разделами и подразделами, выводов и 4 приложений, изложенных на 182 страницах текста, содержит 60 рисунков, 7 таблиц и список литературы из 327 наименований. Результаты исследования сформулированы в четырех защищаемых положениях, которые хорошо аргументированы и подкреплены большим количеством аналитических данных. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Материалы диссертации изложены в 9 статьях, 4 из которых – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Положением МГУ о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по специальности.

Материалы диссертационного исследования достаточно полно отражены в публикациях автора.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.7. – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» (по геолого-минералогическим 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 приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Чербунина Мария Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Официальный оппонент:

Доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина

Якушев Владимир
Станиславович
22.11.2022

Контактные данные:

119991, город Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

Тел.
yaku@phd.ru

Диссертация доктора геолого-минералогических наук защищена по специальности 25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

Подпись Якушева В.С. удостоверяю: