

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата геолого-минералогических наук Мосиной Анны Сергеевны на**  
**тему: «Прогноз изменения напряженно-деформированного состояния**  
**многолетнемерзлых грунтовых толщ под влиянием строительства**  
**подземных резервуаров для захоронения отходов бурения (на примере**  
**Харасавэйского месторождения)»**  
**по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и**  
**грунтоведение**

Усиление техногенеза в Арктических регионах на фоне значительных трендов к потеплению климата на Севере Евразии привело к заметным преобразованиям природных условий и, прежде всего, к проявлению негативных тенденций в вечномерзлых толщах: повышению их температуры по глубине и снижению при этом прочностных свойств, увеличению глубин сезонного оттаивания грунтов, активизации опасных криогенных процессов. Еще более деструктивно для вечной мерзлоты воздействие на нее непосредственно по глубине при устройстве добычных скважин, прокладке подземных тепловыделяющих трубопроводов, осуществлении обратной закачки буровых растворов или техногенно загрязненных вод после очистки газа и т.п. Эти воздействия фактически неизбежны при добыче углеводородного сырья в криолитозоне, при этом до настоящего времени остаётся много нерешенных в науке проблем, прежде всего, сохранение (или обеспечение в проектных режимах) устойчивости вечномерзлых толщ, подвергающихся заметным отепляющим влияниям как через поверхность, так и по глубине. В этой связи тематика выполненных А.С. Мосиной исследований является весьма актуальной, так как прогноз изменения напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов, основанный на полевых, лабораторных наблюдениях, на численном моделировании и учете существующего опыта захоронения отходов при наличии сложных мерзлотных условий является весьма ценным с научных позиций и востребован в практике освоения северных регионов. Следует отметить и геоэкологический аспект рецензируемой диссертационной работы. Несомненно, что дополнительным положительным моментом в этой работе является выбор региона исследований – Западный Ямал (Харасавэйское

месторождение), где не только осуществляется добыча газа, но и существуют значительные перспективы для дальнейшего хозяйственного освоения этой сложной (в ландшафтно-мерзлотном и в геологическом отношении) территории.

Диссертация А.С. Мосиной структурирована грамотно и состоит из Введения, 4-х глав, Заключения, Списка литературы и весьма обширного (38 страниц) раздела Приложений. Общий объём диссертации, включая список литературы из 115 наименований, составляет (без Приложений) весьма внушительные 287 стр. Хотелось бы сразу отметить, что текст работы хорошо (дельно и к месту) проиллюстрирован, снабжен также требуемым для пояснения или для подтверждения результатов табличными материалами.

Во Введении дано обоснование актуальности исследования, корректно поставлены цель и задачи работы, сформулированы положения научной новизны и защищаемые положения, отмечена практическая значимость, приведены краткие сведения об источниках используемых данных и личном вкладе автора.

Первая глава (объёмом 90 страниц!) состоит из пяти разделов, охватывающих историю изучения геолого-географических условий Западных и Северо-Западных прибрежных территорий полуострова Ямал (*впрочем, «история оканчивается» 2016-м годом...отсутствуют даже упоминания о большом цикле работ последних десятилетий, выполненных в Институте криосферы Земли РАН в содружестве со специалистами Географического факультета МГУ, ВНИИокеанологии и др.*); характеризующих физико-географические условия территории Харасавэйского месторождения, инженерно-геологические параметры грунтовой толщи, мерзлотные и гидрогеологические особенности региона, современные экзогенные процессы (с акцентом на криогенные, что, вполне справедливо). Разделы о физико-географических условиях и современных экзогенных процессах проиллюстрированы качественными фотографиями автора, *правда, учитывая большую динамику процессов и достаточно активное преобразование ландшафтов, представляется, что следовало бы указать даты съёмки.* Разделы 1.3 и 1.4. базируются на научных публикациях и фондовых источниках, отображая в полной мере физические, теплофизические характеристики, прочностные параметры отложений различного генезиса. Особый интерес вызвали описания грунтовой толщи и, прежде всего, пластовых льдов на двух площадках строительства резервуаров; А.С. Мосина в дальнейшем весьма продуктивно использует данные о литокриогенном строении и свойствах мерзлых грунтов для расчетов.



Интересна и познавательна глава 2, в которой исследуются границы вечной мерзлоты на территории месторождения, а также выполнена типизация грунтовых массивов по двум группам признаков и создана общая систематизация. Исследования выполнены корректно, хотелось бы подчеркнуть тщательность, с которой А.С. Мосина осуществила количественное моделирование теплового воздействия отходов бурения на терморегим пород: а) грамотно выбрана осесимметрическая модель расчетной области (радиус 100 м и глубина 400 м), что, безусловно, позволило избежать ошибок в зоне влияния подземного резервуара; б) на мой взгляд, абсолютно верно заданы граничные условия; в) обоснованы входные параметры для расчетов; г) с нужной точностью введены начальные условия. Разумным является и учет радиационной поправки для территории с техногенной подсыпкой. Весьма любопытны результаты (рис.34 и соответствующий текст), отображающие изменение температуры мерзлых грунтов под дном резервуара в зависимости от удаления точки, а также с течением времени; выявленные закономерности, несомненно, обладают значительной научной новизной. Большой интерес представляет раздел 2.2.3., а выполненная типизация по степени «благоприятности» (на мой взгляд, термин не совсем удачный..., м.б., «повышения эффективности» ...?) для устройства резервуаров (табл.33 и соответствующий текст) возможна для использования (с соответствующей модификацией) для других территорий криолитозоны, где производится (или будет осуществляться) закачка в грунты буровых растворов, т.е. результаты ценны и с методических позиций.

В третьей главе приведены результаты лабораторных исследований мерзлых грунтов и льда. Методика проведения испытаний не вызывает сомнений, положительным моментом, безусловно, является и использование грунтовых проб, отобранных из скважин на территории Харасавэйского месторождения. Детальное изложение в диссертационной работе А.С. Мосиной методики, характеристик льда и грунтов, процессов и результатов испытаний обуславливают несомненную достоверность и качество полученных выводов. Особую ценность представляют результаты испытаний методом трехосного сжатия, подобные исследования проводятся в настоящее время не так уж и часто; к сожалению, ни в тексте, ни в Списке литературы нет указания на опубликованные автором по этой проблематике статьи, сведения о возможной публикации указаны лишь во Введении (раздел «Апробация работы и публикации»). Грамотный подход к проведению лабораторных испытаний, а также высокий уровень анализа полученных результатов не заставляет усомниться в

выдвинутом А.С. Мосиной научном положении (№ 3) о разных скоростях деформирования (при постоянном уровне девиатора напряжений) пластовых льдов без примесей и с примесью пылеватого песка, что типично для Харасавэйского месторождения. Следует отметить, что текст, описывающий эти сложные и интересные лабораторные исследования физико-механических свойств мерзлых грунтов (глава 3), изложен ясно, хорошо проиллюстрирован фотографиями, графиками и таблицами, что, несомненно, способствует лучшему пониманию представленных результатов.

Глава 4, название которой почему-то фактически повторяет название диссертации – за исключением указания на Харасавэйское месторождение, имеет, безусловно, важное значение. Особенно импонирует то обстоятельство, что А.С. Мосина при полевых исследованиях на месторождении детально изучила реальную технологию устройства резервуаров для захоронения буровых отходов; судя по тексту диссертации даже не специалисту в этом вопросе становится ясным методы возведения этих сложных объектов. В работе приведены и интересные сведения о составе отходов, их объёмах, содержании различных химических элементов (Приложение 7); в этом плане важна и экологическая составляющая рецензируемой работы. Для прогноза изменения напряженно-деформированного состояния грунтовых толщ, в пределах которых размещаются резервуары для захоронения буровых отходов, справедливо выбрана методика из СП 123.13330.2012, четко изложены критерии оценки устойчивости сооружения, обоснована целесообразность для района Харасавэйского месторождения проведения прогноза по двум группам предельных состояний. Постановка задачи численного моделирования (раздел 4.3) выполнена корректно, логично обоснована возможность решения задачи в осесимметричной постановке. Двухмерные модели позволили А.С. Мосиной получить достоверные результаты для разных типов грунтовых толщ; представленные на рисунках изополя максимальных перемещений хорошо отображают те сложные процессы, которые возникают при эксплуатации резервуаров в вечной мерзлоте. Изучение поведения грунтовых толщ, анализ различий, связанных со свойствами тех или иных вечномерзлых пластов, поиск оптимальных форм резервуаров позволили А.С. Мосиной сформулировать весьма важное научное положение (№ 4), отображающее прогноз поведения в сложной системе «подземный резервуар – вмещающая мерзлота с различными характеристиками».

В кратком Заключение приводятся основные, на взгляд А.С. Мосиной, выводы, полученные в результате выполненных исследований. Всего выводов четыре, они



расширяют и дополняют защищаемые научные положения. Представляется, что выводы логично вытекают из текста диссертации, дают ясное представление о поведении резервуаров для хранения отходов бурения Харасавэйского месторождения в сложных мерзлотно-грунтовых условиях этого региона.

В диссертации, представленной А.С. Мосиной, апробированы различные математические модели, широко использованы результаты полевых и лабораторных исследований. Важно отметить, что выделены определяющие параметры различных моделей, точность определения которых несомненно влияет на достоверность расчетов, прогнозов. Полученные А.С. Мосиной результаты вносят заметный вклад в современное инженерное мерзлотоведение, расширяют знания о поведении подземных сооружений в сложных мерзлотно-грунтовых условиях. Эти результаты важны как с точки зрения расширения знаний по механике мерзлых грунтов и льдов, так и в решении прикладных инженерных и геоэкологических задач.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, подготовленной А.С. Мосиной. Материалы диссертации изложены автором в ряде публикаций, в т.ч. в источниках, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.6.7 – «инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

При прочтении работы возник ряд вопросов и замечаний:

1. В 1-й главе сведения о среднемесячной температуре наружного воздуха приведены из отчета (2013г.) по результатам изысканий, выполненных ООО «Промнефтегазпроект» (Тюмень). что несколько странно, маловероятно, что наблюдения за этим параметром велись в вышеуказанной организации много десятилетий, чтобы получить достоверные среднемесячные значения... Недалеко от месторождения в этой климатической области расположена имеющая длинные ряды метеостанция Марре-Сале, при этом результаты метеонаблюдений по этой станции весьма интересно (прежде всего, с позиций воздействия на геокриологические условия территории) исследованы докт. А.А. Васильевым, его коллегами из Института криосферы Земли РАН...

2. Работы на Ямале (прежде всего, в его западных областях) по изучению мерзлотно-геологических условий, выполненные и опубликованные А. А. Васильевым,

М.О. Лейбман, А.И. Кизяковым, И.Д. Стрелецкой и многими другими коллегами из ИКЗ, МГУ, почему-то не учтены, не проанализированы приведенные там результаты, поэтому и не указаны в Списке литературы...

3. Некоторые характеристики пород, приведенные в разделе 1.3.2. (состав, строение... грунтов...) , в дальнейшем не находят применения, в т.ч. при количественном прогнозе (например, сведения о минералогическом составе, табл.3, и т.п.).

4. Представляется, что раздел 1.4. (...мерзлотные условия...) был бы более полным и научно весомей, если бы автор ознакомилась и проанализировала работы И.Д. Стрелецкой, Н.А. Шполянской и ряда других коллег, в которых исследуется проблематика (в том числе и с позиций генезиса) пластовых льдов, засоленных отложений, включая криопэги и др.

4. Во второй главе следовало бы в буквенных обозначениях тех или иных характеристик (например, температуры начала замерзания, величины фазовых переходов и т.п.) придерживаться принятых в Своде Правил, а также в современных научных публикациях.

5. Представляется, что в главе 3 следовало бы подчеркнуть, что и пластовые льды естественного происхождения, и лед криогенных текстур всё же не идентичны (структура, некоторые физико-механические свойства) искусственно полученным в лаборатории образцам. Несколько смущает, что по результатам весьма любопытных исследований, приведенных в главе 3, сделано ПЯТЬ основных и, на мой взгляд, значимых выводов, однако «вытекло» лишь ОДНО защищаемое положение... как-то «жаль» ряд оставленных «без должного внимания» результатов структурно-текстурных изучений, оценки влияния степени засоленности на прочностные свойства и т.п.

6. Защищаемое положение №1 сформулировано несколько расплывчато, без акцента – а какие именно процессы, свойства грунтов являются максимально опасными (с позиций устойчивости) для закачки и хранения буровых отходов на территории конкретного Харасавэйского месторождения ?

Указанные замечания не умаляют ценности и качества выполненной работы, в которой решена одна из наиболее сложных (и интересных!) задач в инженерном мерзлотоведении, в грунтоведении и, в определенной степени, в геоэкологии, в строительных науках. Диссертация Мосиной А.С. заслуживает высокой оценки, 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», а также критериям, определенным «Положением о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», оформлена в соответствии с необходимыми требованиями.

Таким образом, соискатель Мосина Анна Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

**Официальный оппонент:**

кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент кафедры криолитологии и гляциологии  
Географического факультета ФГБОУ ВО «Московский  
государственный университет имени М.В. Ломоносова»

**Гребенев Валерий Иванович**

18 » января 2023 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(495)9393673;

дох.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 04.00.07 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение), кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры криолитологии и гляциологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Адрес места работы: г. Москва, 119991, ГСП – 1, Ленинские Горы, 1, МГУ имени М.В. Ломоносова., Географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии

Подпись сотрудника кафедры криолитологии и гляциологии Географического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» В.И. Гребенева удостоверяю:

Декан Географического факультета  
ФГБОУ ВО «Московский государственный  
университет имени М.В. Ломоносова»,  
профессор, академик РАН

**С.А. Добролюбов**

« 18 ». 01. 2023