

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**о диссертации 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»**

**Общие сведения о диссертации**

Диссертация А.С. Мосиной выполнена на тему «Прогноз изменения напряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых грунтовых толщ под влиянием строительства подземных резервуаров для захоронения отходов бурения (на примере Харасавэйского месторождения)». По содержанию это законченное, научное исследование.

**Цель работы:** прогноз изменения напряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых грунтовых толщ под влиянием строительства подземных резервуаров для захоронения отходов бурения на территории Харасавэйского месторождения.

Диссертационная работа изложена на 325 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения, 7 приложений и списка литературы из 115 наименований. Текст содержит 46 таблиц и 149 рисунков.

**Во введении** обосновывается актуальность, формулируются цель и основные задачи исследований, научная новизна, приводятся сведения об объекте и фактическом материале, описывается методика исследований, личный вклад автора, обосновывается практическая значимость работы.

**В Главе 1** представлена детальная характеристика инженерно-геологических условий территории Харасавэйского месторождения включая: историю инженерно-геологического изучения; оценку физико-географических условий; основные черты строения верхней части геологического разреза месторождения; особенности состава, строения, состояния и свойств грунтов; оценку мерзлотных и гидрогеологических условий; описание подземных льдов и современных экзогенных геологических процессов и явлений. Рассматриваемая часть работы хорошо проработана и имеет несомненную научную и практическую значимость.

**Глава 2** посвящена типизации многолетнемерзлых грунтовых толщ Харасавэйского месторождения. В ней делается попытка решить две задачи. Первая из решаемых задач – определение границы зоны влияния, или в трактовке автора диссертационной работы – «глубины активной зоны при строительстве подземного резервуара» имеет концептуальное значение для инженерной геологии. Для ее решения были использованы методы численного моделирования. Вторая задача – посвящена собственно типизации многолетнемерзлых грунтовых толщ с учетом определения их границ, полученных на основе решения первой задачи. За основу взят подход, предложенный В.Т. Трофимовым и соавторами при систематизации грунтовых толщ Западно-Сибирской плиты. В результате автором сделана попытка типизации грунтовых толщ Харасавэйского месторождения по

благоприятности для строительства подземных резервуаров под захоронение отходов бурения.

*В главе 3 «Физико-механические свойства грунтов, слагающих многолетнемерзлые грунтовые толщи Харасавэйского месторождения»* подробно описывается методика подготовки образцов многолетнемерзлых грунтов и льдов и результаты их испытаний методом трехосного сжатия с целью получения их прочностных и деформационных параметров, в том числе, входящих в расширенную модель Друкера-Прагера, которая была использована при численном моделировании НДС. Данная глава является бесспорным украшением диссертационной работы. Возможно, третью главу следовало поменять местами со второй. В этом случае, возникло бы меньше вопросов к приведенному во второй главе моделированию НДС и более логичным, с применением индукции, был бы переход к типизации многолетнемерзлых грунтовых толщ.

*В главе 4 «Прогноз изменения напряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых грунтовых толщ под влиянием строительства подземных резервуаров для захоронения отходов бурения»* приводятся: сведения по технологии строительства и эксплуатации подземных резервуаров; анализ существующих методик составления прогноза изменения напряженно-деформированного состояния грунтовых толщ, вмещающих подземные резервуары; дается описание авторской методики прогноза, основанной на численном моделировании НДС методом конечных элементов и приводятся результаты ее апробации.

*Заключение диссертационной работы* содержит основные выводы по выполненным исследованиям.

#### **Актуальность темы диссертации**

Прогноз изменения напряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых грунтовых толщ под влиянием строительства подземных резервуаров для захоронения отходов бурения, является весьма актуальной темой, так как необходим для надежного функционирования сооружения и предотвращения возникновения и развития инженерно-геологических процессов в криолитозоне.

#### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Научные положения и рекомендации, сформулированные А.С. Мосиной в диссертационной работе, в целом в достаточной степени обоснованы, корректность базирующихся на них выводов, в должной мере, является приемлемой. Доказательством этого является выполненный анализ обширной первичной геологической информации. Основные положения, выносимые на защиту, базируются на оригинальном фактическом материале и апробированы в публикациях автора в рецензируемых научных журналах и докладах на всероссийских и международных конференциях.

**Личный вклад автора** определяется ее основополагающим участием на всех этапах исследований, включая: анализ инженерно-геологической информации о грунтах; построение инженерно-геологических разрезов; выполнение типизации грунтовых толщ Харасавэйского месторождения и выделение среди них благоприятных для строительства подземных резервуаров; изготовление образцов льда; проведение и обработка испытаний мерзлого грунта методом трехосного сжатия; изучение структурно-текстурных особенностей льда до и после проведения испытаний; выполнение численных расчетов изменения НДС благоприятных грунтовых толщ, вмещающих подземные резервуары;

участие в полевом сопровождении строительства подземных резервуаров для захоронения отходов бурения на территории Харасавэйского месторождения.

### **Достоверность и новизна исследования, полученных результатов**

Не вызывает сомнения научная новизна работы. В частности, обобщены характеристики состава, строения, состояния и свойств грунтов Харасавэйского месторождения и на их основе проведена типизация многолетнемерзлых грунтовых толщ; получены показатели физико-механических свойств льда методом трехосного сжатия для прогноза изменения напряженно-деформированного состояния.

*На защиту выносятся четыре положения, которые концентрируют в себе результаты проведенных исследований по теме диссертации:*

*1. По результатам изысканий и опубликованным данным охарактеризованы инженерно-геологические условия территории Харасавэйского месторождения для целей строительства подземных резервуаров под захоронение отходов бурения. Сложность инженерно-геологических условий территории обосновывается изменчивостью состава и строения вмещающих подземные резервуары грунтовых толщ, которая проявляется в различной льдистости и степени засоленности мерзлых грунтов, наличии высокоминерализованных вод и мощных пластовых льдов разного состава, а также необходимостью выбора строительных площадок с плоским рельефом без развития опасных геологических процессов.*

*2. На основе анализа геологического строения Харасавэйского месторождения проведена общая характеристика и систематизация многолетнемерзлых грунтовых толщ территории, нижняя граница которых по результатам численного моделирования установлена на глубине 70 м; среди них выделены толщи, благоприятные для строительства подземных резервуаров под захоронение отходов бурения по признакам, отражающим состав, строение и современное состояние вмещающих их грунтов.*

*3. Установившееся течение льдов с 20% минеральных примесей пылеватого песка, моделирующих пластовые льды, встречающиеся в грунтовых толщах Харасавэйского месторождения, развивается с меньшими скоростями деформирования при постоянном уровне девиатора напряжений, чем это наблюдается у пластового льда без примесей.*

*4. При строительстве подземных резервуаров для захоронения отходов бурения в грунтовых толщах Харасавэйского месторождения не прогнозируется развитие пластических зон при условии оптимальной формы емкости. Размещение подземных резервуаров в мерзлых средnezасоленных песчаных грунтах не приведет к изменению их формы и значительному оседанию земной поверхности над ними, однако спровоцирует большее снижение объема емкостей с течением времени по сравнению с сооружением подземных резервуаров только в слабозасоленных разностях. Наибольшее снижение объема подземных резервуаров с течением времени прогнозируется при их строительстве в грунтовых толщах, содержащих мощные слои чистого льда, в особенности в сочетании со средnezасоленными песчаными грунтами. При залегании мощного чистого льда в своде подземных резервуаров с течением времени произойдет максимальное изменение их формы и оседание земной поверхности над ними.*

### **Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

*Теоретическая значимость работы* заключается в соответствии с фундаментальной задачей инженерной геологии в определении границ области литотехнической системы, оказывающей влияния на состояние инженерного сооружения.

*С практической точки зрения* важным представляется примененный в работе принцип типизации грунтовых толщ. Использование полученных показателей физико-механических свойств льда возможно при выполнении проектирования подземных резервуаров во льдах, в том числе искусственно намороженных.

### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты разработок автора в части типизации грунтовых толщ и методики подготовки образцов льда различного типа могут быть использованы в научных, учебных и практических целях.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенности**

Рассматриваемая диссертация представляет собой законченное исследование, выполненное автором самостоятельно.

### **Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации; мнение о научной работе соискателя в целом**

В целом, кандидатская диссертация А.С. Мосиной заслуживает положительной оценки. В то же время, она вызывает ряд принципиальных вопросов и замечаний научно-методического характера, дополнительную аргументацию которых следует осуществить в процессе публичной защиты.

К их числу относятся следующие:

#### **Введение**

- (Стр. 4) *Что такое техногенный геологический процесс и в чем его отличие от инженерно-геологического?*

#### **Глава 1**

Данная глава хорошо проработана, а первое защищаемое положение может считаться в достаточной степени обоснованным.

#### **Глава 2**

##### **Касательно границы грунтовой толщи.**

Согласно тексту диссертационной работы (Стр. 100) *«Грунтовая толща – это толща горных пород и почв, слагающая верхнюю часть разреза разных геоморфологических элементов и находящаяся сейчас или в будущем в сфере влияния различных инженерных сооружений. Нижняя граница грунтовой толщи принята по максимальному оцененному влиянию и назначена на глубине 70 м».*

Данное определение грунтовой толщи как части литосферы, находящейся в сфере влияния различных инженерных сооружений – понятие важное для экологической геологии. Для инженерной геологии важным является определение границ области литосферы, которая будет оказывать влияние на состояние инженерных сооружений. В этой связи возникают следующие вопросы:

- *Размер расчетной области при моделировании НДС составлял 100x150 м . Чем он обоснован?*
- *Размер расчетной области при моделировании влияния теплового воздействия составлял 100x400 м. Чем он обоснован и почему размеры расчетных моделей различны?*

#### **Касательно выбранного подхода к моделированию.**

Согласно тексту диссертационной работы (Стр. 100) «Чтобы определить нижнюю границу грунтовой толщи (мощность грунтовой толщи), необходимо было проанализировать влияние от строительства подземных резервуаров. Оно обусловлено: (а) изменением НДС толщи в результате формирования в ней незакрепленной выработки и (б) тепловым воздействием захораниваемых в подземный резервуар отходов бурения. Прогноз первого из них выполнен в программном комплексе Simulia Abaqus методом конечных элементов, второго – в программном комплексе Heat методом конечных разностей».

- *Таким образом, в диссертации моделирование НДС и теплового воздействия выполнялось отдельно, более того результаты теплофизических расчетов не учитывались при оценке изменения НДС, но Simulia Abaqus позволяет сделать совместный расчет, на основе которого можно получить гораздо более достоверные результаты. Почему он не был использован?*

#### **Касательно исходных данных**

Согласно тексту диссертационной работы (Стр. 102) «Для описания механического поведения грунтовых толщ использована упруго-вязкопластическая расширенная модель Друкера-Прагера». Обоснование выбранной модели при этом отсутствует. С одной стороны, например в Plaxis есть более подходящая модель Frozen and Unfrozen Soil Model, с другой, преимущества любой модели быстро сводятся к нулю некачественными и недостоверными исходными данными.

- *Почему была использована именно данная модель?*

Согласно тексту диссертационной работы (Стр. 102) «В расчетах использованы показатели физико-механических свойств мерзлых грунтов, полученные на допроектной стадии методом трехосного сжатия, их точные значения представлены в табл. 28.»

- *Что значит термин «точные значения показателей физико-механических свойств мерзлых грунтов» и как они определяются или рассчитываются?*
- *Для какого диапазона температур и давлений приведены значения показателей физико-механических свойств мерзлых грунтов, в частности модуля деформации?*
- *Как учитывался масштабный эффект?*
- *Как определялись теплофизические свойства?*
- *Табл 29 – теплоемкость грунтов дана в Вт ч/м<sup>3</sup> °С, ранее (см. Главу1) она давалась в Дж Дж/(м<sup>3</sup>·°С)·10<sup>6</sup>, с чем связана смена единиц измерения?*

### **Касательно расчетных схем**

В диссертационной работе «на рис. 28 показана расчетная схема, отражающая глубину расположения модельного подземного резервуара и геологическое строение вмещающего массива мерзлых грунтов. Подробные данные о составе, строении и свойствах вмещающих мерзлых грунтов приведены в приложениях 2 и 4 (скважина ю-2)».

- *Скважина ю-2 имеет глубину 70м. Как, на основании этих данных были построены расчетные схемы с глубинами 150 и 400 м? Как объяснить следующий факт, что согласно рис 32 среднеплейстоценовые мерзлые тяжелые суглинки салехардской свиты залегают на глубине 400 м., при этом ранее (стр. 21) сказано, что четвертичные отложения распространены до глубины 150-160 м.?*

### **Касательно анализа результатов**

В качестве результатов моделирования приведен - Рис. 29. Перемещение мерзлого грунта под дном модельного подземного резервуара по результатам численного моделирования.

К данным результатам есть несколько вопросов:

- *Так как в работе заявлялся анализ НДС, то хотелось бы знать что-нибудь про изменение полей напряжений?*
- *О каких перемещениях на Рис. 29. идет речь – общих, горизонтальных, вертикальных?*

### **Касательно задания граничных условий теплофизической модели**

- *Граничные условия задавались как стационарные или они изменяются во времени?*
- *Как учитывалось тепловое воздействие отходов, какие условия задавались на границе резервуара?*

### **Касательно мощности многолетнемерзлых грунтов**

Согласно диссертации, мощность многолетнемерзлых грунтов изменяется от первых метров в субквальных частях месторождения и до 180 м в его континентальной части (стр. 61).

- *Глубина нижней границы теплофизической модели – 400м. Была ли получена при моделировании нижняя граница мерзлых грунтов и на какой глубине?*

### **Типизация многолетнемерзлых грунтовых толщ территории**

#### **Харасавэйского месторождения**

Выполненная типизация отражает все многообразие грунтовых толщ Харасавэйского месторождения с их инженерно-геологическими особенностями. Она может быть использована для оценки благоприятности того или иного типа грунтовой толщи для строительства подземных резервуаров (стр. 119).

*Данное утверждение является дискуссионным. Как указывалось ранее, определение грунтовой толщи как части литосферы, находящейся в сфере влияния различных*

*инженерных сооружений – понятие важное для экологической геологии. Для инженерной геологии важным является определение границ области литосферы, которая будет оказывать влияние на состояние инженерных сооружений. Очевидно, что для оценки благоприятности для строительства подземных резервуаров необходимо типизировать области литосферы, которые будут оказывать влияние на состояние инженерных сооружений. В этой связи, выполненная типизация не может быть использована для оценки благоприятности строительства подземных резервуаров, и таким образом второе защищаемое положение является дискуссионным.*

### **Глава 3**

Данная глава является бесспорным украшением диссертационной работы, а третье защищаемое положение может считаться в достаточной степени обоснованным.

В качестве пожеланий и рекомендаций хотелось бы обратить внимание автора диссертации на следующие моменты:

- *физико-механические свойства многолетнемерзлых грунтов, в том числе и параметры, входящие в расширенную модель Друкера-Прагера будут существенным образом зависеть от температуры, что особенно актуально для грунтовых толщ с температурами ниже -5 градусов.*
- *было бы полезным привести сводную таблицу с физико-механическими свойствами грунтов и подземных льдов, рекомендуемыми для проведения расчетов.*
- *приведенные в главе исследования структурно-текстурных особенностей льда весьма интересны, но слабо согласуются с темой диссертационной работы.*

### **Глава 4**

Приведенная в главе методика прогноза изменения НДС грунтовых толщ, вмещающих подземные резервуары для захоронения отходов бурения, так же как и полученные на ее основе результаты моделирования в дополнение к ранее заданным вопросам ко второй главе, вызывает ряд новых:

#### **Касательно задания граничных условий.**

Согласно тексту диссертации *«Расчетная модель представляла собой слоистый массив мерзлых грунтов размером 70x70 м. Верхняя горизонтальная граница расчетной области соответствовала земной поверхности, нижняя горизонтальная граница располагалась на глубине 70 м, ширина области равнялась 70 м»* (стр. 256).

Ранее (см. главу 2) размер расчетной области при моделировании НДС составлял 100x150 м. При этом, было продемонстрировано, что на глубине 70м (рис. 30) перемещения мерзлого грунта составляют 2 см.

- *Требуется пояснения по какой причине изменен размер расчетной области, а перемещения мерзлого грунта на глубине 70 м. были обнулены?*

#### **Касательно исходных данных**

Согласно тексту диссертации «Показатели физико-механических свойств мерзлых грунтов и льда каждого ИГЭ, принятые в численных расчетах изменения НДС грунтовых толщ, приведены в табл 45».

- *Требуется пояснение как они были получены. Если на основании исследований, приведенных в главе 3 то это надо указать, но и в этом случае, для получения расчетных значений необходима их статистическая обработка, о которой ничего не сказано.*

*Но главное - полное игнорирование эффектов растепления, при прогнозе НДС грунтовых толщ, вмещающих подземные резервуары для захоронения отходов бурения, делает результаты моделирования полностью недостоверными.*

*В этой связи, четвертое защищаемое положение не может считаться в достаточной степени обоснованным.*

### **Апробация результатов диссертации**

Результаты исследований, рассматриваемые в диссертации, изложены в 6 публикациях, в том числе в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Положением МГУ о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

### **Соответствие содержания диссертации указанной специальности**

Работа имеет фундаментальный характер, направлена на решение научных и прикладных задач инженерной геологии и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.6.7 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение по следующим областям исследования (согласно паспорту специальности):

- Физические, физико-механические и физико-химические свойства грунтов, природа их деформируемости и прочности, корреляция между свойствами, классификационные и расчетные показатели свойств грунтов.
- Напряженное состояние массивов пород (грунтовых толщ), оценка их прочности, устойчивости и деформируемости при природных и техногенных нагрузках.
- Физическое, математическое, аналоговое и другое моделирование геологических, геокриологических и инженерно-геологических процессов, прогноз их развития во времени-пространстве, оценка и управление геологическими опасностями и геологическими рисками.

### **Соответствие автореферата содержанию диссертации**

Автореферат по форме, объему и оформлению соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы. Основные материалы диссертационной работы, аргументация защищаемых положений и выводы в полной мере отражены в автореферате.



## Заключение.

Новые научно-практические результаты, полученные **Мосиной Анной Сергеевной**, имеют существенное значение для инженерной геологии, а также для практики инженерно-геологических исследований и изысканий.

Работа выполнена автором самостоятельно на актуальную тему, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Для достижения поставленной цели сформулированы задачи исследований и выбрана методология их решения. Три из четырех защищаемых положений в достаточной степени аргументированы, и базируются на качественном фактическом материале, полученном лично автором либо при его участии. Выводы, в большинстве случаев, обоснованы и отличаются научной новизной, практической ценностью и достоверностью, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

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), 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 **Мосина Анна Сергеевна** 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 инженерной геологии гидрогеологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ)  
Фоменко Игорь Константинович

Контактные данные:

телефон: \_\_\_\_\_

Электрон

[fomenko@mgri.ru](mailto:fomenko@mgri.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Адрес места работы:

119234, Российская Федерация, Москва, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23.  
ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), гидрогеологический факультет, кафедра инженерной геологии  
тел.: +7 (495) 255-15-10, доб. 21-26, e-mail: [ggf@mgri.ru](mailto:ggf@mgri.ru)