

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Бадоева Александра Сергеевича “Инженерно-геологическое обоснование формирования намывных техногенных грунтовых массивов в условиях криолитозоны (на примере Норильского промышленного района)”, представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение**

### **Актуальность темы**

Тема диссертационной работы актуальна и значима для современной инженерной геологии, поскольку затрагивает инженерно-геологические и геоэкологические аспекты реализации геотехнических решений в области строительства гидротехнических сооружений. При проектировании, строительстве и эксплуатации горно-обогатительных комбинатов и фабрик в условиях распространения многолетнемёрзлых пород одной из важнейших задач является соблюдение всех необходимых природоохранных мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую природную среду. Таким образом, инженерно-геологические особенности формирования намывных техногенных грунтовых массивов для складирования отходов требуют пристального внимания изыскательских и строительных организаций. Особенно актуальны эти исследования для области распространения криолитозоны, где очень важен температурный режим формирования геотехнических массивов.

**Цель работы** заключается в инженерно-геологическом обосновании формирования намывных геотехнических массивов в криолитозоне с учетом консолидационных свойств техногенных грунтов для повышения устойчивости. При этом соискатель решает следующие задачи: 1) Анализ особенностей строительства и эксплуатации намывных техногенных массивов горнодобывающего и металлургического производства; 2) Исследование физико-механических характеристик техногенных грунтов-хвостов в лабораторных условиях; 3) Разработка методики оптимизации параметров намыва техногенного массива с учётом консолидационных свойств твёрдой фракции; 4) Практическая реализация разработанной методики (на примере хвостохранилища «Лебяжье» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»).

На защиту автором выдвигаются три положения:

1. Установлены закономерности формирования физико-механических свойств хвостов в намывных массивах, основные виды микроструктур и типы контактов между структурными элементами, составлена классификация намывных грунтов, которая

используется для прогноза технологической и экологической безопасности хвостохранилища.

2. Формирование геотехнического массива происходит при оптимальном значении влажности 20%, а группы консолидационных характеристик намываемых грунтов, определенные при различных значениях влажности и плотности, однородны между собой, и различия между парами групп статистически незначимы.

3. Намыв геотехнического массива при отрицательных температурах прекращается за период, равный времени консолидации до наступления температуры  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Защищаемые положения раскрыты в диссертационной работе. Структура работы логична, последовательна и представляет собой цельное законченное научное исследование, имеющее высокую научную и практическую значимость. Диссертация включает введение, четыре главы и заключение, изложенные на 138 страницах, в том числе 29 рисунков, 23 таблицы и список использованных источников из 161 наименования.

**Глава 1 «Анализ существующих способов возведения намывных техногенных массивов»** посвящена обзору основных способов возведения намывных техногенных массивов в криолитозоне, обеспечивающих устойчивость ограждающих конструкций с целью соблюдения условий технологической и экологической безопасности сооружения, а также краткой характеристике климатических и мерзлотно-геологических условий Норильского промышленного района.

**Глава 2 «Комплексное исследование состава, структуры, свойств техногенных грунтов и аналитическое обоснование методики определения параметров процесса возведения намывных сооружений»** включает определение гранулометрического и минерального состава дисперсных грунтов, их физических и физико-химических свойств, а также основных прочностных и деформационных характеристик намывных отложений, слагающих техногенный массив. Кроме этого данная глава содержит положения сетевого планирования процессов и корреляционно-регрессионного анализа, что в свою очередь дает автору возможность обосновать выбор используемой методики математического моделирования для оптимизации параметров намыва гидротехнического сооружения.

**В главе 3 «Лабораторные исследования процессов намыва ограждающей дамбы хвостохранилища»** представлены основные принципы и критерии физико-математического моделирования намыва ограждающей дамбы хвостохранилища «Лебяжье» ОАО ЗФ ГМК «Норильский никель». Выполнено описание лабораторной установки ЛАОС-1У для исследования процесса намыва дамбы, которая позволила

произвести моделирование процесса возведения ограждающих конструкций намывных гидротехнических массивов при различных геокриологических условиях и размерах сооружения. Это позволило определить параметры намыва техногенного массива (время заполнения участка намыва, высота годового намыва, время заполнения яруса участка намыва) по результатам лабораторных испытаний. Также, установлены величины максимальной плотности и оптимальной влажности отложений, которые необходимо обеспечивать при намыве нового слоя.

**Глава 4 «Оптимизация параметров возведения намывного хвостохранилища «Лебяжье» ЗФ ГМК «Норильский никель»** содержит результаты комплексного исследования проблемы возведения намывного хвостохранилища «Лебяжье», где автором достаточно подробно изложена методика определения параметров намыва гидротехнического массива, выделены основные этапы и построен сетевой график намыва для оптимизации данных работ.

**Научная новизна** работы и **личный вклад** автора основываются на использовании достаточно большого объема исходных фактических данных, полученных при непосредственном участии соискателя при определении физико-механических характеристик техногенных грунтов и обработке экспериментальных данных, что позволило разработать методику оптимизации параметров намыва хвостохранилищ с учетом времени консолидации техногенных грунтов в условиях криолитозоны: 1) Установлены закономерности формирования физико-механических свойств хвостов в намывных массивах, основные виды микроструктур и типы контактов между структурными элементами; 2) Определены соотношения между максимальной плотностью и оптимальной влажностью хвостов в процессе консолидации твердой фракции при намыве геотехнического массива в условиях криолитозоны; 3) Установлены корреляционные зависимости консолидационных характеристик намываемых хвостов при различных значениях влажности и плотности с использованием критериев Крускала-Уоллиса и Манна-Уитни; 4) Выполнено математическое описание зависимости технологических параметров возведения геотехнического массива (времени заполнения участка намыва, высоты годового намыва, времени заполнения яруса участка намыва) от геометрических характеристик объекта и участка складирования, физико-механических свойств хвостов и климатических условий; 5) Доказана необходимость учёта консолидационных характеристик твердой фракции при возведении геотехнического массива с использованием сетевого планирования.

**Практическая значимость** работы характеризуется возможностью разработанной автором методики по оптимизации параметров возведения намывного

техногенного массива спрогнозировать высоту годового намыва грунтового массива, оперативно осуществить вариантное сравнение технологических схем возведения с учетом изменений исходных данных, а также дать прогнозную оценку сроков возведения и составить сетевые графики производства работ. Использование данной методики, имеющей ряд положительных эффектов, позволит учесть все основные негативные факторы при проектировании и строительстве намывных гидротехнических сооружений в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.

**Достоверность полученных результатов**, научных положений и практических рекомендаций подтверждается аналитическими расчётами, предложенными схемами и таблицами, что свидетельствует о высоком качестве проведённой работы. Научно-исследовательская деятельность автора сопровождается современным методическим, техническим и программным обеспечением. Основные выводы диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК, обсуждались на мероприятиях всероссийского и международного уровня.

#### **Замечания**

1) В главе 1 автором отмечается наличие фактора техногенного оттаивания вечномерзлых грунтов при строительстве хвостохранилищ. Каким образом реализуются экологические аспекты при сооружении геотехнических намывных массивов в условиях криолитозоны?

2) В главе 2 отсутствуют ссылки на методику определения физических, физико-химических и механических свойств намывных грунтов. Автором выделяется наличие набухающих разновидностей грунтов и при этом отмечается, что величина начальной влажности и плотности на степень набухания влияния не оказывает. Какие эксперименты подтверждают эти выводы?

3) В главе 2.1.2.3 автором утверждается, что «хвосты относятся к группе сильно сжимаемых разновидностей». Насколько верно данное утверждение? Ведь для сильно сжимаемых дисперсных грунтов коэффициент сжимаемости соответствует значению  $> 1,0 \text{ МПа}^{-1}$  (Абуханов А.З. Механика грунтов, 2006), а в работе приведены максимальные значения коэффициентов  $0,22-0,60 \text{ МПа}^{-1}$ , что относит их к грунтам средней сжимаемости.

4) В работе имеются ссылки на работы авторов, однако в списке использованных источников они отсутствуют: Недрига, 1983 (глава 1.2, с. 20, с. 22), Розовский, 1969 (глава 3.2, с. 72), Чугаев, 1982 (глава 3.2, с. 72), Акопов А.П. Автореферат диссертации, 2013 (глава 4.1, с. 109).

5) По тексту работы имеются также недочеты по ссылкам на рисунки: рисунок 1.4 (глава 1.3, с. 29), рисунок 4.2 (глава 4.2, с. 110), рисунок 4.3 (глава 4.2, с. 115).

### Общая оценка диссертации

Работа выполнена автором в целом на достаточно высоком научном уровне и указанные замечания не снижают ценности полученных результатов. Основные положения работы отражены в автореферате и публикациях автора. Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации.

Таким образом, диссертация Бадоева А.С. «Инженерно-геологическое обоснование формирования намывных техногенных грунтовых массивов в условиях криолитозоны (на примере Норильского промышленного района)» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи инженерно-геологического обоснования параметров намыва геотехнических массивов с учетом консолидационных характеристик техногенных грунтов методом сетевого планирования для обеспечения устойчивости массива и уменьшения затрат на возведение и эксплуатацию объектов такого рода, что полностью соответствует требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а её автор Бадоев Александр Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Я, Гринь Наталья Николаевна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,  
кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий лабораторией по изучению состава  
и физико-механических свойств горных пород  
НИиПИ ГИИиЭ ИРНТУ  
Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83  
E-mail: [grinki.i@mail.ru](mailto:grinki.i@mail.ru)  
тел. 89148718043  
25.00.08 – Инженерная геология,  
мерзлотоведение и грунтоведение



10.04.2020

Н.Н. Гринь