

**Утверждаю:**

Врио директора

ФГБУН Института горного дела

им. Н.А. Чинакала

Сибирского отделения

Российской академии наук



В.С. Ильин

«~~12~~» сентября 2020 года

## ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск на диссертацию Бадоева Александра Сергеевича на тему: «Инженерно-геологическое обоснование формирования намывных техногенных грунтовых массивов в условиях криолитозоны (на примере Норильского промышленного района)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08. - «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

### **1. Актуальность темы, цель и основная идея диссертации**

Для складирования отходов горно-металлургических комбинатов и обогатительных фабрик необходимы специальные сооружения (хвостохранилища, шламонакопители, гидроотвалы), которые должны иметь максимальную емкость и удовлетворять условиям экологической безопасности. Поэтому задачи проектирования, строительства и эксплуатации таких объектов, являющихся потенциальными источниками вредного воздействия окружающую среду, в настоящее время имеют первостепенную значимость при решении природоохранных проблем. Для высоких широт, в том числе регионов распространения вечной мерзлоты, задача усложняется, поскольку процесс консолидации намывного слоя должен завершиться до начала промерзания, что во многом обеспечивает устойчивость сооружения. Вышеперечисленные обстоятельства свидетельствуют об *актуальности* научной задачи - формирование намывных грунтовых массивов в криолитозоне с учетом консолидационных характеристик хвостов.

Основная *идея* работы – использование вероятностно-статистического подхода в сочетании с физическим и математическим моделированием для решения задачи оптимизации создания намывных геотехнических сооружений.

Для достижения *цели* исследования - инженерно-геологического обоснования технологии формирования намывных геотехнических массивов в зоне распространения вечной мерзлоты, были поставлены задачи:

- ♦ проанализировать особенности строительства и эксплуатации в криолитозоне намывных массивов с использованием отходов горнодобывающего и металлургического производства;

- ♦ определить экспериментально физико-технические показатели техногенных грунтов, используемых при создании намывных массивов;
- ♦ обосновать и практически реализовать методику выбора оптимальных параметров намыва с учетом консолидационных свойств твердой фракции.

## **2. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.**

Можно выделить следующие основные элементы новизны диссертационной работы.

- ♦ Установлены закономерности формирования физических свойств хвостов в намывных массивах и выявлены основные виды микроструктур и типов контактов между структурными элементами техногенных грунтов. Составлена классификация последних, которая может быть использована для прогноза устойчивости объектов рассматриваемого типа и, следовательно, оценки технологической и экологической безопасности хвостохранилища.
- ♦ Для условий криолитозоны установлено оптимальное значение влажности, при котором необходимо формировать намывной массив из используемых техногенных грунтов.
- ♦ Показано, что намыв геотехнического массива необходимо прекращать за период, равный времени консолидации до наступления температуры  $-5^{\circ}\text{C}$ .
- ♦ Предложенная методика оптимизации параметров формирования намывных геотехнических массивов позволила уменьшить строительные и эксплуатационные затраты, что подтверждено результатами исследования ограждающей дамбы хвостохранилища «Лебяжье» ПАО ЗФ «ГМК «Норильский никель».

**3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** обеспечены репрезентативным объемом данных лабораторных экспериментов и натурных измерений, использованием апробированных методов моделирования, сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований с результатами опытно-промышленных работ, а также успешной реализацией разработок на действующем предприятии.

## **4. Значимость результатов исследований автора для науки.**

*Научная значимость работы.* Установленные закономерности формирования физико-технических показателей намывных массивов, полученные соотношения между максимальной плотностью и оптимальной влажностью хвостов в процессе консолидации твердой фракции; выявленные основные типы микроструктур и контактов между структурными элементами позволили предложить классификацию намывных грунтов, которую можно использовать для дизайна хвостохранилищ, возводимых в высоких широтах.

Разработан подход к построению регрессионных моделей, описывающих процесс возведения геотехнического массива, учитывающие время заполнения, геометрию участка намыва и отдельного яруса, высоту годового намыва, физико-технические свойства грунтов и климатические условия.

*Практическое значение работы.* Разработанная и реализованная на практике методика оптимизации параметров возведения намывного техногенного массива с учетом консолидационных характеристик используемых грунтов позволяет прогнозировать форму техногенного массива, оперативно осуществлять сравнение различных технологических схем возведения с учетом изменений входных данных,

давать форвардную оценку сроков возведения и составлять сетевые графики производства работ.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ:

- ♦ «Исследования и разработка инновационных технологий комбинированной переработки и утилизации отходов предприятий цветной металлургии» в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007-2013 года», ГК №16.515.11.5027;

- ♦ «Развитие фундаментальных и прикладных исследований в области наук о Земле для мониторинга и изучения фанерозойского магматизма, современного состояния земной коры тектонически активных регионов Большого Кавказа, научного обеспечения прогнозирования, предупреждения и снижения ущерба от природных и техногенных катастроф, расширения минерально-сырьевой базы и неразрушающего природопользования» в рамках выполнения плана НИР в рамках государственного задания ВНИЦ РАН. Номер государственной регистрации АААА-А19-119040190054-8.

Результаты исследований использованы при составлении проекта эксплуатации хвостохранилища «Лебязье» Норильской обогатительной фабрики Заполярного филиала ПАО ГМК «Норильский никель».

Разработанная методика может быть рекомендована для использования горнорудными предприятиями, научно-исследовательскими и проектными организациями, на месторождениях в различных регионах и климатических условиях, например, хвостохранилищах Качканарского, Коршуновского, Лебединского ГОКов, а также в учебном процессе при подготовке инженеров.

#### **5. Опубликованность результатов исследований и оформление диссертации.**

Оформление диссертации и автореферата соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Диссертация изложена литературным языком, научная терминология использована правильно. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, содержит 29 рисунков, 23 таблицы. Список литературы включает 161 источник.

Всего по диссертации опубликовано 26 работ, в том числе 4 в изданиях, включенных в международные базы цитирования Scopus, 4 в изданиях, рекомендованных ВАК, получен один отечественный патент. Оформление диссертации выполнено качественно, диссертация достаточно полно иллюстрирована графическим и табличным материалом.

#### **6. Замечания по представленной диссертации:**

1. В диссертации отсутствует обзор состояния исследований в предметной области за рубежом: в списке литературы только пять ссылок на публикации тридцатилетней давности и старше. Между тем, есть немало статей по близкой тематике, в том числе и обзорных, например,

Ahmed, S.I., Siddiqua, S. A review on consolidation behavior of tailings. International Journal of Geotechnical Engineering. 2014. 8(1): 102-111.

2. Для исследования процессов намыва техногенных массивов с учетом консолидации автор выбрал вероятностно-статистический подход – построение

регрессионных моделей. Следовало указать его преимущества и недостатки по сравнению с альтернативным детерминистским подходом, при котором создается и верифицируется модель, описывающая процесс массопереноса, которая может быть использована для прогнозных оценок.

Knutsson, R., Tuomela, A., Rauhala, A., Knutsson, S., Laue, J. Geothermal study of a tailings deposit - frost line modelling and comparison to field data. *Environmental Earth Sciences*. 2018. 77(7): 288.

Ito, M., Azam, S. Large-strain consolidation modeling of mine waste tailings. *Environmental Systems Research*. 2013. 2. Article number 7.

3. Неясны назначение и структура системы уравнений (стр.56), по которой возникает ряд вопросов: 1) из (2.1) не следуют системы (2.2) и (2.3); 2) не описаны переменные  $x_{ij}$ ; 3) всегда ли число секторов намыва на разных полях одинаково как это принято в формуле (2.4)? 4) как связано соотношение (2.4) с (2.2) и (2.3)? 5) каким методом решалась оптимизационная задача (2.1)-(2.4), где результаты решения?

4. В тексте диссертации и автореферата встречаются грамматические и синтаксические ошибки, стилистические неточности.

### 7. Заключение по диссертации.

Диссертация Бадоева Александра Сергеевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научно-техническая задача инженерно-геологического обоснования формирования намывных техногенных грунтовых массивов в условиях криолитозоны, имеющей важное народнохозяйственное значение и способствующей развитию научной специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение». Замечания по работе не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Работа соответствует критериям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор Бадоев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Заведующий лабораторией Горной информатики  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института горного дела им. Н.А. Чинакала  
Сибирского отделения Российской академии наук,

доктор физ.-мат. наук



Назаров Леонид Анатольевич

03.09.2020

630091, Новосибирск, Красный проспект, 54

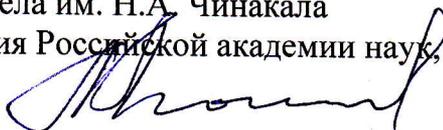
e-mail: mining1957@mail.ru

Тел.: 913-377-00-25

Я, Назаров Л.А., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Ведущий научный сотрудник лаборатории Горной информатики  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института горного дела им. Н.А. Чинакала  
Сибирского отделения Российской академии наук,

доктор тех. наук



Леонтьев Аркадий Васильевич

03.09.2020

630091, Новосибирск, Красный проспект, 54

e-mail: leon@misd.ru

Тел.: 905-954-17-32

Я, Леонтьев А.В., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Отзыв единогласно принят на совместном заседании лаборатории Горной информатики ИГД СО РАН, «03» сентября 2020 г. и утвержден в качестве официального отзыва ведущей организации (Протокол заседания № 2 от «03» сентября 2020 года).