

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
**ХАБАРОВСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР**  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, тел.\факс: (4212) 32-79-27, e-mail: adm@igd.khv.ru

Утверждаю:

Директор ХФИЦ ДВО РАН,  
чл.-корр. РАН



И.Ю. Рассказов

01 2025 г.

**ОТЗЫВ**

**ведущей организации**

на диссертацию Кульковой Марии Сергеевны

на тему: «Геомеханическое обоснование параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

В Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ХФИЦ ДВО РАН) представлена диссертация Кульковой М.С. на тему: «Геомеханическое обоснование параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива», изложенная на 155 страницах машинописного текста, состоящая из введения, четырех глав и заключения, включающего основные результаты, список использованной литературы, насчитывающий 165 наименований, 6 приложений, а также автореферат диссертации. По результатам обсуждения материалов диссертации на расширенном научном семинаре лаборатории Геомеханики Института горного дела ДВО РАН – обособленного подразделения ХФИЦ ДВО РАН (протокол № 1 от 21 января 2025 г.) принято следующее заключение.

1. **Актуальность работы.** Диссертация Кульковой Марии Сергеевны направлена на решение актуальной научно-практической задачи, связанной с геомеханическим обоснованием параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива. Это месторождение является одним из крупнейших медно-никелевых месторождений России, разрабатывается в настоящее время подземным способом на глубинах ниже 500 м от

поверхности с производительностью около 6 млн. т. руды в год. Сложные горно-геологические условия, постоянное изменение напряженно-деформированного состояния массива при интенсивной разработке месторождения обуславливают необходимость постоянной оценки геомеханической ситуации и осуществление прогноза возможности разрушений массива в динамической форме. Таким образом результаты исследований, направленных на изучение и прогнозирование динамических проявлений горного давления, позволяют разрабатывать мероприятия для обеспечения безопасной отработки запасов. В связи с этим задача геомеханического обоснования параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива является актуальной.

**2. Общая характеристика содержания диссертации.** Во введении обоснована актуальность выполненных исследований, дана оценка степени разработанности темы исследования, поставлены цель и задачи, сформулирована идея работы, приведены защищаемые научные положения, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе приведена характеристика геологических и горнотехнических особенностей Ждановского месторождения, выполнен обзор методов изучения параметров полей действующих напряжений. Приведен анализ результатов выполненных исследований по теме работы.

Во второй главе проанализированы результаты лабораторных исследований физико-механических свойств основных породных разностей Ждановского месторождения. Дана оценка склонности пород месторождения к разрушению в динамической форме с использованием нескольких критериев. Представлены результаты определения характеристик массива пород по данным натурных исследований и определены коэффициенты структурного ослабления для основных породных разностей с учетом влияния структурной неоднородности.

В третьей главе выполнена реконструкция параметров природного напряженного состояния массива пород Ждановского месторождения с использованием численного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) на основе результатов натурных исследований. Определены тип напряженного состояния нетронутого массива пород, соотношение главных компонент тензора напряжений и направления их действия. Получена зависимость изменения главных компонент напряжений с глубиной.

В четвертой главе выполнено геомеханическое обоснование безопасного ведения горных работ при отработке запасов Ждановского месторождения на основе численного моделирования НДС. Предложен порядок развития очистных работ в пределах подэтажей, выполнена оценка вариантов опережений и состояния приконтурного массива с использованием разномасштабных численных геомеханических моделей.

В заключении приведены основные выводы и результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

Основные результаты исследований отражены в защищаемых научных положениях

Автором диссертации поставлен и решен комплекс задач по заявленной тематике, что свидетельствует о завершенности представленной к защите диссертации.

### **3. Новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций.**

Автором получен ряд новых научных знаний, имеющих важное теоретическое и практическое значение. Наиболее существенными из них являются следующие.

1) По результатам исследования физико-механических свойств основных литотипов пород и их статистической оценки установлено, что породы, слагающие Ждановское месторождение, являются хрупкими и склонны к разрушению в динамической форме. Прочность пород при сжатии в массиве в 2,5-3 раза ниже прочности при сжатии в образцах за счет влияния структурной нарушенности. Коэффициент структурного ослабления  $k_c$  изменяется от 0,3 (для массивов туфогенно-осадочных пород и интрузивов основного состава) до 0,4 (для вмещающего массива интрузивов ультраосновного состава).

2) Численным моделированием НДС определено, что тип природного напряженного состояния массива пород Ждановского месторождения является гравитационно-тектоническим. Соотношение главных компонент тензора напряжений составляет:  $\sigma_{\max(T_1)} : \sigma_{\text{пр}(\gamma_H)} : \sigma_{\min(T_2)} = 1 : 0,5 : 0,4$ . Тектонические составляющие отклоняются от горизонтали в диапазоне  $\pm 25^\circ$ , вектор  $\sigma_{\max}$  направлен вдоль простирания рудных тел с азимутом  $\approx 120^\circ$ . Изменение тектонических компонент природного поля напряжений с глубиной до 1000 м описывается зависимостями:  $\sigma_{\max} = 0,05z + 6,5$ ;  $\sigma_{\min} = 0,02z + 2,5$  МПа.

3) На основании анализа результатов визуального обследования подземных выработок и оценки характера их разрушения выявлено, что динамические разрушения в массиве пород Ждановского месторождения на глубинах ниже 500 м могут происходить в целиках, формируемых между фронтами очистных работ, и в зонах опорного давления. С глубины 700 м такие разрушения возможны в окрестности всего выработанного пространства.

**4. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.** Наиболее значимыми научными и практическими результатами диссертации являются следующие.

1) Установлено, что все породы и руды Ждановского месторождения имеют значительные величины предела прочности ( $\sigma_{\text{сж}}$ ) на сжатие и относятся к скальным. Среднее значение  $\sigma_{\text{сж}}$  для интрузивов основного состава (перидотитов и пироксенитов) составляет 149 МПа, для интрузивов ультраосновного состава (габбро, габбро-диабазов, диабазов) – 130 МПа, для пород туфогенно-осадочного происхождения и филлитов – 106 МПа. Все породы и руды Ждановского месторождения являются хрупкими и потенциально удароопасными.

2) В результате исследования качественных характеристик массивов определены коэффициенты структурного ослабления  $k_c$ : для вмещающих пород туфогенно-осадочного происхождения и пород, слагающих рудные тела  $k_c = 0,3$ ; для вмещающих интрузивных пород  $k_c = 0,4$ .

3) На основании результатов натуральных измерений при реконструкции параметров природного поля напряжений Ждановского месторождения с использованием численного

моделирования определено, что тип природного напряженного состояния массива пород Ждановского месторождения является гравитационно-тектоническим. Максимальная компонента напряжений действует субгоризонтально направлена по простиранию рудных тел. Определены соотношения главных компонент природного поля напряжений Ждановского месторождения:  $\sigma_{\max} : \sigma_{\text{пр}} : \sigma_{\min} = 1 : 0,5 : 0,4$ . Коэффициенты бокового давления ( $\lambda = \sigma_{\text{гор}} / \sigma_{\text{верт}}$ ) равны соответственно  $\lambda_1 = \sigma_{\max} / \sigma_{\text{пр}} = 2$ ,  $\lambda_2 = \sigma_{\min} / \sigma_{\text{пр}} = 0,8$ .

4) Выполнен прогноз изменения значений главных компонент природного поля напряжений массива пород Ждановского месторождения с глубиной до 1000 м в двух вариантах: с линейной аппроксимацией; с учетом замедления роста тектонических компонент.

5) В результате разработки комплекса разномасштабных 3D численных геомеханических моделей НДС Ждановского месторождения обоснованы наиболее безопасный и рациональный порядок отработки запасов рудных тел в пределах подэтажа, а также конфигурация опережений очистной выемки в масштабах блока (блоков). Установлены особенности НДС в приконтурных массивах подземных горных выработок. Полученные параметры НДС массива подтверждают высокую вероятность проявления динамических форм горного давления ниже отметки -430 м, что соответствует глубине 700 м от дневной поверхности.

#### **5. О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.**

Диссертация и автореферат изложены технически грамотным языком, оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использовал общепринятую научную горную терминологию, что делает полученный результат доступным широкому кругу специалистов. Выводы и рекомендации работы изложены четко.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем классификационным признакам: цели, задачам, научной новизне, практической значимости, положениям, выносимым на защиту.

**6. Полнота опубликования результатов диссертации.** В достаточной степени реализована и отражена в результатах и публикациях. Основные результаты, положения и рекомендации диссертации апробированы на 11 конференциях и симпозиумах (международных и всероссийских), отражены в 9 работах, из которых 5 статей опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

#### **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Созданные на основании данных лабораторных испытаний образцов основных породных разностей, натурных исследований поля напряжений, визуальном обследовании состояния горных выработок, а также оценки характеристик массива горных пород Ждановского месторождения численные геомеханические модели в настоящее время используются на руднике «Северный» и позволяют определять области критических состояний массива пород в процессе выемки запасов рудных тел, разрабатываемых АО «Кольская ГМК».

## **8. Вопросы и замечания по диссертации и автореферату**

Рассматриваемая диссертация имеет научную и практическую значимость в первую очередь для АО «Кольская ГМК», разрабатывающей медно-никелевое месторождение Ждановское и, несомненно, представляет определенный интерес.

По содержанию работы имеются следующие замечания:

1. Тема диссертации - «Геомеханическое обоснование параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива». В основных положениях, выносимых на защиту отражены особенности физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива месторождения Ждановское (то есть решена часть задач). Однако результаты обоснования наиболее безопасного и рационального порядка отработки запасов рудных тел в пределах подэтажа, а также конфигурация опережений очистной выемки в масштабах блока (блоков) упомянуты бездоказательно в заключении автореферата (п. 5) и несколько больше рассмотрены в 4 главе диссертации. По нашему мнению, они должны были быть четко сформулированы в научном положении, поскольку обоснование параметров отработки заявлены как в формулировке темы диссертации, так и являются основной задачей. В связи с этим отсутствие научного положения по результатам решения данной задачи значительно снижает практическую значимость полученных результатов (хотя, судя по тексту диссертации, материал для этого присутствует).

2. Недостаточно раскрыта методика определения параметров механических свойств горных пород месторождения и вклад автора в эти исследования.

3. В диссертационной работе не приведены граничные условия, принятые в расчетах при моделировании НДС.

4. В тексте автореферата и диссертации указывается, что «На степень разрушения выработок оказывают существенное влияние трещиноватость массива и наличие тектонических зон контактов рудных тел и вмещающих пород». При этом в рассмотренных моделях отсутствуют мощные разрывные нарушения. Указанное замечание не снижает теоретическую ценность диссертации, однако может значительно влиять на рекомендации по практическому применению результатов моделирования в процессе разработки мероприятий по предупреждению разрушения массива горных пород месторождения Ждановское в динамической форме.

5. В автореферате и диссертации часть рисунков низкого качества, а на некоторых графиках отсутствуют подписи осей, что затрудняет восприятие приведенной на них информации.

6. Нет расшифровки термина «ЦРТ» в автореферате диссертационной работе.

9. **Заключение.** Представленная на отзыв диссертационная работа Кульковой М.С. на тему: «Геомеханическое обоснование параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и

практической ценностью, представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании теоретических и экспериментальных исследований показаны результаты решения задач при достижении поставленной цели.

Представленная к защите диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует требованиям, предъявляемым в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Кулькова Мария Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на расширенном научном семинаре лаборатории Геомеханики Института горного дела – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук» (протокол № 1 от 21 января 2025 г.).

Потапчук Марина Игоревна, кандидат технических наук,  
по специальности 25.00.10 «Геомеханика, разрушение  
горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»,  
ведущий научный сотрудник лаборатории цифровых методов  
исследований природно-технических систем Института горного  
дела ДВО РАН – обособленного подразделения Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский  
Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения  
Российской академии наук,  
680000 Россия, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д.51  
potapchuk-igd@mail.ru  
29.01.2025

М.И. Потапчук

Сидляр Александр Владимирович, кандидат технических наук,  
по специальности 25.00.10 «Геомеханика, разрушение  
горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»,  
старший научный сотрудник лаборатории геомеханики Института горного  
дела ДВО РАН – обособленного подразделения Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский  
Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения  
Российской академии наук,  
680000 Россия, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д.51  
alex-igd@mail.ru  
29.01.2025

А.В. Сидляр

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 680000, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54.

Официальный сайт в сети Интернет: <http://www.khfrс.ru>

Электронная почта: [adm@igd.khv.ru](mailto:adm@igd.khv.ru) телефон: (4212) 32-79-27

Подписи сотрудников ХФИЦ ДВО РАН:

Потапчук Марины Игоревны, Сидляра Александра Владимировича удостоверяю:

Заместитель начальника по кадровым вопросам кадрово-правового отдела  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский  
Федеральный и центр Дальневосточного отделения Российской академии наук



Н.В. Волокжанина

Я, Потапчук Марина Игоревна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

М.И. Потапчук

Я, Сидляр Александр Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

А.В. Сидляр