

ОТЗЫВ

официального оппонента Вознесенского Александра Сергеевича на диссертацию Кульковой Марии Сергеевны «Геомеханическое обоснование параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива» по специальности 2.8.6 - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Кульковой Марии Сергеевны посвящена изучению свойств горных пород Ждановского месторождения, напряжённо-деформированного состояния (НДС) массива и его моделированию. Комплексный подход, основанный на лабораторных, натуральных и численных методах исследования геомеханических параметров массива пород позволяет определять закономерности изменения НДС при ведении горных работ и выявлять зоны, в пределах которых возможны разрушения в динамической форме, что является одной из важнейших задач при прогнозе потенциальной удароопасности и обеспечении безопасности производства.

В связи с этим были сформулированы цель и идея работы.

Цель работы – обоснование параметров отработки запасов Ждановского месторождения с учетом его геомеханических характеристик.

Идея исследования заключается в выявлении закономерностей формирования областей критических состояний массива пород Ждановского месторождения, потенциально опасных с точки зрения возникновения динамических разрушений в процессе ведения горных работ.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что тема диссертации является актуальной, а формулировки цели и идеи работы вполне обоснованы.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 155 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 165 наименований, и шести приложений.

Первая глава посвящена описанию объекта исследования, в том числе представлены данные о геологическом строении и особенностях применяемых систем разработки запасов Ждановского месторождения. Проанализированы результаты предыдущих исследований по теме диссертации и рассмотрены методы изучения свойств образцов и массивов горных пород, а также способы определения параметров полей действующих напряжений.

Во второй главе автором представлены результаты лабораторных исследований образцов основных породных разностей Ждановского месторождения, сделан вывод о потенциальной удароопасности всех

исследованных разностей. Также по результатам натуральных исследований характеристик трещиноватости с использованием нескольких методик выполнено определение коэффициентов ослабления массива пород, разделенного на три породных домена.

В третьей главе приводятся результаты исследования параметров напряженного состояния массива. С применением численного моделирования выполнено восстановление параметров природного поля напряжений, исходными параметрами при этом являлись характеристики НДС, полученные при натуральных измерениях методом разгрузки в техногенно измененном поле напряжений. Таким образом, выполнена реконструкция природного напряженного состояния массива пород Ждановского месторождения. С учетом полученных параметров исходного поля напряжений получена зависимость, отражающая изменение главных компонент тензора напряжений с глубиной. Как это следует из текста, для исследований НДС массива использовано отечественное программное обеспечение Sigma GT, что может быть отмечено как положительный фактор данной работы.

Четвертая глава работы посвящена обоснованию параметров и последовательности ведения горных работ при отработке запасов Ждановского месторождения с использованием численных геомеханических моделей разных масштабных уровней, разработанных на основе результатов лабораторных и натуральных исследований: начиная с моделей, учитывающих рудные поля и месторождения, заканчивая локальными моделями НДС приконтурных областей массива. Такой подход позволил учесть горнотехнические, горно-геологические и другие особенности месторождения.

Список использованных источников из 165 наименований дает достаточное представление о современном уровне исследований в данной области.

Внедрение ПО Sigma GT с комплексом конечно-элементных моделей Ждановского месторождения, рекомендаций по управлению горным давлением, других результатов подтверждено соответствующими актами, приведенными в Приложении.

Научная новизна и практическая значимость исследования

Научная новизна работы заключается в определении параметров природного напряженного состояния массива пород Ждановского месторождения и выявлении закономерностей изменения компонент тензора напряжений с глубиной посредством реконструкции геотехнической ситуации с использованием объемного численного геомеханического моделирования на основе анализа результатов натуральных исследований НДС.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в генерации численных геомеханических моделей на основании данных лабораторных испытаний образцов основных породных разностей, натуральных

исследований поля напряжений, визуальном обследовании состояния горных выработок, а также оценки характеристик массива горных пород Ждановского месторождения. Данный комплекс моделей используется на предприятии и позволяет определять области критических состояний массива пород в процессе выемки запасов рудных тел, разрабатываемых АО «Кольская ГМК».

Обоснованность и достоверность приведенных в диссертационной работе научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, обеспечена представительным количеством опытов и применением современного высокоточного оборудования при выполнении лабораторных и натурных исследований, точностью и надежностью методов математической статистики, применяемых при обработке результатов лабораторных испытаний, достаточной степенью сходимости при выполнении расчетов при моделировании НДС, а также верификацией результатов расчетов НДС данными визуальных наблюдений в подземных горных выработках Ждановского месторождения.

Замечания по работе

1. Каково Ваше мнение о необходимости отнесения месторождения к склонным и опасным по горным ударам?

2. В диссертации приведены ссылки на ГОСТы, по которым производились различные испытания образцов пород. В то же время при описании результатов испытаний по оценке склонности пород к динамическому разрушению в п. 2.1.2.3 и 2.1.2.4 желательно было хотя бы кратко привести характеристики оборудования и методик, по которым производились эти испытания. Так, например, в зависимости от того, где производились измерения деформаций образцов – на раме, на плитах, на самом образце, из-за погрешностей могут быть получены различные значения деформаций и других свойств.

3. На рисунке 3.9 представлены результаты измерений главных компонент напряжений по глубине методом разгрузки. Обращает на себя внимание монотонный характер изменения напряжений на глубинах свыше 750 м. С чем, по мнению автора, связаны значительные изменения напряжений на глубинах до 720–750 м?

4. На стр. 84 и др. автор отмечает, что «максимальная компонента напряжений σ_{\max} субгоризонтальна и направлена вдоль простирания рудных тел Ждановского месторождения». Хотелось бы услышать мнение автора о возможном механизме возникновения такой ситуации.

5. При аппроксимации опытных данных зависимостями (3.1)–(3.4) следовало бы привести данные по точности таких аппроксимаций, т. е.

коэффициенты детерминации (или корреляции в случае линейных зависимостей) и среднеквадратическое отклонение.

Указанные замечания носят уточняющий характер и не снижают ценности представленных научных положений, выводов и рекомендаций.

Общее заключение

В целом работа содержит новые, обоснованные и достоверные научные результаты, выводы, рекомендации, имеет практическое значение.

По результатам выполненных исследований опубликовано 9 печатных работ, из них пять – в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 3 – в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Основные результаты диссертационного исследования докладывались на международных и всероссийских конференциях, семинарах и форумах.

С учетом вышесказанного, считаю, что диссертация Кульковой М.С. «Геомеханическое обоснование параметров отработки Ждановского месторождения с учетом особенностей физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния массива» обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует требованиям, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» утв. Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года, в ред. от 16.10.2024). Автор диссертационного исследования, Кулькова Мария Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

А. С. Вознесенский

Местонахождение университета: Россия, 119049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4.

Тел.: +7-499-236-95-70

Эл. почта: asvoznenskiy@misis.ru

Подпись Вознесенского Александра Сергеевича заверяю:

Проректор по науке и инновациям Университета науки и технологий МИСИС, доктор технических наук, профессор



М. Р. Филонов

30.01.2025