

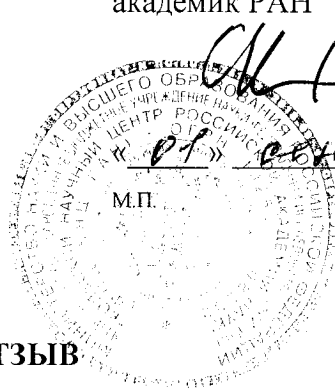
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ФИЦ КНЦ РАН
академик РАН

С.В. Кривовичев
2025 г.

М.П.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Емельянова Ивана Андреевича
«Развитие метода полной разгрузки для определения естественного напряженного
состояния горных массивов апатит-нефелиновых месторождений Хибин»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная
аэрогазодинамика и горная теплофизика»

1. Актуальность темы диссертации

Одной из актуальных проблем геомеханики является достоверная оценка естественного напряженного состояния массива горных пород (МГП) при разработке месторождений. Особую сложность представляет определение количественных параметров естественного поля напряжений, корректно учитывающих его анизотропность и температурный фактор, возникающий при проведении буровых работ.

В связи с этим важны совершенствование существующих и разработка новых методов оценки естественного напряженного состояния МГП, включая модернизацию аппаратно-методического обеспечения, создание современных алгоритмов интерпретации данных и развитие комплексного подхода к учету структурной неоднородности и изменения температур в процессе бурения при определении естественного поля напряжений, что

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-36 ОТ 05.09.25
АУ УС

позволит не только повысить точность измерений, но и оптимизировать на основе полученных данных параметры разработки месторождений, обеспечивая тем самым безопасность ведения горных работ и достоверность геомеханического прогноза, особенно при интеграции с современными технологиями мониторинга и численного моделирования горно-геологических и геомеханических условий.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертационной работы Емельянова Ивана Андреевича заключается в разработке метода определения естественного напряженного состояния массива апатит-нефелиновых месторождений Хибин. Метод основан на кольцевой разгрузке с применением трехкомпонентного датчика смещений и включает в себя натурные и лабораторные испытания, численное моделирование и аналитический расчет.

Автором выявлены зависимости изменения радиальных смещений стенок измерительной скважины и деформаций МГП для условий месторождений апатит-нефелиновых руд на различном удалении от контура горной выработки.

Также в работе представлена методика учета трещиноватости массива горных пород, сопоставимой по своим параметрам с измерительной скважиной, в явном виде в форме контактного взаимодействия между структурными блоками и разработаны рекомендации по определению деформационных и прочностных свойств контактного взаимодействия.

Установлены зависимости влияния пространственной ориентации трещиноватости, сопоставимой по размерам с измерительной скважиной, на деформационно-прочностные параметры контактного взаимодействия, отражающего ее поведение.

Определено влияние термомеханических параметров на изменение диаметра измерительной скважины при обуривании, которое описывается полиномиальным законом.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в диссертации Емельянова Ивана Андреевича, обеспечивается проведением комплексного исследования, основой которого являются следующие этапы:

- анализ гипотез формирования естественного напряженного состояния горного массива и методов его оценки. Определение границ применимости этих методов и степени их достоверности;
- проведение натурных исследований в рудничных условиях с применением современного измерительного оборудования;
- проведение лабораторных испытаний кернового материала;

- разработка численных геомеханических моделей, описывающих поведение анизотропного горного массива в рамках метода конечных элементов, учитывающих последовательность проведения натурных испытаний и влияние температурного фактора при выполнении буровых работ.

Выполнение вышеперечисленных работ способствует развитию метода полной разгрузки, повышению достоверности определяемого естественного напряженного состояния массива горных пород. Даны практические рекомендации при применении разработанного метода.

4. Научные результаты, их ценность

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы, представляют интерес как для развития теории геомеханики, так и для решения прикладных инженерных задач. Автором разработан метод определения естественного напряженного состояния горных массивов апатит-нефелиновых месторождений Хибин, основанный на выполнении натурных измерений методом кольцевой разгрузки с использованием трехкомпонентного датчика смещений с последующей их обработкой на основе многовариантного численного моделирования в пространственной постановке. Метод учитывает анизотропность массива горных пород и температурный фактор, что позволило повысить достоверность определяемых параметров естественного поля напряжений.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе, в 2 научных статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и в 2 статьях в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Ценность научных результатов заключается в возможности их использования при оценке геомеханических условий эксплуатации подземных объектов и разработке рекомендаций по обеспечению безопасности горных работ на рудных месторождениях.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость результатов диссертации заключается в развитии научных представлений о естественном напряженном состоянии горного массива и формировании комплексного метода для определения его параметров, основой которого является единый алгоритм, включающий в себя натурные и лабораторные испытания, численное моделирование и аналитический расчет.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения

разработанного метода при проектировании и эксплуатации подземных сооружений на рудных месторождениях. Полученные результаты позволяют повысить достоверность определяемых параметров естественного напряженного состояния горного массива в условиях месторождений Хибин. Метод применим при разработке инженерно-технических решений, количественной оценке техногенных рисков и построении цифровых геомеханических моделей, используемых в производственной деятельности и экспертно-аналитической практике.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты, представленные в диссертационной работе Емельянова Ивана Андреевича, могут быть использованы при решении различных практических и научных задач в области горной геомеханики. Разработанный метод может применяться при прогнозе напряженного-деформированного состояния (НДС) крепей горных выработок и определении зоны хрупкого разрушения приконтурного массива. Кроме того, выявленные зависимости могут быть интегрированы в существующие системы деформационного мониторинга в качестве исходных данных.

Основные результаты работы рекомендованы к внедрению в таких отечественных организациях, как ООО «СПб-Гипрошахт» и ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II «Научный центр геомеханики и проблем горного производства».

7. Замечания и вопросы по работе

1. Для определения естественного напряженного состояния МГП автором предлагается выполнять измерения смещений стенок измерительных скважин, расположенных горизонтально в стенках ортогональных горных выработок. Такой подход предполагает определенную удаленность мест фактического выполнения замеров, но предлагаемая методика условно считает это одной и той же точкой, в которой восстанавливается тензор напряжений. Насколько сильно фактическая удаленность влияет на результаты определения естественного напряженного состояния и какие рекомендации можно дать при выборе мест выполнения замеров?

2. В работе указано, что измерения напряжений выполняются методом кольцевой разгрузки (схема Н. Хаста). На странице 45 приведена фотография используемого датчика, однако отсутствуют его схема, описание принципа работы, технические характеристики, не указано является ли датчик сертифицированным. Эта информация необходима для определения качества получаемых результатов.

3. В целом, существующие методы полной и щелевой разгрузки являются достаточно проработанными. И, несмотря на свою сложность, успешно применяются для определения параметров НДС массивов горных пород. В связи с этим, для повышения достоверности полученных диссертантом результатов, было бы целесообразно сопоставить их с результатами других натурных методов определения НДС на исследуемых участках.

4. Формулировка первого научного положения носит излишне категоричный и директивный характер, что не вполне соответствует принципам научного метода, который предполагает многообразие подходов и возможность их развития, а также, игнорирует существование других хорошо зарекомендовавших себя методов определения параметров НДС.

5. В работе представлены результаты применения трёхкомпонентного датчика смещений для определения параметров НДС в условиях апатит-нефелиновых месторождений Хибин. Подтверждена ли возможность и целесообразность практического применения рассматриваемого метода в условиях КФ АО «Апатит» актами внедрения или другими документами?

6. Не совсем понятно, в связи с чем качественные характеристики массива горных пород (RQD, Q, GSI, RMR), представленные в главе 3, отнесены к параметрам, описывающим трещиноватость массива на микроуровне, то есть в масштабе, «кратно меньшем размера измерительной скважины». В действительности, данные параметры характеризуют нарушенность массива в значительно более крупном масштабе.

7. В работе представлен анализ литературных источников о закономерностях изменения упруго-прочностных свойств массива в зависимости от его качественных характеристик и констатируется, что данное исследование позволило определить прочностные и деформационные свойства (эффективные свойства) горного массива с учетом его состояния и структурной нарушенности, однако результаты в тексте работы отсутствуют. Почему, при моделировании области массива вокруг скважины не учтены свойства нарушенной горной породы?

8. Заключение по диссертации

Несмотря на определенные замечания, диссертация «Развитие метода полной разгрузки для определения естественного напряженного состояния горных массивов апатит-нефелиновых месторождений Хибин», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Емельянов Иван Андреевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Емельянова Ивана Андреевича** обсужден и согласован на рабочем совещании отдела геомеханики Горного института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГоИ КНЦ РАН).

Председатель заседания

Руководитель отдела геомеханики ГоИ КНЦ РАН, в.н.с., к.т.н.

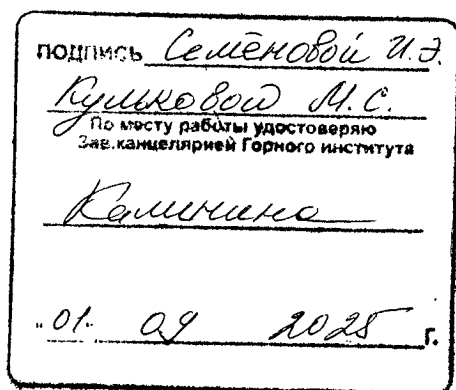
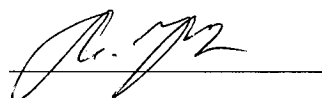
Семенова Инна Эриковна



Секретарь заседания

Н.с. ГоИ КНЦ РАН, к.т.н.

Кулькова Мария Сергеевна



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Кольский научный центр Российской академии наук"

Почтовый адрес: ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., 184209

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.ksc.ru/>

эл. почта: ksc@ksc.ru

телефон: 8 (81555) 7-53-50