

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22.09.2025 №34

О присуждении Емельянову Ивану Андреевичу, гражданину России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Развитие метода полной разгрузки для определения естественного напряженного состояния горных массивов апатит-нефелиновых месторождений Хибин» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 16.07.25 г., протокол №26, диссертационным советом ГУ.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета от 06.02.2023 № 155 адм, с изменениями от 13.07.2023 № 1090 адм, от 29.12.2023 № 1965 адм, от 11.11.2024 № 1690 адм.

Соискатель, Емельянов Иван Андреевич, 18.12.1997 года рождения, в 2021 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 01.10.2021 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Работает ведущим инженером лаборатории геомеханики научного центра геомеханики и проблем горного производства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук **Беляков Никита Андреевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра строительства горных предприятий и подземных сооружений, доцент.

Официальные оппоненты:

Саммалъ Андрей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», кафедра механики материалов и геотехнологии, профессор;

Корчак Павел Анатольевич – кандидат технических наук, Кировский филиал АО «Апатит», отдел развития горно-геологических информационных систем, начальник отдела;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное учреждение науки федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук»**, г. Апатиты в своем положительном отзыве, подписанном Семеновой Инной Эриковной, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником, руководителем отдела геомеханики, Кульковой Марией Сергеевной, кандидатом технических наук, научным сотрудником, секретарем заседания, и утвержденном Кривовичевым Сергеем Владимировичем, академиком РАН, генеральным директором, указала, что полученные Емельяновым Иваном Андреевичем результаты способствуют развитию научных представлений об 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, а также позволяют повысить достоверность определяемых параметров естественного напряженного состояния горного массива в условиях месторождений Хибин.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 4,75 печатных листов, в том числе 2,89 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Беляков Н.А. Развитие подхода к обработке результатов измерений напряженного состояния методом кольцевой разгрузки / Н.А. Беляков, **И.А. Емельянов** // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022..№2. – С. 192-207. (№ 1136 Перечня ВАК ред. 01.02.2022). DOI 10.46689/2218-5194-2022-2-1-192-207.

Соискателем установлено, что радиальные смещения стенок измерительной скважины, которые формируются при разгрузке горного массива, для выработок с одинаковым соотношением высоты и пролета, но различной площадью поперечных сечений различны и увеличиваются пропорционально увеличению размера горной выработки (высота и пролет). Определено, что зона влияния горной выработки, выраженная отношением радиальных смещений стенок измерительной скважины к пролету горной выработки, составляет 0,5, а за пределом ее влияния изменение радиальных смещений стенок измерительной скважины не превышает 10%.

2. Беляков Н.А. Методика оценки напряженного состояния горного массива многокомпонентным датчиком смещений методом overcoring / Н.А. Беляков, **И.А. Емельянов** // Известия Уральского государственного горного университета. – 2023. – № 1(69). – С. 31-38. (№ 1221 Перечня ВАК ред. 07.03.2023). DOI 10.21440/2307-2091-2023-1-31-38.

Соискателем выявлены основные методы оценки естественного напряженного состояния горного массива, определены их преимущества и недостатки: необходимо применять метод кольцевого обуривания с применением трехкомпонентного датчика смещений, что отражает идею диссертационной работы. Разработана методика проведения натурных испытаний, выполнены испытания, проведен сбор исходных данных и даны общие рекомендации. Выявлены зависимости, отражающие уменьшение радиальных смещений стенок измерительной скважины при удалении измерительного интервала от борта горной выработки.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus/WoS):

3. Беляков Н.А. Методика обработки данных полевых испытаний по оценке естественного напряженного состояния горного массива методом кольцевой разгрузки / Н.А. Беляков, К.В. Морозов, **И.А. Емельянов** / ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ, 2023, №5, С. 89–96. (№ 546 Перечня ВАК-МБД (Scopus) ред. 30.12.2022). DOI:10.17580/gzh.2023.05.13.

Соискателем разработана методика обработки данных полевых испытаний для определения естественного напряженного состояния горного массива методом кольцевой разгрузки, отражающая идею диссертационной работы. Разработаны численные модели, в которых учитывается формирование естественного напряжённого состояния во вмещающем массиве; создание горной выработки, измерительной скважины и кольцевой разгрузочной щели. Установлены зависимости радиальных смещений стенок измерительной скважины и деформаций горного массива. Определены величины главных напряжений и их пространственная ориентация.

4. Беляков Н.А. Учет трещиноватости породного массива при определении его естественного напряженного состояния методом кольцевой разгрузки с применением многокомпонентного датчика смещений / Н.А. Беляков, **И.А. Емельянов** // Горный информационно-аналитический

бюллетень. – 2024. – № 12-1. – С. 145–164. (№ 569 Перечня ВАК-МБД (Scopus) ред. 31.12.2023). DOI: 10.25018/0236_1493_2024_121_0_145.

Соискателем разработана методика учета трещиноватости горного массива при определении его естественного напряженного состояния методом кольцевой разгрузки с применением трехкомпонентного датчика смещений. Установлены зависимости изменения относительных радиальных смещений стенок измерительной скважины и параметров трещиноватости (толщина, угол наклона трещины относительно продольной оси измерительной скважины). Определена зона влияния трещины, составляющая 6 мм.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666261 Российская федерация. Программа для расчета значений и ориентаций главных напряжений горного массива. Заявка № 2023665188: заявл. 20.07.2023: опубл. 27.07.2023 / Н.А. Беляков, **И.А. Емельянов**; заявитель/правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – 35 Кб.

Соискателем создан программный код, а также оформление софта программы. Внесен вклад в разработку алгоритмической и программной части решения, связанного с обработкой данных натурных испытаний, а именно определением главных напряжений в горном массиве (измерительной точке) и направляющих косинусов, т.е. ориентации главных напряжений. Расчетная программа является одним из наиболее значимых компонентов комплексной методики по оценке естественного напряженного состояния горного массива.

Настоящая программа позволила автоматизировать процесс получения значения и ориентаций главных напряжений горного массива, снизить временные и трудовые затраты. Соискатель также участвовал в отладке программного обеспечения, тестировании его работоспособности, а также в подготовке материалов, необходимых для подачи заявки и технического описания изобретения.

Апробация диссертационной работы проведена на научных конференциях международного и всероссийского уровня:

- IV Международная конференция «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (октябрь 2021 года г. Санкт-Петербург).

- XIX Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (май 2023 года г. Санкт-Петербург).

- XVIII Всероссийская молодежная научно-практическая конференция «Проблемы недропользования» (февраль 2024 года г. Екатеринбург).

- XI Международная научно-практическая конференция «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий. Безопасное и эффективное освоение месторождений полезных ископаемых» (май 2024 года г. Санкт-Петербург).

В диссертации Емельянова Ивана Андреевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заместителя генерального директора по научной работе ООО «Полигор», д.т.н. **Д.В. Сидорова**; главного инженера проектов ООО «ЦветМетИнжиниринг», к.т.н. **А.В. Чебакова**; главного инженера проектов ООО «СПб-Гипрошахт» **Д.П. Мирончука**; директора по проектированию технологических дисциплин ООО «Институт Гипроникель», к.т.н. **А.Д. Куранова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. Проводился ли анализ влияния размеров тектонических блоков на количественные показатели главных напряжений нетронутого массива (д.т.н. **Д.В. Сидоров**);

2. Необходимо пояснить область применения предложенного геомеханического метода (д.т.н. **Д.В. Сидоров**);

3. Почему микроструктурную трещиноватость следует учитывать посредством использования коэффициентов структурной нарушенности на деформационные и прочностные свойства горного массива и как это отражено при выполнении численных расчетов (к.т.н. **А.В. Чебаков**);

4. В диссертации предложена методика определения естественного напряженного состояния, для которой область применения ограничивается прочными скальными массивами горных пород. В чем причины такого ограничения области применения и возможно ли предложить какие-то корректировки для расширения области применения методики на иные массивы горных пород (мало прочные пластичные горные породы или массивы пород, склонные к проявлению реологических свойств) (**Д.П. Мирончук**);

5. Автором предлагается подход к учету анизотропии массива, который заключается в учете трещиноватости массива горных пород двух масштабных уровней: макро- и микроструктурной трещиноватости. При этом учет микроструктурной трещиноватости выполняется путём определения эффективных свойств массива горных пород с применением коэффициентов структурной нарушенности и представлением массива как квазисплошной среды. Параметры микроструктурной трещиноватости, не только плотность трещин, но и их раскрытие, тип заполнителя, число систем, параметры залегания основной системы, обводненность массива, могут обуславливать

характер деформирования массива как нелинейный, при этом метод не может быть применен достоверно для определения параметров напряженно деформированного состояния массива, так и на локальном уровне низкая трещиноватость, низкая нарушенность может обуславливать упругое поведение массива, тем самым исключая необходимость в определении эффективных свойств в принципе. В этой связи, фактор нарушенности массива горных пород видится ключевым для предлагаемого варианта метода полной разгрузки в части области его достоверного применения, однако из текста автореферата следует, что он изучен недостаточно детально. (к.т.н. А.Д. Куранов).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика определения естественного напряженного состояния горного массива, позволяющая повысить достоверность прогноза и основанная на обобщении натурных измерений методом кольцевой разгрузки с использованием трехкомпонентного датчика смещений, обработка которых выполняется с применением многовариантного численного моделирования в пространственной постановке, учитывающем трещиноватость горного массива и температурный фактор;

предложен нетрадиционный подход к интерпретации результатов натурных измерений смещений стенок скважины при кольцевой разгрузке, основанный на многовариантном численном моделировании в пространственной постановке;

доказано наличие закономерностей между результатами натурных измерений смещений стенок скважины при кольцевой разгрузке и температурным режимом породного массива, изменяющимся при выполнении бурения разгрузочной щели.

введена расширенная трактовка метода кольцевой разгрузки, учитывающая применение современного трехкомпонентного датчика смещений и предложенной методики обработки результатов измерений, позволяющего определить тензор естественного напряженного состояния по замерам в двух ортогональных измерительных скважинах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана положение о том, что применение метода кольцевой разгрузки в комбинации с трехкомпонентным датчиком смещений для оценки естественного напряженного состояния горного массива апатит-нефелиновых месторождений Хибин, позволяет повысить достоверность определяемых количественных и качественных его параметров;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплексный подход к проведению исследований, основанный на проведении натурных и лабораторных испытаний с применением современного измерительного оборудования и численном моделировании методом конечных элементов в пространственной постановке;

изложены основные факторы, учет которых позволяет перейти от измеряемых смещений контура скважины к тензору начального поля напряженного состояния, к которым относятся эффективные деформационные свойства массива горных пород и показатели структурной нарушенности массива, а также температурный режим массива горных пород в момент проведения измерений;

раскрыты методические подходы к расчету напряженного состояния породного массива на основании применения пространственного численного моделирования, где в качестве граничных условий приняты измеренные в процессе эксперимента показатели;

изучены связи между показателями структурной нарушенности пород, ожидаемыми смещениями контура скважины и естественным полем напряженного состояния;

проведена модернизация существующих методов обратных расчетов тензора напряженного состояния по смещениям контура скважины, расположенной в структурно нарушенных породных массивах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены рекомендации по определению главных напряжений и их пространственной ориентации (параметры естественного напряженного состояния) на основании зависимостей изменения радиальных смещений стенок измерительной скважины и деформаций горного массива для условий месторождений апатит-нефелиновых руд на различном удалении от контура горной выработки (акт внедрения от 23.09.2024 в проектную деятельность ООО «СПб-Гипрошахт»);

определены перспективы практического использования разработанного метода для повышения уровня безопасности и снижения капитальных затрат при проектировании и эксплуатации подземных сооружений за счет повышения достоверности прогноза геомеханических процессов в горном массиве;

создана система практических рекомендаций для разработанного метода определения естественного напряженного состояния горного массива, выявлена область его применения;

представлены методические рекомендации для внедрения предложенного метода определения естественного напряженного состояния горного массива на действующих горных предприятиях с учетом выявленной области его применения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты лабораторных испытаний и натурных замеров получены на сертифицированном оборудовании; результаты численных экспериментов (постановка задач, параметры моделей материалов) верифицированы путем сопоставления с натурными и лабораторными испытаниями;

теория построена на известных положениях теории упругости и с учетом современных исследований в области решения задач ретроспективного прогноза естественного напряженного состояния геологических сред и согласуется с опубликованными научными работами по теме диссертации;

идея базируется на анализе опыта применения различных подходов к определению естественного напряженного состояния горного массива, который позволил выявить перспективность в развитии метода полной разгрузки на основе применения современного трехкомпонентного датчика смещений;

использовано сравнение полученных автором результатов определения естественного напряженного состояния с фактическими данными о проявлениях горного давления в подземных горных выработках и данными, полученными другими авторами ранее;

установлены соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций соискателя положениям теоретико-методологической базы по теме диссертации;

использованы современные подходы к сбору и анализу данных о естественном напряженном состоянии горного массива, выполнению натурных и лабораторных испытаний, построению и применению численных моделей.

Личный вклад соискателя состоит в постановке целей и задач исследования; формулировании защищаемых положений и основных выводов; подготовке публикаций; проведении полевых и лабораторных испытаний; построении конечно-элементных моделей и проведении численных экспериментов в пространственной постановке; выполнении обработки и анализа результатов моделирования; получении зависимостей радиальных смещений стенок измерительной скважины от деформаций и напряжений в горном массиве; исследовании влияния трещиноватости на естественное напряженное состояние горного массива; получении деформационных и прочностных свойств контактного взаимодействия, отражающих физически правдоподобное поведение трещиноватости; получении коэффициента линейного температурного расширения горного массива апатит-нефелиновых руд; разработке методики, позволяющей определить величину и ориентацию главных напряжений естественного напряженного состояния.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Емельянов Иван Андреевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 22 сентября 2025 года диссертационный совет принял решение присудить **Емельянову Ивану Андреевичу** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, имеющей значение для повышения геотехнической безопасности при проектировании и эксплуатации подземных сооружений на рудных месторождениях.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 4 доктора наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 13, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Протосеня
Анатолий Григорьевич

Афанасьев
Павел Игоревич

22.09.2025 г.