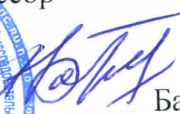


УТВЕРЖДАЮ:
Директор ПФИЦ УрО РАН,
чл.-корр. РАН, д.т.н.,
профессор




Барях А.А.

 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН)

Диссертация «Разработка скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера» выполнена в лаборатории физических процессов освоения георесурсов «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук («ГИ УрО РАН»).

В 2010 г. соискатель Бельтюков Николай Леонидович окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный университет» по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства». С 2010 по 2013 гг. соискатель обучался в аспирантуре ГИ УрО РАН по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

В период подготовки диссертации соискатель работал в «ГИ УрО РАН» в должности инженера.

Научный руководитель – заведующий лабораторией физических процессов освоения георесурсов «ГИ УрО РАН», доктор технических наук, профессор Асанов Владимир Андреевич.

По результатам рассмотрения диссертации Бельтюкова Николая Леонидовича «Разработка скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера» принято следующее заключение.

I. На основе выполненных соискателем теоретических и экспериментальных исследований проявления эффекта Кайзера в породах решена актуальная задача разработки и обоснования скважинного метода измерения компонент поля напряжений, что обеспечит получение объективной информации о действующих в массиве напряжениях для прогноза опасных проявлений горного давления и параметрического обеспечения геомеханических расчетов.

II. Актуальность.

Характер напряженного состояния массива пород влияет на проявления горного давления в выработках, поэтому для обеспечения их устойчивого состояния необходима достоверная информация о природном поле напряжений. Трудоемкость и высокая стоимость реализации традиционных скважинных методов измерения напряжений обуславливают развитие альтернативных способов, среди которых можно выделить методы на основе эффекта Кайзера в породах. Их преимущество заключается в том, что

для определения действующих напряжений не требуется использования аппарата теории упругости и отсутствует необходимость проведения сложных высокоточных измерений деформаций. Это позволяет применять методы на основе эффекта Кайзера в условиях массивов квазипластичных и трещиноватых скальных пород, где измерение напряжений другими методами затруднено. В связи с этим выполненные соискателем исследования, направленные на разработку и обоснование скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера, являются актуальными и имеют научную и практическую значимость.

III. Диссертационные исследования выполнены в рамках проектов РФФИ № 12-05-31482 «Оценка влияния неоднородного строения продуктивной толщи на несущую способность горнотехнических объектов», 13-05-96029 «Экспериментальные и теоретические исследования длительной устойчивости несущих элементов камерной системы разработки калийных пластов», 17-45-590681 «Экспериментально-теоретические подходы к оценке долговременной устойчивости подземных горнотехнических объектов»; в рамках проекта УрО РАН № 12-П-5-1007 «Проблемы устойчивости структурно-неоднородных элементов горнотехнических систем»; по гранту Правительства Российской Федерации (Постановление № 220 от 9 апреля 2010 г.), договор № 14.В25.31.0006 от 24 июня 2013 года.

IV. Личный вклад соискателя заключается в выполнении теоретических и экспериментальных исследований проявления эффекта Кайзера в породах, проведении численных экспериментов, натуральных экспериментов по измерению напряжений в различных горно-геологических условиях, анализе и обработке полученных результатов, формулировке основных научных положений и выводов.

V. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается: строгой постановкой теоретических задач; использованием при математическом моделировании апробированного метода конечных элементов; согласованностью численного расчета напряжений с результатами аналитического решения подобных задач; выполнением натуральных и лабораторных экспериментов с помощью поверенных приборных комплексов и в соответствии с установленными методиками; представительным объемом инструментальных измерений; удовлетворительной сходимостью результатов определения напряжений разными методами.

VI. Научная новизна работы:

1. В процессе нагружения стенок скважины гидродомкратом установлены закономерности проявления эффекта Кайзера в породах околоскважинного пространства, позволяющие оценить величину компоненты поля напряжений, действующую в направлении нагружения.

2. Разработана трехмерная численная модель напряженно-деформированного состояния пород в окрестности измерительной скважины при нагружении гидродомкратом с учетом контактного взаимодействия нагружающих пластин и стенок скважины.

3. Для случая нагружения гидродомкратом стенок скважины в массиве квазипластичных пород определены условия возникновения акустической эмиссии в зависимости от направления нагружения и величин главных компонент естественного поля напряжений, действующих перпендикулярно оси скважины.

4. Установлен эффект Кайзера при восстановлении осевой компоненты σ_3 поля напряжений образца соляных пород, разгруженной после исходного напряженного состояния по схеме Беккера ($\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$).

5. Предложена схема раздельного измерения компонент поля напряжений, основанная на установленных закономерностях изменения параметров акустической эмиссии при нагружении стенок скважины гидродомкратом.

VII. Значение полученных соискателем результатов исследований для практики состоит в разработке методики и технических средств определения напряжений в массиве горных пород, применение которых позволяет решать обширный круг задач по геомеханическому обеспечению безопасной эксплуатации подземных сооружений; установлении закономерностей распределения напряжений в нетронутом массиве и элементах системы разработки на рудных месторождениях: Соколовско-Сарбайское, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, месторождение Жаман-Айбат, Гремячинское месторождение калийных солей.

VIII. Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы докладывались на Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г. Москва, 2010, 2016 г.), Научной сессии ГИ УрО РАН «Стратегия и процессы освоения георесурсов» (г. Пермь, 2013, 2015 г.), Всероссийской научно-технической конференции «Нефтегазовое и горное дело» (г. Пермь, 2011 г.), Всероссийской междисциплинарной молодежной научной конференции «Информационная школа молодого ученого» (г. Екатеринбург, 2012 г.), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития Верхнекамья» (г. Пермь-Березники, 2013 г.), Всероссийской научно-технической конференции «Геомеханика в горном деле» (г. Екатеринбург, 2014 г.), Всероссийской научной конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли» (г. Новосибирск, 2015, 2017 г.), 7-м Международном симпозиуме по измерению напряжений (г. Тампере, Финляндия, 2016 г.), Российско-Китайском научно-техническом форуме «Проблемы нелинейной геомеханики на больших глубинах» (г. Екатеринбург-Пермь, 2018 г.).

Результаты диссертации опубликованы в 15 печатных работах, в том числе 6 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Асанов В.А. Опыт изучения акустоэмиссионных эффектов в соляных породах с использованием скважинного гидродомкрата Гудмана / В.А. Асанов, А.В. Евсеев, В.Н. Токсаров, **Н.Л. Бельтюков** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №10. – С. 144-148.
2. Асанов В.А. Особенности поведения кровли выработок на южном фланге Верхнекамского месторождения калийных солей / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, А.В. Евсеев, **Н.Л. Бельтюков** // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 1. – С. 84-88.
3. Асанов В.А. Инструментальный метод контроля напряженно-деформированного состояния приконтурного массива соляных пород / В.А. Асанов, А.В. Евсеев, В.Н. Токсаров, В.В. Аникин, **Н.Л. Бельтюков** // Горный журнал. – 2013. – № 6. – С. 40-44.
4. Асанов В.А. Оценка напряженно-деформированного состояния нетронутого массива на месторождении Жаман-Айбат / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, Н.А. Самоделькина, **Н.Л. Бельтюков**, А.А. Ударцев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – Т. 13, № 12. – С. 56-66.
5. Асанов В.А. Натурные исследования напряженного состояния пород приконтурного массива / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, А.В. Евсеев, **Н.Л. Бельтюков** // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т. 15, № 20. – С. 270-276.
6. Toksarov V.N. Sedimentary Rock Stress Determination In Boreholes Using Kaiser Effect / V.N. Toksarov, V.A. Asanov, A.V. Evseev, **N.L. Beltukov**, A.A. Udartsev // 7th International Symposium on In-Situ Rock Stress. – Tampere, 2016. – P. 501-508.

7. Асанов В.А. Скважинный метод контроля напряжений в соляном массиве / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, **Н.Л. Бельтюков** // Научные исследования и инновации. – Пермь: ПГТУ, 2011. – Т. 5, № 4. – С. 53-55.

8. Токсаров В.Н. Результаты экспериментального определения напряжений в нетронутом массиве соляных пород / В.Н. Токсаров, **Н.Л. Бельтюков** // Материалы II Всероссийской междисциплинарной молодежной научной конференции «Информационная школа молодого ученого», Екатеринбург, 27-31 августа 2012 г. – Екатеринбург, 2012. – С. 325-329.

9. Бельтюков Н.Л. Исследование напряжений в приконтурном массиве соляных пород в зоне влияния геологической аномалии / **Н.Л. Бельтюков** // Стратегия и процессы освоения георесурсов [Сб. науч. тр.]. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2013. – Вып. 11. – С. 100-102.

10. Токсаров В.Н. Контроль напряженного состояния и механических свойств соляных пород в природных условиях / В.Н. Токсаров, В.А. Асанов, А.В. Евсеев, **Н.Л. Бельтюков**, В.В. Аникин // Материалы научно-практической конференции «Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях», Пермь, 5-7 июня 2013 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2014. – С. 337-341.

11. Асанов В.А. Контроль состояния пород приконтурного массива в зоне влияния геологической аномалии / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, **Н.Л. Бельтюков** // Доклады Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Геомеханика в горном деле», Екатеринбург, 4-5 июня 2014 г. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2014. – С. 187-194.

12. Токсаров В.Н. Использование акустического эффекта памяти для оценки напряженного состояния трещиноватых скальных пород / В.Н. Токсаров, В.А. Асанов, Л.С. Шамганова, **Н.Л. Бельтюков**, А.А. Ударцев // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2015. – № 2. – С. 353-357.

13. Бельтюков Н.Л. О механизме проявления эффекта Кайзера в осадочных горных породах / **Н.Л. Бельтюков** // Стратегия и процессы освоения георесурсов [Сб. науч. тр.]. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2015. – Вып. 13. – С. 102-104.

14. Асанов В.А. Опыт использования гидродомкрата Гудмана при природных исследованиях деформационных свойств и напряженного состояния пород приконтурного массива / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, **Н.Л. Бельтюков** // Материалы XIV Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва-Бишкек, 14-20 сентября 2015 г. – М.: РУДН, 2015. – С.143-144.

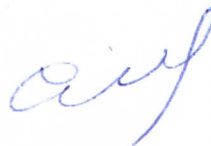
15. Токсаров В.Н. Экспериментальное определение напряжений в массиве горных пород Сарбайского карьера / В.Н. Токсаров, Л.С. Шамганова, **Н.Л. Бельтюков**, А.А. Ударцев, С.А. Съедина // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2017. – Т. 4, № 2. – С. 286-289.

Диссертационная работа Н.Л. Бельтюкова «Разработка скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера» представляет собой самостоятельную квалификационную научную работу, в которой содержится решение актуальной задачи, связанной с разработкой и обоснованием скважинного метода измерения компонент поля напряжений, что обеспечит получение объективной информации о действующих в массиве напряжениях для прогноза опасных проявлений горного давления и параметрического обеспечения геомеханических расчетов.

Диссертация «Разработка скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера» Бельтюкова Николая Леонидовича соответствует требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Заключение принято на заседании ученого совета «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук. Присутствовало на заседании 14 человек. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 4 от 16 апреля 2018 г.

Уч. секретарь «ГИ УрО РАН»,
к.г.-м.н., доцент



Степанов Ю.И.