



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального

исследовательского политехнического

университета,

доктор технических наук, профессор

Коротаев Владимир Николаевич

« 5 » *февраль* 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

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») и на кафедре разработки месторождений полезных ископаемых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Бельтюков Николай Леонидович работал в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре разработки месторождений полезных ископаемых в должности ассистента.

В 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный университет» по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

С 01.11.2010 по 31.10.2013 гг. соискатель обучался в аспирантуре «ГИ УрО РАН» по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Научный руководитель – заведующий лабораторией 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, доктор технических наук, профессор Асанов Владимир Андреевич.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Актуальность.

Истощение запасов действующих горных предприятий сопряжено с вовлечением в разработку новых площадей месторождений полезных ископаемых, что зачастую сопровождается ухудшением горно-геологических условий. В этой связи получение объективной информации о природном поле напряжений, действующем в массиве месторождений, для параметрического обеспечения геомеханических расчетов является важной задачей. Ограниченность условий применения основных скважинных методов измерения напряжений, а также трудоемкость и высокая стоимость их реализации обуславливают развитие альтернативных способов, среди которых интерес представляют методы на основе эффекта Кайзера. При определении напряжений с помощью данного подхода не требуется сложных высокоточных измерений деформаций и отсутствует модельный переход от деформаций к напряжениям. 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, имеют научную и практическую значимость.

2. Научная новизна диссертационного исследования:

- 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;
- разработана трехмерная численная модель напряженно-деформированного состояния пород в окрестности измерительной скважины при нагружении гидродомкратом с учетом контактного взаимодействия нагружающих пластин и стенок скважины;
- 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;
- установлен эффект Кайзера при восстановлении осевой компоненты σ_3 поля напряжений образца соляных пород, разгруженной после исходного напряженного состояния по схеме Беккера ($\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$);
- предложена схема раздельного измерения компонент поля напряжений, основанная на установленных закономерностях изменения параметров акустической эмиссии при нагружении стенок скважины гидродомкратом;

3. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- разработке аппаратного комплекса и методики проведения измерений напряжений гидродомкратом в скважинах;

- выполнении лабораторных и натуральных исследований проявления эффекта Кайзера в породах околоскважинного пространства при нагружении гидродомкратом;

- разработке метода расчета напряженного состояния пород в окрестности измерительной скважины при нагружении ее стенок гидродомкратом, выполнении численных экспериментов, их обработке и анализе;

- выполнении лабораторных исследований проявления эффекта Кайзера на образцах соляных пород при различных режимах нагружения;

- выполнении натуральных экспериментов по измерению напряжений на рудных месторождениях, их обработке и анализе.

4. Степень достоверности результатов проведенных исследований 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.

5. Практическая значимость исследования 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.

6. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

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. Самоделкина, **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 натурных 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.

7. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Диссертационная работа Бельтюкова Николая Леонидовича представляет собой самостоятельную квалификационную научную работу, в которой 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.

Указанная область исследования соответствует формуле специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»:

пункту 1 – «Напряженно-деформированное состояние массивов горных пород и грунтов в естественных условиях и его изменение во времени, в том числе в связи с проведением горных выработок, строительством сооружений, газовых и нефтяных скважин, эксплуатацией месторождений»;

пункту 4 – «Разработка теорий, способов, математических моделей и средств управления состоянием и поведением массивов горных пород и грунтов с целью обеспечения устойчивости горных выработок, подземных и наземных сооружений, предотвращения проявлений опасных горно-геологических явлений»;

пункту 6 – «Создание на основе современных информационных технологий методов, приборов, автоматизированных систем для изучения и контроля свойств горных пород и грунтов, строения и состояния их массивов, а также для прогнозирования динамических процессов и явлений»;

пункту 13 – «Изучение напряженно-деформированного состояния и процессов разрушения горных пород методами математического моделирования и лабораторного эксперимента».

8. 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 кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых». Присутствовало на заседании 19 чел. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 9 от 31 января 2019 г.

Зав. кафедрой разработки
месторождений полезных
ископаемых ПНИПУ,
профессор, д-р техн. наук



Андрейко С.С.