

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

### **Морозова Ивана Александровича**

«Оценка устойчивости горных выработок в соляных породах Гремячинского месторождения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

#### **1. Объем и структура работы.**

Диссертационная работа включает введение, четыре раздела, заключение, библиографический указатель и приложение. Объем работы составляет 153 страниц машинописного текста, включая 62 рисунка, 14 таблиц и список использованной литературы из 149 наименований, в том числе 43 зарубежных.

#### **2. Актуальность темы диссертационного исследования.**

Диссертационное исследование И.А. Морозова посвящено вопросам обеспечения устойчивости подземных выработок, пройденных в соляных породах на больших (свыше 1 км) глубинах в условиях, когда вблизи почвы соляного пласта залегают породы более слабые и низко модульные, склонные к пластическому деформированию, а вблизи кровли – упруго-деформирующиеся породы с более высокими прочностными и деформационными характеристиками. Основная идея работы заключается в выявлении закономерностей деформирования породного массива, вмещающего в данных условиях горные выработки на соляных рудниках, с последующим использованием выявленных закономерностей для оценки геомеханического состояния и оптимального расположения выработок. Цель диссертации – совершенствование способов оценки и прогноза устойчивости такого рода выработок.

Учитывая, что на больших глубинах ползучесть соляных пород, вмещающих подземные выработки, часто носит незатухающий характер, цель и идея диссертационной работы представляются актуальными, обладающими научной ценностью и практической значимостью.

Для их достижения автором достаточно четко и корректно сформулированы задачи и выбран объект диссертационного исследования: породы Гремячинского месторождения калийных солей (где в настоящее время строится Гремячинский подземный рудник), основными геомеханическими особенностями которых являются:

- большая глубина разработки (1100–1300 м), обуславливающая близкий к гидростатическому и весьма высокий (около 24 МПа) уровень исходных напряжений окружающего горного массива;

- залегание вблизи почвы промышленного сильвинитового пласта пластичных карналлитовых пород, прочность которых в 2,4-2,5 раза меньше, чем у сильвинита;

- залегание вблизи кровли пласта ангидритовых и ангидрит-доломитовых пород, обладающих упругим характером деформирования и в 1,5 – 2 раза более высокими, по сравнению с соляными породами, прочностными и деформационными характеристиками.

Вышеизложенное дает основания полагать, что тема диссертационного исследования в полной мере соответствует специальности 2.8.6 – « Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», позволяя решить важную научную и практическую задачу.

### **3. Обоснованность и достоверность методов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Для решения поставленных задач в диссертационной работе вполне оправданно использован комплексный метод исследований, включающий: анализ и обобщение научного и практического опыта поддержания горных выработок в соляных породах, лабораторные и натурные исследования деформирования пород Гремячинского месторождения, статистическую обработку результатов экспериментов, использование математических моделей механики сплошных сред для моделирования процессов деформирования горных пород.

По результатам комплекса исследований сформулированы три научных положения.

Первое научное положение сформулировано (хотя и не совсем удачно) на основании описанных во 2-й главе диссертации испытаний образцов соляных пород Гремячинского месторождения на одноосное и объемное сжатие, а также на одноосное растяжение. По результатам испытаний получены зависимости экспоненциального вида, отражающие влияние фактора формы образцов на предел прочности, модуль спада и на касательный и секущий модули деформации. При этом было выявлено, что наиболее чувствительным показателем к изменению отношения высоты образцов к диаметру является касательный модуль спада, который при изменении отношения высоты к диаметру от 0,3 до 2,0 изменяется более чем на порядок.

Второе и частично третье научные положения обоснованы на основании описанных в третьей главе результатов инструментальных натуральных исследований деформирования контура горных выработок Гремячинского месторождения, пройденных в слоистом массиве соляных пород. По результатам исследований выявлено, что при наличии вблизи кровли протяженной выработки шириной 6 м и высотой 3,7 м упруго-деформирующихся пород, представленных ангидритовыми и ангидрит-доломитовыми отложениями с более высокими прочностными и деформационными характеристиками, чем сильвинитовый пласт, и при оставлении в почве выработки сильвинитовой пачки толщиной менее 0,6 - 0,7 м, скорости смещений почвы в 3 и более раз превосходят скорости смещений кровли.

Окончательно третье научное положение обосновано по результатам исследований методами математического моделирования напряженно - деформирован-



ного состояния (НДС) одиночных выработок, пройденных в условиях Гремячинского месторождения. Описание моделирования методом конечных элементов для условий упруго-вязко-пластической среды представлено в четвертой главе работы. По его результатам было выявлено, что в рассматриваемых условиях при уменьшении мощности соленосных отложений в кровле с 3,5 до 0,5 м приводит к уменьшению величин смещений пород кровли и боков, соответственно, в 1,7–4,4 и 1,3–1,5 раза за первый год эксплуатации выработки.

Обоснованность защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируется на достаточно большом (с точки зрения статистической надежности полученных результатов) объеме лабораторных и натурных исследований. В общей сложности было задействованы испытания 237 образцов пород и проанализированы результаты инструментальных исследований деформирования контура выработок и вмещающих пород по 8 замерным реперным станциям на 4 экспериментальных участках. Достоверность результатов подтверждается их непротиворечивостью с фундаментальными положениями геомеханики, при общей корректности поставленных задач.

В основных своих разделах диссертация имеет четкую логическую последовательность, характеризуется ясностью и полнотой изложения. Как результаты диссертационных исследований, так и работа в целом оставляют благоприятное впечатление и характеризуют её автора как зрелого научного работника, способного самостоятельно ставить и решать комплексные научно-технические задачи с применением современных методов.

#### **4. Значимость полученных результатов для науки и практики**

По результатам диссертационных исследований в законченном виде решена актуальная научно-практическая задача, позволяющая на практике повысить эффективность эксплуатации горных выработок, сооружаемых в соляных породах.

Основная научная значимость диссертационных исследований заключается в выявлении основных факторов и закономерностей, определяющих устойчивость подземных выработок, пройденных в соляных породах на больших глубинах в условиях, когда вблизи почвы соляного пласта залегают породы более слабые и низко модульные, чем соляные породы, а вблизи кровли – упруго - деформирующиеся породы с более высокими прочностными и деформационными характеристиками.

Работа имеет существенное значение для обеспечения безопасной разработки соляных месторождений. Результаты диссертации могут быть рекомендованы к внедрению, причем не только для выработок Гремячинского рудника, как это представляется в работе, но и на других российских и зарубежных рудниках для аналогичных условий. В частности: для проходимых в соленосных отложениях выработок на Верхнекамском и Старобинском месторождениях, на алмазных месторождениях Якутии и др.

#### **5. Публикации, язык и стиль диссертационной работы**

Диссертация написана грамотным литературным языком. В основном ее отличает ясный стиль изложения материала. Текстовая часть в достаточной степени иллюстрирована рисунками и таблицами. Можно отметить лишь отдельные незначительные неточности и опечатки.

Основные положения диссертации опубликованы в девяти рецензируемых печатных работах, включая четыре работы в ведущих специализированных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и образования России. Опубликованные работы в основном отражают результаты выполненных исследований. Автореферат соответствует диссертации и отражает ее основное содержание.

## **6. Замечания по работе**

1) Нельзя согласиться с тем, что автор ограничивает результаты работы исключительно выработками Гремячинского месторождения (как это отражено в ее названии, в обосновании актуальности и в заключении). В диссертации на примере Гремячинского месторождения решена задача обеспечения устойчивости любобых (вне зависимости от месторождения) подземных выработок, пройденных в соляных породах на больших глубинах в условиях, когда вблизи почвы залегают породы слабые и низко модульные, склонные к пластическому деформированию, а вблизи кровли – упругие породы с более высокими прочностными и деформационными характеристиками.

2) Первое защищаемое положение сформулировано неудачно. Сами по себе результаты механических испытаний соляных пород, пусть даже самые представительные, многочисленные и впервые проведенные для данного месторождения, научным результатом не являются. На защиту должны выноситься новые зависимости и закономерности, которые по итогам этих испытаний получены. В частности те, которые отражают влияние формы образцов на механические свойства соляных пород.

3) Выделять разработку рекомендаций по определению прочностных и деформационных характеристик соляных пород методом объемного многоступенчатого нагружения в отдельную задачу нецелесообразно. В главе 2 следовало бы уделить этому вопросу меньше внимания.

4) Следует пояснить, исходя из каких соображений выбирались участки заложения реперных станций. Также в диссертации отсутствует обоснование глубины заложения реперов.

4) Для лучшего восприятия работы главы диссертации желательно более четко увязать с защищаемыми положениями.

Отмеченные замечания не затрагивают основных достоинств диссертационной работы и не влияют на ее общую положительную оценку.

## **7. Заключение**

В диссертационной работе решена актуальная научная задача по разработке способов оценки и прогноза устойчивости подземных выработок, пройденных в



соляных породах на больших глубинах в условиях, когда вблизи кровли соляного пласта залегают не склонные к ползучести породы с высокими прочностными и деформационными характеристиками, а вблизи почвы – породы слабые и низко-модульные, склонные к деформации ползучести. По своему научному уровню и полученным результатам работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Морозов Иван Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент:

ведущий научный сотрудник лаборатории геомеханики подземных сооружений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук, доктор технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Контактная информация: 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58 Институт горного дела УрО РАН, тел.: +7 (343) 350-60-23, e-mail: balek@igduran.ru

16 мая 2022 г.

/ А.Е. Балек

Я, Балек Александр Евгеньевич, автор отзыва, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.201.02 при ПФИЦ УрО РАН (г. Пермь) и их дальнейшую обработку.

16 мая 2022 г.

/ А.Е. Балек

Подпись официального оппонента доктора технических наук Балека А.Е. удостоверяю: Ученый секретарь ИГД УрО РАН

16 мая 2022 г.



/ А.А. Панжин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук, 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58 Институт горного дела УрО РАН, тел.: (343) 350-21-86, факс: (343) 350-21-11, e-mail: direct@igduran.ru, http://igduran.ru