

О Т З Ы В

официального оппонента, *доктора физико-математических наук, профессора Журавкова Михаила Анатольевича* на диссертацию *Лебедевой Олеси Олеговны* на тему: «Прогноз деформационных процессов междушахтных целиков калийного месторождения на основе комплекса натуральных исследований», 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

Актуальность диссертационной работы заключается в использовании комплекса натуральных исследований, под которыми понимается совокупность геологических, геомеханических и геофизических исследований и маркшейдерских наблюдений, для создания геолого-геомеханической модели и использования её для прогноза деформационных процессов в междушахтных целиках калийного месторождения. Подробный анализ геомеханического состояния породного массива в районах ранее произошедших техногенных аварий на территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС) показывает, что для надежного прогноза деформационных процессов в подрабатываемом массиве определяющими факторами являются физико-механические свойства горных пород, слагающих породную толщу. Уникальным является то, что комбинирование натуральных методов исследований позволяет получить значения физико-механических свойств в любой точке геолого-геомеханической модели. Такой подход позволяет выполнить анализ и прогноз деформационных процессов в районе междушахтных целиков в области водозащитной толщи (ВЗТ) и оценить риск формирования и развития техногенных водопроводящих трещин с целью предотвращения образования неблагоприятных последствий, а именно, затопления шахтного поля.

2. Научная новизна диссертации

Автором получены новые математические зависимости, на основе которых осуществляется переход от динамических к статическим характеристиками соляных пород ВКМКС. Комплексный подход, включающий использование геологической информации, данных акустического каротажа скважин, результатов определений статических и динамических геомеханических характеристик образцов горных пород, позволяет получить распределение физико-механических свойств массива горных пород исследуемого участка ВКМКС. В свою очередь, на основе полученного распределения свойств выполнено численное решение задачи расчета напряженно-деформированного состояния массива горных пород в районе междушахтных целиков с целью анализа и прогноза деформационных процессов в области ВЗТ.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-87 от 29.05.24
АУ УС

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

В рамках выполнения диссертационной работы автором были проведены лабораторные испытания образцов соляных пород на специализированном оборудовании с использованием комплексных методик и подходов, проанализированы инструментальные наблюдения за оседаниями земной поверхности, обработаны данные акустического каротажа солеразведочных скважин, выполнены численные расчеты и верификация их с данными натурных наблюдений за оседаниями земной поверхности на ВКМКС.

4. Научные результаты, их ценность

Результаты диссертационных исследований в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе, в 4 статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 статьях в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Подана 1 заявка на патент. Оформлен акт использования результатов диссертационной работы в процессе проектирования и выполнения научно-технических и проектных работ деятельности АО «ВНИИ Галургии».

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Особое внимание автор уделяет связи между статическими и динамическими геомеханическими характеристиками соляных пород. Характерным является то, что полученные математические зависимости легли в основу разработанного алгоритма получения распределения физико-механических свойств в массиве пород ВЗТ, основанного на комплексном использовании геологической, геофизической и геомеханической информации. Важно отметить, что используемый подход может быть распространен на всю территорию ВКМКС. По результатам расчетов на основе созданной геолого-геомеханической модели в районе междушахтных целиков между шахтными полями СКРУ-1 – СКРУ-2 и СКРУ-2 – СКРУ-3 выполнен анализ деформационных процессов в районе ВЗТ, что показало отсутствие опасности возникновения водопроводящих трещин на расчётный период времени – до 2031 года.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Автор диссертационной работы видит универсальность предлагаемого комплекса натурных исследований для оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород месторождений полезных ископаемых на основе комплекса натурных исследований. Полученные зависимости между статическими и динамическими характеристиками соляных пород, а также разработанный алгоритм получения распределения физико-механических свойств в массиве пород ВЗТ, основанный на комплексном использовании геологической, геофизической и геомеханической информации может быть использован при построении геолого-

геомеханических моделей других участков на территории ВКМКС. Кроме этого, используемый метод выделения зон с различными физико-механическими свойствами в массиве пород может быть в дальнейшем реализован на угольных и рудных месторождениях.

7. Замечания и вопросы по работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В диссертации указано: «...Опыт геомеханического анализа произошедших техногенных аварий на территории ВКМКС показывает, что для прогноза деформационных процессов определяющим фактором являются физико-механические свойства горных пород...».

Данное утверждение не имеет достаточного подтверждения в тексте диссертационной работы. Кроме того, по моему мнению, речь должна идти о физико-механических свойствах массива горных пород (пачек слоев, слоев)

2. Стр. 18. «...стадия затухающей ползучести ...»

Из текста диссертации можно сделать вывод, что речь идет о «первой стадии» процесса ползучести. Эта стадия обычно называется стадией неустановившейся ползучести.

3. Стр. 96. «Величина $K_t \geq 1.0$ означает разрушение горной породы, что в физическом смысле говорит о начале образования трещин сдвига...» .

$$K_t = \sigma_1 / [\sigma_1]$$

где K_t – показатель нарушенности, σ_1 – первое главное напряжение, $[\sigma_1]$ – предельное значение первого главного напряжения».

Почему речь идет только о трещинах сдвига? В общем случае первое главное напряжение характеризует напряжения растяжения. Поэтому трещины могут быть двух типов.

4. Стр.96. «... При расчете критерия K_t использовался критерий Кулона-Мора (формула (4.2)) для придания расчетам определенного запаса надежности:

$$[\sigma_1] = \sigma_{сж} + \sigma_3 \cdot \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}, \quad (4.2)$$

где σ_3 – минимальное главное напряжение; $\sigma_{сж}$ – прочность на одноосное сжатие (с учетом коэффициента перехода к длительной прочности 0,3);»

Нет четкого пояснения в тексте, почему критерий Кулона принят «для первого главного напряжения»?

5. Замечание по главе 4. В диссертации подчеркивается, что расчеты выполнялись в упругой постановке... В этом случае не совсем понятно, как использовалась вязкоупругая модель? Кроме того, известно, что на основании только упругой модели поведения породной толщи практически невозможно воспроизвести реальную форму мульды оседаний на дневной поверхности. В тексте диссертационной работы этот вопрос не освещен в достаточной мере.

В диссертационной работе имеется ряд стилистических описок и неточностей.

Можно, например, указать следующие.

Стр.86: «... позволяет получить распределение модуля упругости и предела прочности на одноосное сжатие *на всю глубину исследования ... Проведя распределение свойств в массиве с использованием методов математической ...*»

Стр.93. «... *выполнялось в конечно-элементном программном комплексе Ansys..*» – более корректно «выполнялось в программном комплексе конечно-элементного моделирования...»

Стр.104. « ... Результаты *расчёта геомеханической модели ...*» – не совсем корректное выражение.

Отмечу, что высказанные замечания не являются принципиальными, не подвергают сомнению выводы и заключения, сформулированные в диссертации и не снижают общее положительное впечатление от работы.

8. Заключение по диссертации

Считаю, что диссертация «*Прогноз деформационных процессов междушахтных целиков калийного месторождения на основе комплекса натуральных исследований*», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, соответствует 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 от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор – **Лебедева Олеся Олеговна** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики БГУ

доктор физико-математических наук, профессор

Подпись Журавкова М.А. заверяю
М.П.

Журавков Михаил Анатольевич

Сведения об официальном оппоненте:

Белорусский государственный университет

Почтовый адрес: 220030, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 4

Официальный сайт в сети Интернет: <https://bsu.by/>

эл. почта: zhuravkov@bsu.by, телефон: +375 29 6859733

