

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Акматова Дастана Женишбековича на тему «Оценка устойчивости породного массива на основе разработки трехмерной геомеханической модели при захоронении радиоактивных отходов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 18.03.2024, протокол № 18.

Диссертация выполнена на кафедре геологии и маркшейдерского дела в Горном институте НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Тухель Екатерина Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры геологии и маркшейдерского дела НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (18.03.2024, протокол № 18) в составе:

- Вознесенский Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС (председатель);

- Винников Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС;

- Еременко Виталий Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС;

- Нестеренко Максим Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук;

- Гупало Владимир Сергеевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией методологии обоснования безопасности Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных систем от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу» (ОАО «ВИОГЕМ»), г. Белгород, отметившее в своём положительном отзыве актуальность, научную новизну и практическую значимость работы.

Экспертная комиссия отмечает, что в диссертации (соответствует пп. 1, 3, 5, 12 паспорта специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика») на основании выполненных соискателем исследований:

1. Собраны и обобщены данные о физико-механических свойствах пород и о характеристике внешнего, по отношению к участку, регионального поля напряжений. Полученные данные о современном напряженно-деформированном состоянии района, с использованием средств ГНСС, показывают сложноградиентное распределение действующих внешних тектонических сил на границах создаваемой геомеханической модели.
2. На основе анализа геолого-геофизических данных разработана структурно-тектоническая модель участка «Енисейский», включающая в себя систему разрывных нарушений, литологическую модель, модели интрузивных 134 образований, зоны повышенной трещиноватости и дробления, физико-механические свойства пород и зоны динамического влияния крупных тектонических разломов.
3. Ключевым фактором создания геомеханических моделей являются граничные условия модели: условия внешних и внутренних источников нагрузок, закрепления модели, учет краевых эффектов при моделировании, принятые физико-механические свойства и т. д. При задании внешних действующих сил были приняты и проанализированы четыре вероятных сценария граничных условий: 1 – только гравитационное давление; 2 – на основе геологических данных  $\sigma_{yy}/\sigma_{xx} = 1/2$ ; 3 – пессимистичный прогноз  $\sigma_{yy}/\sigma_{xx} = 2$ ; 4 – по результатам ГНСС-измерений.
4. На основе предложенной рейтинговой классификации проведена оценка устойчивости геологической среды на участке Нижне-Канского массива. Важными факторами нарушения устойчивости являются высокая плотность трещиноватости в зонах динамического влияния разломов и присутствие метаморфических пород в массиве. Однако в блочных структурах породного массива наблюдается высокая степень устойчивости по рейтинговому показателю QR.
5. Анализ результатов численного моделирования НДС показал, что существуют локальные области повышенных напряжений в геологическом массиве, соответствующие тектоническим структурам, таким как Верхнешумихинский и Безымянный разломы. Однако результаты моделирования указывают, что площадка подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ) во всех сценариях моделирования попадает в зону геодинамической устойчивости.

6. Проведенный корреляционный анализ данных, полученных в результате многовариантного моделирования, демонстрирует высокую степень корреляции между первыми тремя вариантами граничных условий. Четвертый вариант показывает пониженную корреляционную связь, что обусловлено наличием определенных анизотропных граничных условий по границам участка моделирования.
7. Разработана блочная геомеханическая модель, интегрирующая разнородные геомеханические, геологические и горнотехнические параметры массива в единое цифровое пространство для оценки устойчивости породного массива участка «Енисейский» Нижне-Канского массива средствами горно-геологических информационных систем (ГГИС).
8. Разработанная трехмерная геомеханическая модель для оценки устойчивости массива при захоронении высокоактивных радиоактивных отходов была апробирована в научно-исследовательских и производственных работах Геофизического центра РАН, выполняемых совместно с ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами». Модель применяется при эксплуатации геодинамического полигона ПИЛ и при реализации научной программы геодинамических и геомеханических исследований в ПИЛ.

**Теоретическая значимость и новизна исследования** применительно к тематике диссертационного исследования (т. е. с получением обладающих новизной результатов) заключается в:

- впервые созданной трёхмерной структурно-тектонической модели участка «Енисейский» Нижне-Канского массива, включающей структурные нарушения и их зоны динамического влияния, геолого-литологическое строение и упруго-прочностные свойства пород;
- модернизации системы Q-рейтинговой классификации горных пород, которая учитывает комплексную оценку устойчивости пород, вмещающих выработки ПИЛ, а также их уникальные особенности;
- разработке блочной трехмерной геомеханической модели участка «Енисейский», включающей структурную модель, рейтинговую модель оценки качества пород и многовариантную модель напряженно-деформированного состояния;
- получении новых закономерностей, определяющих связь между напряженным состоянием массива горных пород, структурной нарушенностью и потенциальной опасностью разрушения пород при строительстве ПИЛ на основе энергетического подхода;

– выполнении трехмерного геодинамического районирования породного массива на участке «Енисейский», в результате чего были выявлены зоны потенциальной неустойчивости пород в зонах динамического влияния тектонических разломов Верхнешумихинского, Меркурьевского и Безымянного и их сопряжений.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** заключается в оценке устойчивости породного массива на основе впервые разработанной трехмерной геомеханической модели участка «Енисейский» для обоснования долговременной безопасности пункта подземной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов (РАО). Разработана трехмерная геомеханическая модель для оценки устойчивости Нижне-Канского породного массива участка «Енисейский», которая принята к использованию в рамках научно-исследовательских и производственных работ лаборатории геодинамики Геофизического центра РАН. Полученные при проведении исследований результаты могут быть рекомендованы для практического применения организациям, занимающимся проектированием и строительством хранилищ для захоронений радиоактивных отходов (Научно-исследовательскому институту горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевому научному центру ВНИМИ, ФГБУ Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, ОАО «ВИОГЕМ», АО «НЦ ВостНИИ» и другим), а также учреждениям науки и образования (профильным институтам РАН и университетам, осуществляющим подготовку горных инженеров).

**Достоверность результатов** подтверждаются результатами анализа имеющихся литературных источников по исследованию взаимодействия региональных, местных, локальных тектонических структур с происходящими геомеханическими процессами; корректным использованием сертифицированного программного обеспечения для моделирования; совпадением полученных зон концентрации напряжений с результатами геодезических наблюдений и моделями, разработанными другими авторами.

**Личный вклад соискателя** состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; формулировании основных научных положений; проведении анализа научно-технической литературы, сборе и систематизации данных о геологии и тектонике участка «Енисейский», построении структурно-тектонической модели участка, разработке методики моделирования НДС, задании граничных условий каркасной модели, проведении многовариантного расчета НДС, выполнении анализа пространственного распределения напряжений, разработке системы

рейтинговой классификации вмещающего ПИЛ породного массива, выполнении прогнозной оценки его длительной устойчивости.

Соискатель представил 8 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Акматова Дастана Женишбековича соответствует критериям раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований проведена оценка устойчивости породного массива с использованием трехмерной геомеханической модели участка «Енисейский» Нижне-Канского массива, что имеет важное значение для развития геомеханики скальных массивов и обеспечения геоэкологической безопасности при подземной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Акматову Дастану Женишбековичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5 человек, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии

 А.С. Вознесенский

22.05.2024