

АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание ученой степени доктора философии
(PhD) 6D070700 – «Горное дело»

ЭБДИКӘРІМОВА ГҮЛНҮР БАҚЫТБЕКҚЫЗЫ

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ГЕОМОНИТОРИНГА ЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА КАЧАРСКОМ КАРЬЕРЕ

Оценка современного состояния решаемой научно-технической прикладной задачи.

Увеличение глубины открытых горных работ сопровождается ростом напряжений в горном массиве пород, в результате чего повышается риск обрушения бортов карьера, что приводит к существенным сбоям в его работе. Для уменьшения таких рисков реализуется система мониторинга состояния бортов карьеров, базирующаяся на современных средствах фиксации их изменения во времени.

Напряженное состояние массива горных пород является основным фактором геомеханической ситуации при отработке глубокими карьерами.

В настоящее время назрела необходимость учитывать реальное напряженно-деформированное состояние при освоении все более глубоких горизонтов месторождений твердых полезных ископаемых. В высоконапряженных, массивных и хрупких породах смещения могут быть сложно выявляемыми, вплоть до момента обрушения. Управление неустойчивыми откосами, вызванных действием НДС, является одним из наиболее важных вопросов при решении вопросов безопасности в Качарском карьере.

Качарское месторождение характеризуется сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями залегания. Длительные сроки открытой разработки месторождения и связанные с ней большие объемы перемещения горной массы способствовали нарушению естественного напряженно-деформированного состояния земной коры в районе месторождения.

На Качарском карьере непредвиденный деформационный процесс, вызванный изменением НДС массива под действием геодинамических движений, вызвал значительные разрушения и временную остановку работы карьера в 2015 году и экономические потери. Юго-западный борт при строительстве бетонных подпорных стенок претерпел сильное деформирование в отметках минус 30 – минус 120 м. Причиной разрушения борта стали повышенные тангенциальные напряжения сжатия, действующие вдоль борта карьера на этом участке, вызывающие разрушения сдвигового характера.

Применяемые в отечественной и зарубежной практике методы оценки напряженно-деформационного состояния массива горных пород, подразделяются на две существенно отличающиеся группы. К первой группе относятся методы, основанные на измерениях параметров деформирования горных пород. Ко второй группе относятся геофизические методы, в которых используются вариации естественных или наведенных искусственно геофизических полей.

К недостаткам геомеханического мониторинга геофизическими методами при разработке месторождений открытым способом можно отнести сложность корреляции параметров искусственных геофизических полей с параметрами напряжений и деформации, что затрудняет их использование в решении практических горнотехнических задач.

Деформационные методы позволяют получить информацию о формировании энергонасыщенных зон, связанных с подготовкой разрушений. Горные удары, вызванные действиями повышенных напряжений, с физической точки зрения являются мгновенными

(хрупкими) разрушениями некоторых объёмов пород, либо подвижками блоков структурных неоднородностей с выделением накопленной энергии.

Практически все породы, слагающие прибортовое пространство Качарского карьера, относятся к хрупким. Большинство обрушений горных пород (камнепады, обвалы и оползни) на крутых склонах, состоящих из прочных пород, указывают на типичное хрупкое поведение, и внезапное обрушение может также включать значительные объёмы пород. Хрупкие разрушения при растяжении или сдвиге на крутых склонах обычно труднее всего предсказать в связи с внезапным характером и потенциальной быстротой ускорений.

Таким образом, для решения поставленной цели будут применяться системы мониторинга деформационного состояния массива горных пород, которые надёжно коррелируются с напряжённым состоянием горных пород.

На сегодняшний день современные компьютеры и улучшения в пользовательском интерфейсе 3D-программ способствуют переходу к использованию 3D-моделирования для оценки и прогнозирования НДС массива горных пород.

Моделирование устойчивости, прогнозирование деформаций бортов и уступов карьеров и использование мониторинга деформации склонов до сих пор были отдельными задачами, которые выполнялись на разных этапах разработки проекта. Многие геотехнические исследования показали, что на сегодняшний день для многих видов обрушений в карьерах существует научное объяснение. Знание потенциально опасных по обрушениям зон позволяет на стадии проектирования и разработки горных работ установить места возможных обрушений и заранее принять меры по их предотвращению. При должном геотехническом исследовании состояния массива горных пород и наличии системы регламентируемых наблюдений, с научной точки зрения отказ можно прогнозировать.

В работе выполнен геотехнический анализ неустойчивости приконтурного массива Качарского карьера, вызванный различными видами отказов, в том числе и действием НДС. Производство горных работ при разработке глубокого карьера сопровождается нарушением начального напряжённого состояния породных массивов. Возникающие в прибортовом массиве деформации растяжения и сжатия горных пород определяют появление дополнительных напряжений, которые нарушают начальное напряжённое состояние массива горных пород. В напряжённых, хрупких породах смещения могут быть сложно выявляемыми, вплоть до момента обрушения.

В ходе исследований была разработана научно-техническая методика геотехнического мониторинга поверхности прибортового массива Качарского карьера. Предложенная структура геомониторинга поверхности Качарского карьера включает методику прогноза деформаций, механизма сдвижений и разрушений прибортового массива борта карьера с учетом воздействия полей напряжений.

Для прогноза деформаций, сдвижений и разрушений горных пород месторождений с учетом полей напряжений были использованы численные методы для моделирования характера изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива. Реализация численного моделирования напряжённого состояния породного массива Качарского карьера была выполнена в ПО RS2 RocScience. Прогноз напряжений и деформаций в прибортовом массиве Качарского карьера обеспечивает достоверную геомеханическую оценку состояния бортов карьера на различных этапах его отработки. Разработанная численная модель может быть откалибрована на основе фактических данных напряжений на месте.

Цель диссертации. Разработка научно-методических основ создания единой системы геомониторинга природного напряжённого состояния массива скальных пород Качарского карьера для прогнозирования и раннего предупреждения критических деформаций откосов при действии тектонических полей напряжений с использованием современных систем мониторинга.

В диссертации были решены следующие задачи:

- оценка текущего состояния приконтурного массива пород Качарского карьера при помощи построения его геомеханической модели;
- определение закономерностей распределения НДС и разработка методики прогноза нестабильных участков в прибортовом массиве Качарского карьера, вызванных действием напряжений с использованием численного моделирования НДС;
- разработка программы комплексного геотехнического мониторинга Качарского карьера (выбор оборудования, местоположения, методика);
- определение значений порогов движения для ожидаемого поведения борта Качарского карьера, оценка события и определение плана оперативного реагирования на действия по смещению, вызванных действием НДС.

Объект исследования - прибортовой массив Качарского карьера.

Предмет исследования - смещения, вызванные действием НДС.

Методы исследования:

Методы исследований включали комплексные исследования, в которые входили:

- исследование существующей практики методов оценки напряженно-деформационного состояния массива горных пород и средств геомеханического мониторинга;
- анализ результатов ранее выполненных исследований по объекту;
- разработка научно-технической методики геотехнического мониторинга поверхности прибортового массива Качарского карьера с учетом действия НДС;
- оценка уровня напряженного состояния пород массива и карьерной выемки Качарского карьера до проектной глубины численными методами в 2-хмерной постановке;
- обзор существующих инструментов мониторинга и их эффективность;
- организация структуры геомониторинга с учетом действия напряженно-деформированного состояния массива горных пород Качарского карьера;
- Определение значения порогов движения для ожидаемого поведения борта Качарского карьера;
- оценка события и определение планов оперативного реагирования.

Положения, выносимые на защиту:

- в зоне тектонического разлома на отметках (-300) м – (-330) м Западного борта происходит переориентация главных напряжений в блоках массива. Зоны растягивающих и сжимающих напряжений сменяют друг друга;
- потенциально опасные по динамическому разрушению участки формируются в нижней части карьерной выемки Западного борта ниже отметки (-380) м и до дна карьера (выявлена закономерность распределения максимальных касательных напряжений τ_{xy});
- критерии опасной ситуации по итогам моделирования позволяют обоснованно выявлять зоны деформаций, вызванных тектоническими напряжениями.

Основные результаты исследования:

- определена геомеханическая карта потенциально опасных участков Качарского карьера, в том числе вызванных действием НДС;
- разработана программа комплексного геотехнического мониторинга Качарского карьера, которая включает прогнозирование и раннее предупреждение критических деформаций откосов карьера при действии тектонических полей напряжений с использованием современных систем мониторинга;
- для каждого объекта геотехнического мониторинга Качарского карьера определен состав, объемы, вид оборудования, периодичность наблюдений для выполнения определенного метода мониторинга.
- определены значения порогов движения для ожидаемого поведения борта Качарского карьера, оценка события и определены планы оперативного реагирования.

- программа комплексного геотехнического мониторинга Качарского карьера служит для выявления смещений склонов и определения адекватных профилактических мер на случай возможных оползневых чрезвычайных ситуаций для обеспечения безопасных условий работы для персонала и оборудования;

- разработанные научно-методические основы создания единой системы геомониторинга за напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на Качарском карьере могут быть использованы на аналогичных рудниках РК при разработке систем мониторинга.

Научная новизна:

- определена закономерность смены областей растягивающих и сжимающих напряжений в блоках массива северо-западного борта в зоне тектонического разлома;

- для условий Качарского карьера разработаны научно-методические основы создания единой системы геомониторинга, которая включает прогнозирование и раннее предупреждение критических деформаций откосов карьера при действии тектонических полей напряжений с использованием современных систем мониторинга;

- разработана геомеханическая карта рисков (карта потенциально опасных участков) для Качарского карьера.

Практическая ценность:

- по результатам исследований определена геомеханическая карта потенциально опасных участков Качарского карьера;

- разработана программа комплексного геотехнического мониторинга Качарского карьера.

- для каждого объекта геотехнического мониторинга (домена) Качарского карьера определен состав, объемы, вид оборудования, периодичность наблюдений для выполнения определенного метода мониторинга.

- определены значения порогов движения для ожидаемого поведения борта Качарского карьера, оценка события и определены планы оперативного реагирования.

- программа комплексного геотехнического мониторинга Качарского карьера обеспечит безопасные условия работы для персонала и оборудования;

- разработанные научно-методических основы создания единой системы геомониторинга за напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на Качарском карьере могут быть использованы на аналогичных рудниках РК при разработке систем мониторинга.

Публикации включают шесть статей в рейтинговых журналах, таких как: "Mining of Mineral Deposits", процентиль 53, Q2; "Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук", процентиль 43, Q3; четыре статей в изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и МОН РК и РИНЦ, таких как: "Известия вузов. Горный журнал", "Горный журнал Казахстана" и "Маркшейдерия и недропользование"; две статей в сборниках международных конференций, форумов и конгрессах, таких как: "International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM", процентиль 17, Q3; (г. Албена, Болгария, 2020 г.); Труды Международной научно-практической конференции, посвященной к 115-летию член-корр. АН КазССР А.Ж. Машанова и 100-летию Академика АН КазССР Ж.С. Ержанова (г. Алматы, 2022 г.); 1 авторское свидетельство № 12049 от 17 сентября 2020 г. Рег. номер заявки 17650, от 16.09.2020 г.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения и списка использованных литературы. Работа изложена на 107 страницах машинописного текста, содержит 12 таблиц, 47 рисунков, список литературы из 72 наименований.