

## АННОТАЦИЯ

Диссертация на соискание степени доктора философии PhD по образовательной программе 8D07202 – «Горное дело»

**Жиенбаев Абзал Бахитович**

**Геомеханическое обоснование повторной разработки целиков на основе данных комплексного мониторинга состояния массива горных пород**

**Актуальность работы.** Согласно правилам повторная разработка целиков должна сопровождаться комплексным геомеханическим мониторингом. Полный комплекс геомеханического мониторинга состоит из:

- визуального (шахтного) наблюдения за процессами разрушения конструктивных элементов камерно-столбовой системы разработки,
- инструментальных замеров по профильным линиям процесса оседания (сдвижения) земной поверхности при отработке камерных запасов и повторной разработке целиков,
- непрерывного сейсмического (приборного) мониторинга за процессами разрушения налегающей толщи.
- и другие при необходимости.

Комплексным геомеханическим мониторингом всеми тремя видами на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс» охвачены рудника на Жезказганском месторождении и рудник Жомарт.

Рудник Жомарт отрабатывается панельно-столбовой системой разработки (подвид камерно-столбовой системы разработки) с 2006 года. Повторная разработка целиков начата в опытно-промышленном порядке в 2009 году.

Начиная с августа 2017 года, на руднике Жомарт сейсмической системой мониторинга отмечается нарастание техногенной сейсмической активности массива в районах ведения повторной разработки. Наиболее сильные сейсмические события зарегистрированы всеми сейсмостанциями сейсмологической службы РК, как техногенные землетрясения.

Наблюдения за оседаниями реперов профильных линий показывают, сдвижением горных пород достигло земной поверхности с максимальными значениями около 100 мм в районе панелей 42-44 (в которых МКЦ отработаны, а БЦ оставлены) и по панелям 39, 1, 2, 3 расположенных по профильной линии 1.

Нарастание сейсмической активности массива и сдвижения земной поверхности говорят об ухудшении геомеханической обстановки на руднике Жомарт. Причины ухудшения геомеханической ситуации:

- много локальных участков извлечения целиков с небольшими пролетами погашения, участки между которыми оказываются перегруженными;

- зависание толщи пород на неотработанных БЦ и МЦ, создающее опорное давление на них и окружающий массив;

- не соблюдение проектного порядка повторной отработки; в частности, преждевременная прорезка БЦ с опережением фронта погашения более чем на 3 ряда МКЦ.

В 2020-21 года земная поверхность рудника Жомарт была охвачена спутниковым мониторингом, в 2021 году проводились работы по определению зон обрушения налегающей толщи над участками повторных разработок с помощью сейсморазведочных технологий, с 2021 года проводятся опытно-промышленные работы по применению массивных целиков. Все это дает возможность более детально рассмотреть вопрос безопасных условий повторных разработок с учетом результатов комплексного геомеханического мониторинга и проведенных научно-исследовательских работ.

**Целью** диссертации является определение условий безопасного ведения повторной разработки целиков и управляемого погашения пустот с использованием данных комплексного мониторинга состояния массива горных пород.

**Задачи** исследований:

1. Анализ изученности вопроса повторных разработок при камерно-столбовой системе разработки и комплексного геомеханического сопровождения горных работ.

2. Анализ данных визуального мониторинга состояния кровли выработанного пространства на участках опытно-промышленных работ с уменьшенными пролетами очистных камер для обеспечения безопасных условий отработки камерных запасов и целиков из открытого выработанного пространства.

3. Определение зависимости высоты свода обрушения от пролета повторной разработки, а также предельного пролета подработки, при котором происходит полная посадка налегающей толщи до поверхности с помощью сейсморазведки и численным моделированием.

4. Обоснование метода мониторинга всей площади повторной разработки для своевременной оценки риска развития опасных геомеханических ситуаций (техногенные землетрясения, воздушный удар)

5. Разработка методики расчета сдвижения земной поверхности для условий рудника Жомарт с целью прогноза сохранности поверхностных инженерных коммуникаций и транспортных путей.

**Объектом** исследования является месторождение Жаман-Айбат отрабатываемая рудником Жомарт ТОО «Корпорация Казахмыс».

**Предмет** исследования – устойчивости массива горных пород, пролета камер, налегающей толщи и земной поверхности; деформации приконтурного массива, налегающей толщи и земной поверхности.

**Фактический материал и методы** исследования. Статистический анализ устойчивости пролета кровли камер по результатам шахтных наблюдений и компьютерное моделирование с помощью программы RS2

(RocScience, Canada) процесса потери устойчивости тонкослоистой кровли очистных камер. Сравнительный анализ полученных результатов двумя методами мониторинга сдвижения земной поверхности (интерферометрии и нивелирования). Математическое моделирование устойчивости налегающей толщи с помощью программы Examine2D и сопоставление полученных данных с результатами сейсморазведки. Расчетный и графический метод определения углов сдвижения пород на руднике Жомарт на основании инструментальных данных оседания земной поверхности.

#### **Научная новизна:**

1. Обоснована закономерность изменения запаса прочности периферийной части камеры в зависимости от ширины камеры (7, 8 и 9 м) и с учетом расстояния от границ камеры (м). Уменьшение пролета камеры на 1 м (с 9 до 8 м) снижает прогиб кровли в 2 раза (до 5 см); кроме того, значительно уменьшается глубина пробоя в кровле – до 1,75 м. Уменьшение пролета камеры еще на 1 м (с 8 до 7 м) снижает прогиб кровли до 2 см; Глубина разрушения в кровле также значительно уменьшается – до 1,33 м.

2. Практически доказана, что при камерно-столбовой системе разработки для условий рудника Жомарт, уменьшение ширины пролета кровли камер с 9 м до 7 м увеличивает ее устойчивость в десятки раз.

3. Методом сравнения результатов спутниковой радарной интерферометрии и инструментального контроля (нивелирования) по профильным линиям за аналогичный период доказана возможность применения новой технологии площадного мониторинга за сдвижением земной поверхности с точностью в несколько миллиметров.

4. По результатам определения зон обрушения налегающей толщи с помощью сейсморазведочных технологий получена достоверная математическая модель на основании которого получена зависимость образования свода обрушения от эквивалентного пролета участка погашения повторной отработки целиков ( $h_{обр} = 16,473e^{0,008L_3}$ );

5. Методом математического моделирования для условий рудника Жомарт по результатам сейсморазведки определено условие полной подработки земной поверхности ( $H < 1,6L_3$  или  $L_3 > H/1,6$ );

6. Согласно результатов инструментального наблюдения за оседания земной поверхности по профильной линии №3 расположенная над ранее отработанной повторной разработкой целиков панели 2 определили, что углы сдвижения для налегающей толщи рудника Жомарт равны  $\nu = 107^\circ$ ;  $\beta = 73^\circ$ ;  $\gamma = 73^\circ$ ;  $\delta = 73^\circ$ ;  $\gamma' = 90^\circ$ ;  $\beta' = 90^\circ$ ;  $\delta' = 90^\circ$ .

7. На основании обратных расчетов максимальных оседания земной поверхности над ранее отработанными повторной отработкой панелями 42, 43, 44 определили функцию связывающую максимальные оседания земной поверхности с обратной степенной зависимости от соотношения глубины и эквивалентного пролета для условий рудника Жомарт и имеет вид  $\eta_m = m/[1 + (H/L_3)^{4,5}]$ .

### **Защищаемые научные положения:**

1. На основе результатов геомеханического мониторинга за состоянием выработанного пространства установлено, что уменьшение ширины камеры при первичной и повторной разработке приводит к снижению сжимающих напряжений в кровле и бортах выработки по логарифмической зависимости, тем самым увеличивает их устойчивость.

2. По результатам геомеханического мониторинга за налегающей толщью с помощью сейсморазведочных технологий установлено, что высота свода обрушения зависит от пролета подработки и увеличивается по экспоненциальной зависимости до достижения полной подработки при котором происходит полная просадка налегающей толщи.

3. Согласно данным результатов геомеханического мониторинга за сдвижением налегающей толщи установлено, что при повторной разработке параметры сдвижения земной поверхности имеет обратную степенную зависимость от соотношения глубины разработки и пролета подработки.

### **Практическая значимость.**

Результаты диссертационного исследования Жиенбаева Абзала Бахитовича на тему «Геомеханическое обоснование повторной разработки целиков на основе данных комплексного мониторинга состояния массива горных пород» на предмет внедрения изменения пролетов камер с 9 метров до 7 метров при камерно-столбовой системы разработки получили практическое внедрение в условиях рудника «Жомарт». Данное предложение обладает повышенной актуальностью и представляет практический интерес в вопросах безопасного ведения повторной разработки целиков и управляемого погашения пустот. В панелях 21 залежи Ж-А 5-III, 22 залежи Ж-А 4-III признаков разрушения целиков не отмечено. Устойчивости пролета кровли камер удовлетворительное (фото 1, 2, 3), количественное соотношение вывалообразований уменьшилось в десятки раз и составляют в пределах 1-2%.

**Конечным результатом исследований** является разработка методики расчета сдвижения земной поверхности при повторной разработке целиков на руднике Жомарт.

**Личный вклад автора** заключается в формулировании цели и задач исследования,

анализе изученности вопроса повторных разработок при камерно-столбовой системе разработки и комплексного геомеханического сопровождения горных работ, анализ данных визуального мониторинга состояния кровли выработанного пространства на участках опытно-промышленных работ с уменьшенными пролетами очистных камер для обеспечения безопасных условий отработки камерных запасов и целиков из открытого выработанного пространства, анализе и обработке результатов инструментального и спутникового мониторинга, определение зависимости высоты свода обрушения от пролета повторной разработки, а также предельного пролета подработки, при котором происходит полная посадка налегающей толщи до поверхности с помощью сейсморазведки и численным

моделированием, обоснование метода мониторинга всей площади повторной разработки для своевременной оценки риска развития опасных геомеханических ситуаций (техногенные землетрясения, воздушный удар), разработке методики расчета сдвижения земной поверхности для условий рудника Жомарт с целью прогноза сохранности поверхностных инженерных коммуникаций и транспортных путей.

#### **Апробация работы и публикации.**

Основные положения и результаты исследований были представлены на научных конференциях:

- Сагиновские чтения №13 (КарГУ 2021 г.);
- Труды Международной научно-практической онлайн конференции «Формирование интеллектуального капитала в условиях цифровой трансформации: опыт, вызовы, перспективы».- Караганда: НАО «КарГУ имени Абылкаса Сагинова»;
- Сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции «ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ПРАКТИКЕ».- Уфа: НИЦ Вестник науки.

- на семинарах кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»;

- Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова» (г.Ташкент, Узбекистан);

Пройдена научная стажировка в период с 27 июня по 8 июля 2022 года в «Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова» (г.Ташкент, Узбекистан)

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 8 научных трудах, 4 из которых в издании, рекомендованный Комитетом по обеспечению качеств в сфере науки и высшего образования Республики Казахстан; 3- в трудах международных конференций; 1 – статьи, входящие в базу Scopus; 2 свидетельств о государственной регистрации прав на объекты авторского права.

**Структура и объем диссертации:** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения, изложена на 109 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунков, 17 таблиц, список использованной литературы из 181 наименований.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, доценту кафедры РМПИ КарГУ к.т.н. Е.А. Абеуову за помощь на разных этапах подготовки диссертационной работы, к.т.н. Д.К. Таханову, а также специалистам ТОО «Корпорация Казахмыс» главному геомеханику Д.В. Мосякину, д.т.н. профессор, член кор. РАЕН ISRM А.Б.

Макарову, заместителю начальника геомеханического отдела М.А. Жараспаеву и коллективу кафедры РМПИ за поддержку.

