

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 622.272.6

DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-3-22-32



ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОЙ ВЫЕМКИ РУД ИЗ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ С ПОЛЕВОЙ ПОДГОТОВКОЙ В УСЛОВИЯХ ОБРУШЕННОЙ ЗОНЫ С МУЛЬДОЙ СДВИЖЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ

Бекбергенов Д.К.¹, Джангулова Г.К.², Жанакова Р.К.³, Абиев Б.А.³

¹ Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, Алматы, Республика Казахстан

² Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

³ Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы отработки запасов на флангах Жезказганского месторождения и Анненского рудного поля, где концентрируется основная добыча руды, до глубины 500 м на залежах с углом наклона от 15 до 35° и более градусов, обоснование технологии повторной выемки руды из междукammerных целиков (МКЦ) с полевой подготовкой в сложных горнотехнических условиях зон обрушения с мульдой сдвижения на основе рейтингового показателя. Решение поставленных задач осуществлялось путем проведения теоретических, экспериментальных исследований стадийности и порядка отработки запасов с выполнением для повторной отработки оставшихся запасов из целиков с использованием методов по обоснованию геомеханических параметров и определение ценности полезных ископаемых. На основании исследований обоснованы технологические схемы возможности повторной отработки оставшихся запасов руд из МКЦ с полевой подготовкой и определением порядка последовательности вовлечения на конкретных рассмотренных блоках, в нисходящем порядке с очередностью: в первую очередь, в отработку вовлекается блок 54, далее блок и 22-23-24, блоки 15 и 15-15 юг, в местах, где перекрывающиеся залежи, и затем блок 7бис шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника в сложных горнотехнических условиях обрушенных зон с мульдой сдвижения, а также на основе выполненных технико-экономических расчетов выемка в отработку запасов руд из целиков в этих блоках является эффективной и безопасной при повторной выемке руд на реальных примерах месторождений в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях при истощении запасов минеральных ресурсов. Данная возможность повторной выемки руд из МКЦ с полевой подготовкой в условиях обрушенной зоны с мульдой сдвижения залежей может использоваться в разных условиях горно-геологических, горнотехнических условий месторождений.

Ключевые слова: разработка месторождений, подземная технология, технологические блоки, горизонт отработки, доставочный штрек, геомеханическое состояние массива, горизонт отработки, шахта «Анненская»

© Бекбергенов Д.К., Джангулова Г.К., Жанакова Р.К., Абиев Б.А., 2024

Для цитирования

Возможность повторной выемки руд из междукammerных целиков с полевой подготовкой в условиях обрушенной зоны с мульдой сдвижения залежей / Бекбергенов Д.К., Джангулова Г.К., Жанакова Р.К., Абиев Б.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. №3. С. 22-32. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-3-22-32>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

THE POSSIBILITY OF REPEATED ORE EXTRACTION FROM ROOMS AND PILLARS WITH FIELD PREPARATION IN A COLLAPSED ZONE WITH A SHIFT TROUGH OF DEPOSITS

Bekbergenov D.K.¹, Dzhangulova G.K.², Zhanakova R.K.³, Abiev B.A.³

¹ Kunaev Institute of Mining, Almaty, the Republic of Kazakhstan

² Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, the Republic of Kazakhstan

³ Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, the Republic of Kazakhstan

Abstract. The article discusses the issues of mining the reserves on the flanks of the Zhezkazgan deposit and the Annensky ore field, where the main ore production is concentrated, to a depth of 500 m in deposits with an angle of inclination from 15° to 35° and over, the study is aimed at providing a rationale for the technology of repeated ore extraction from rooms and pillars with field preparation in complicated mining and technical conditions of collapsed zones with a shift trough based on a ranking indicator. The set objectives were achieved by conducting theoretical and experimental studies on stages and a procedure for mining the reserves and repeated mining of the residual reserves from pillars, using methods for providing a rationale for geomechanical parameters and determining the value of minerals. The studies resulted in providing rational process flow charts of potential repeated mining of residual ore reserves from rooms and pillars with field preparation, and determining the order of inclusion at specific blocks under consideration, in a descending order: firstly, block 54, then blocks 22-23-24, blocks 15 and 15-15 south, in areas, where deposits are overlapped, and then block 7bis of the Annenskaya mine of the East Zhezkazgan Mine in complicated geotechnical conditions of collapsed zones with a shift trough. Based on technical and economic calculations, the extraction of ore reserves from pillars in these blocks is efficient and safe in case of repeated extraction of ores using the existing examples of the deposit in complicated mining, geological and technical conditions, when mineral resources are depleted. Such option of repeated ore extraction from rooms and pillars with field preparation in the collapsed zone with the shift trough may be used in various mining, geological and technical conditions of deposits.

Keywords: field development, underground technology, technological blocks, mining horizon, delivery gallery, geomechanical state of the massif, Annenskaya mine

For citation

Bekbergenov D.K., Jangulova G.K., Zhanakova R.K., Abiyev B. The Possibility of Repeated ore Extraction from Rooms and Pillars with Field Preparation in a Collapsed Zone with a Shift Trough of Deposits. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024, vol. 22, no. 3, pp. 22-32. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-3-22-32>

Введение

Перспективным приоритетом устойчивого развития подземной добычи руды в сложных горно-технических условиях при истощении запасов минеральных ресурсов становится очевидным использование геотехнологии с повторной добычей из оставленных запасов руд, сосредоточенных в междукамерных (МКЦ), ленточных (ЛЦ), барьерных (БЦ) и панельных (ПЦ) целиках, являющихся конструктивными элементами камерно-столбовой системы разработки. Данная проблема добычи руды из оставленных целиков рассмотрена многими авторами на рудных и угольных месторождениях [1-3]. Однако необходимо шире рассматривать возможность применения технологии данной системы с учетом мирового опыта и современных достижений науки и техники с целью оптимизации добычи и обеспечения безопасной отработки месторождений полезных ископаемых.

Исходя из горно-геологических, горно-технических условий, разные варианты технологии камерно-

столбовой системы разработки применяют при отработке горизонтальных и весьма пологих залежей (0-12°) с мощностью рудного тела 3-8 м средней и ниже средней ценности руды.

Анализ применения данной технологии в мировой практике показывает, что помимо классического варианта существует камерно-столбовая система с механизированной выемкой угловыми формами целиков, которые широко применяются при отработке залежей руд Карлсбадского бассейна в США, а также в Саскачеванском бассейне [3]. В данном случае размеры добычных панелей изменяются в пределах от 500 до 900 м. Разновидность данной системы с применением различных форм целиков (прямоугольных, квадратных, ромбовидных) зависит от последовательности технологических операций и используемых средств доставки руды.

Камерно-столбовые системы используются при разработке калийных руд Старобинского месторождения [4]. Известен опыт столбовых систем в бассейне Наварра (Испания) и бассейне Мюльхаус

(Франция), однако эти месторождения в настоящее время не функционируют [5].

Камерно-столбовая система разработки по шаблону «шеvron» или «кримстмас три» осуществляется при добыче на Северно-Йоркширской залеже в Англии. Существуют различные разновидности данной системы, в зарубежной литературе иногда ее также называют технологией «контроль времени», так как она используется в слабоустойчивых породах с быстрым продвижением фронта очистных работ (ФОР) и максимально возможным извлечением [6]. Длина таких панелей достигает от 1000 до 1400 м при ширине от 80 до 150 м. Для разработки пластов мощностью от 1,2 до 5 м применяются камерно-столбовую систему с угловой формой целиков. В этом случае отработка запасов в зависимости от горно-геологических условий может осуществляться тремя способами: прямой, обратный порядок отработки и прямой порядок с последующим обратным доизвлечением запасов из целиков. Размер очистных ходов и целиков определяются исходя из технологических расчетов в увязке с техническими характеристиками добычного оборудования. Коэффициент извлечения полезного ископаемого варьируется от 30 до 90%.

Мировой опыт использования подобного типа технологической схемы указывает на возможность достижения годовой производительности одного забоя в пределах 0,6-1,5 млн т в год.

Однако современное развитие подземной разработки природно-техногенных рудных запасов из недр, отработанных камерно-столбовой системой, характеризуется неблагоприятными горно-геологическими условиями разработки, а именно снижением содержания полезных компонентов в руде, увеличением доли труднообогатимых руд наряду с недостаточностью горно-геологической информации и высокой волатильностью цен на металлы, что в совокупности приводит к нарушению устойчивости функционирования горнотехнической системы, безопасности ведения эксплуатационных работ и комплексному освоению природно-техногенных запасов из недр в обрушенных условиях залежей рудных месторождений. Поэтому обоснование технологических схем и параметров горнотехнической системы, обеспечивающих ее устойчивое функционирование при подземной отработке медных месторождений в условиях нестабильных рыночных отношений, а также в сложных горно-геологических и геомеханических условиях разработки, является важной научной проблемой.

Состояние вопроса и постановка проблемы

В настоящее время при подземной разработке подземных рудников Жезказганского месторождения сталкиваются с целым рядом проблем, среди которых следует выделить возрастание горного давления, низкое качество руд, усугубляемое наличием в структуре рудных тел мелких и крупных породных включений.

Проведенный анализ мирового опыта ведения подземной разработки природно-техногенных рудных запасов из недр, отработанных камерно-столбовой системой, свидетельствуют о том, что в отечественной и мировой практике имеются многочисленные примеры и результаты применения данной системы с регулярным и нерегулярным расположением МКЦ [7-10]. Эта же проблема существует при добыче руды на Жезказганском месторождении, где доля повторной добычи из оставленных запасов руд составляет порядка 85%.

Массив пород Анненского района представлен чередующимися слоями песчаников, алевролитов и аргиллитов с преобладанием в общей массе красноватых. Промышленная концентрация меди находится исключительно в серых мелко- и среднезернистых песчаниках. Слои красных песчаников и алевролитов оруденения не имеют. Около 80% запасов района сосредоточено на залежах с углами падения 15-35°, свыше 35° – 8%. Характерной особенностью Анненского поля является многоярусность оруденения. Залежи расположены на 9 рудоносных горизонтах, включающих в себя 23 перекрывающиеся рудные пачки [11-14].

Рудные горизонты и входящие в них рудные тела разделены между собой прослоями пустых пород мощностью от 4 до 40 м. Рудные тела имеют форму пластообразных залежей, размеры которых по площади варьируют в широких пределах – от 0,1-0,5 до 1,0-2,0 км² и более. Кроме пластообразных залежей встречаются рудные тела ленточной и линзообразной формы протяженностью 800-2500 м при ширине 100-400 м. Характер выклинивания рудных тел редко бывает отчетливым, чаще всего переходы от богатых руд к бедным и бедных к безрудным песчаникам весьма расплывчаты. Мощность рудных тел колеблется от 1,5 до 20 м и более. Углы падения рудных тел соответствуют углам падения вмещающих пород и составляют в западной и северозападной части поля 0-15°, в центральной и восточной – 15-35°, иногда более [15-18].

Наиболее устойчивыми являются рудные и безрудные серые песчаники. К неустойчивым относятся алевролиты, аргиллиты и внутрiformационные конгломераты. Аргиллитами и алевролитами перекрываются около 40% запасов руды Анненского рудника. Наблюдается снижение устойчивости на участках, где проявилась складчатость, смятие, а также в зонах трещиноватости пород и руд.

Однако сложившаяся при отработке запасов камерно-столбовая система на Жезказганском месторождении, вызвавшая ухудшение горнотехнического и геомеханического состояний в условиях повторной подземной отработки запасов шахты Анненского района, обрушение залежей с периодическим характером техногенно-геомеханических процессов деформирования и разрушения оставленных целиков в очистных панелях блока месторождения с учетом

выхода зоны обрушения на дневную поверхность и мульды сдвижения залежей, стала причиной произошедших событий в ПО «Жезказганцветмет» ТОО «Корпорация Казахмыс» [17-19]:

– с 1977 по 1990 годы произошло 6 массовых обрушений;

– с 1991-2005 годы число обрушений увеличилось на 11, где оставленные запасы в 7151 целиках – 14,5% имели срок службы более 30% и 1457 (20,4%) целиках отнесены к ослабленным, а 123 (17,2%) отнесены к разрушенным;

– по результатам разрушений МКЦ в периоды 2004-2006 годов, где и были провалы междупластий в отработанных перекрывающихся наклонных залежах в Анненском горном районе, произошло крупное обрушение с объединенной мульдой сдвижения, охваченной площадью около 2 км по простиранию залежи и по падению;

– в 2015 году на шахте «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника произошло обрушение в виде отслоения кровли блока 29 юг залежи Анн-9-I-V горизонта 160 м, площадь отслоения пород из кровли составляла 9404 м² с объемом погашенных пустот 103,1 м³. По данным 2015 года, за весь период разработки Жезказганского месторождения оформлено около 50 тыс. МКЦ, являющихся основными причинами ухудшения геомеханической обстановки на месторождении, и доля устойчивых целиков снизилась с 75 до 61% за счет увеличения доли полностью разрушенных целиков в 2 раза, то есть с 13 до 26%, а также в течение 6 лет на Жезказганском месторождении общий объем образованных пустот составлял 389812 тыс. м³;

– 9 октября 2020 года на рудном поле Восточно-Жезказганского рудника произошло очередное локальное обрушение по штреку 26 залежи Кр. 9-II-III, где граница обрушения проявилась с выходом на дневную поверхность без сейсмического проявления горного давления на данном участке шахты, при этом площадь обрушения составляла 140×100 м².

Исходя из вышеизложенного, при отработке запасов залежей в наклонных залежах Анненского рудного поля Жезказганского месторождения возникают сложные горнотехнические участки у очагов массовых обрушений с мульдой сдвижения массива пород [20-24].

Материалы и методы исследования

На флангах обрабатываемой части Жезказганского месторождения концентрируются запасы Анненского рудного поля, где сейчас концентрируется основная добыча руды, размещающейся на глубине 500 м на залежах с углом наклона от 15 до 35° и более. При этом более 80% запасов сосредоточено также в перекрывающихся залежах. Число перекрытий в отдельных случаях достигает 5-7 и более [20].

По сравнению с центральным рудным полем, породы этого района имеют более крутые углы падения – до 30-35° и более. Углы падения у флексур достигают 70°. Залежи с углами падения 0-15° составляют около 12% запасов руды и расположены в западной и северо-западной частях района. В центральной части района в залежах с углами падения 15-35° содержится около 80% и в восточной части (угол падения более 35°) – 8% запасов.

Руда и вмещающие породы довольно устойчивы, но характеризуются несколько пониженными прочностными характеристиками [21, 24], повышенной трещиноватостью и водообильностью по сравнению с центральным рудным полем.

По глубине залегания запасы Анненского района распределяются следующим образом: от поверхности до горизонта 300 м – 2%, от 360 до 270 м – 5,2%, от 270 до 180 м – 5,8%, от 180 до 90 м – 18,5%, от 90 до 0 м – 34%, от 0 до -90 м – 26% и ниже – 8,5%.

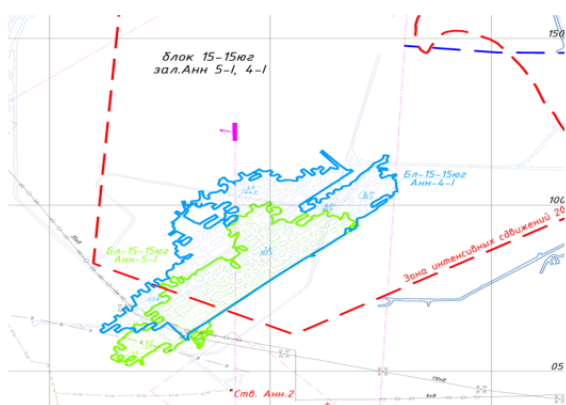
Запасы в МКЦ по рекомендуемым блокам шахты «Анненская» ВЖР на состояние 01.01.2023 отражены в таблице.

Таблица 1. Запасы МКЦ по рекомендуемым блокам шахты «Анненская» на состояние 01.01.2023
Table 1. Reserves of the room-and-pillar system by recommended blocks of the Annenskaya mine as of 01.01.2023

Блоки, панель	Залежи	Всего запасов на 01.01.2023								
		Угол падения, град	Мощность, м	Руда	%	Cu	Pb	Zn	Удельное по залежи	Ag
Бл-15-15юг	Анн 5-1	10-12	8-10	150,3	1,51	2263	0	0	33,64	5056
П-54	Анн 3-II, 2-IV	0-5	8-10	190,0	0,79	1501	0	0	0	0
Бл. 15	Анн 3-II	0-5	7-10	99,2	1,49	1478	0	0	35,01	3473
П-89бис	Анн 7-1, 8-1	10-12	7-10	276,1	1,41	3903	88	226	18,91	5222
П-89бис	Анн 7-1, 8-1	10-12	7-10	23,9	1,21	290	0	0	16,23	388
Бл-7бис	Анн 2-II	0-5	4-6	94,4	0,70	661	0	0	3,06	289
Бл-24	Анн 3-II, 3-I	10-12	6-12	250,0	0,78	1950	107	151	9,24	2310
Бл-24	Анн 3-II, 3-I	10-12	6-12	18,9	0,87	164	0	0	10,26	194
Бл-22, 23	Анн 3-I, 3-II	10-12	6-12	509,8	1,23	6271	0	1012	14,33	7305
Бл-22, 23	Анн 3-I, 3-II	10-12	6-12	235,8	1,18	2782	0	0	14,02	3306
Итого:				1548	1,10	17077	195	1389	154,9	23985

В связи с этим возникает проблемный вопрос повторной отработки оставшихся запасов и выемки МКЦ по блокам Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I-4-I; Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I в. и 2-IV; Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV; Бл. 89бис залежи Анн-7-I, Бл. 7бис залежи Анн-2-II, Бл. 15 залежи Анн-3-II, 3-I в.н., находящиеся в обрушенной зоне мульды сдвижения залежей шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника, где нами предлагаются технологические схемы по каждому блоку.

Схема 1. Технологический блок Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I находится между горизонтами -35 м и -55 м, а залежь этих блоков Анн-4-I находится между горизонтами -46 м и -96 м (рис. 1).



Из проведенных исследований к этому блоку имеется первый доступ по доставочному штреку блока Бл. 10бис Анн-5-I от штрека 6 горизонта -100 м и -105 м, а второй доступ – по штреку блока 7бис горизонта -90 м.

Минимальный породный прослой между залежами 5-1 и 4-1 составляет 20 м, что позволит в дальнейшем без потерь отработать и нижележащую залежь 4-1.

Схема 2. Технологический блок Бл.15 залежи Анн- 3-II, Анн-3-I находится между горизонтами -62 м и -135 м (рис. 2), ниже от него находится залежь Анн-4-I, доступ к этим залежам имеется.

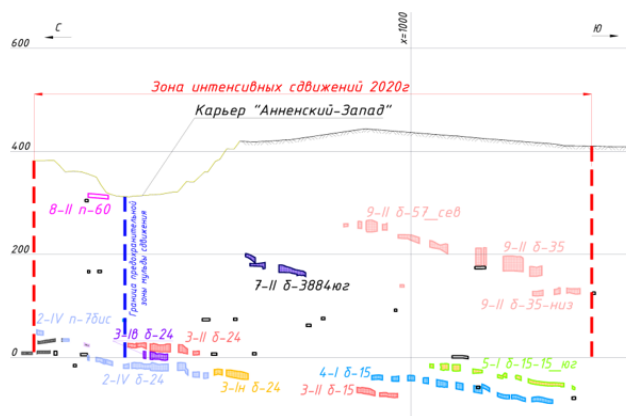


Рис. 1. Технологическая схема блока Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I для повторной полевой отработки оставшихся запасов из МКЦ на шахте «Анненская»

Fig. 1. Process flow chart of block 15-15 south of the Ann-5-I deposit for repeated field mining of the remaining reserves from the room-and-pillar system at the Annenskaya mine

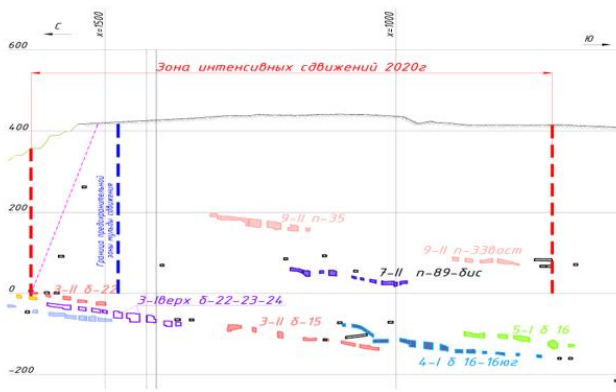
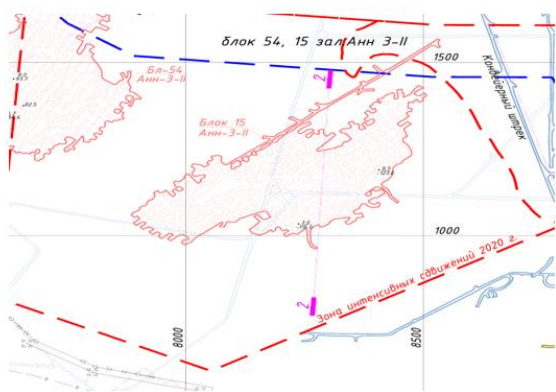


Рис. 2. Технологическая схема блока Бл. 15 залежи Анн-3-II, Анн-3-I в плане для повторной полевой отработки оставшихся запасов из МКЦ на шахте «Анненская»

Fig. 2. Process flow chart of block 15 of the Ann-3-II, Ann-3-I deposits in the plan view for repeated field mining of the remaining reserves from the room-and-pillar system at the Annenskaya mine

Для отработки запасов по данному блоку сначала выполняем сравнения по высотным отметкам этих блоков горизонта -62 м и -135 м и далее с учетом высотных отметок определяем имеющийся к ним доступ для проходки выработок на горизонте -105 м и -90 м.

Схема 3. Технологическая схема блоков Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I расположена между горизонтами +12 м и -18 м, и внизу находится залежь Анн-2-IV (рис. 3).

Для повторной отработки запасов из МКЦ по данному блоку имеются нижеследующие технологические схемы:

- первый доступ к блоку по транспортному штреку Бл. 29 восток горизонта -47 м;
- второй доступ по штреку 1 горизонта -90 м;
- имеется доступ на залежь Анн-2-IV по заезду 2 горизонта -60 м.

Поскольку к высотным отметкам залежей Анн-3-II, 3-I горизонта +12 м и горизонту -18 м подходит транспортный штрек блока Бл. 29 восток горизонт -47 м, и от него можно будет пройти транспортный уклон вверх к горизонту +12 м. После того как транспортный уклон дойдет до нужной отметки сверху вниз по падению залежи, необходимо будет пройти полевой доставочный штрек и параллельно обрабатывать залежь Анн-3-II, 3-I в нисходящем порядке согласно локальному проекту на их отработку.

А залежь Анн-2-IV будет обрабатываться после отработки запасов залежей из верхних горизонтов. Для этого к ним необходимо проходить от заезда 2 горизонта -60 м транспортный штрек, и отработка его запасов будет осуществляться сверху вниз по аналогичной схеме.

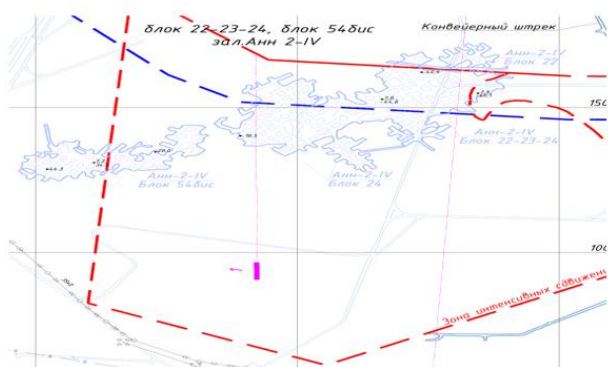


Рис. 3. Технологическая схема блоков Бл. 22-23-24 залежи 2-IV для повторной полевой отработки оставшихся запасов из МКЦ на шахте «Анненская»

Fig. 3. Process flow chart of block 22-23-24 of deposit 2-IV for repeated field mining of the remaining reserves from the room-and-pillar system at the Annenskaya mine

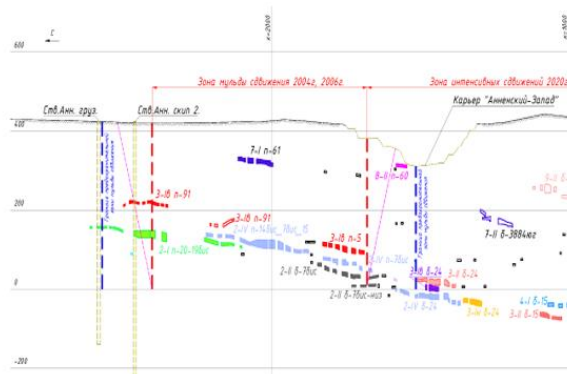
Схема 4. Эксплуатационный блок Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV находится на уровне горизонта +75 м (рис. 4).

Схема 5. Блок 7бис залежи Анн-2-II находится на горизонте 0 м шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника (рис. 5) и доступ к нему имеется, где по доставочному штреку блока 7бис проводится полевой штрек, с севера на юг и от него будут производиться подготовительные горные выработки. Для этого отработку запасов данного блока необходимо произвести сверху вниз согласно локальному проекту на их отработку.

Схема 6. Технологический блок Бл. 89бис залежи Анн-7-I находится между горизонтами +57 м и +20 м (рис. 6) и имеются доступ по штреку 2 горизонта -90 м и доступ по штреку 6 горизонта -90 м.

Ниже этого блока имеется обрушенная залежь Анн-3-II горизонта -62 м и горизонта -135 м. Исходя из этого, на данный блок доступ закрыт и не подлежит повторной отработке рудных запасов. В связи с чем необходимо восстановление ранее пройденных горно-капитальных и горно-подготовительных выработок для изучения данного района. Для этого при отработке запасов из МКЦ из зоны обрушения с мульдой сдвижения на опасных участках все горно-проходческие работы должны выполняться в строгом соблюдении требований геомеханической, сейсмической, промышленной безопасности и других нормативных требований по безопасному ведению работ.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что все анализируемые блоки имеют доступ для повторной полевой отработки оставшихся запасов на шахте «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника, кроме технологического блока Бл. 89бис залежи Анн-7-I.



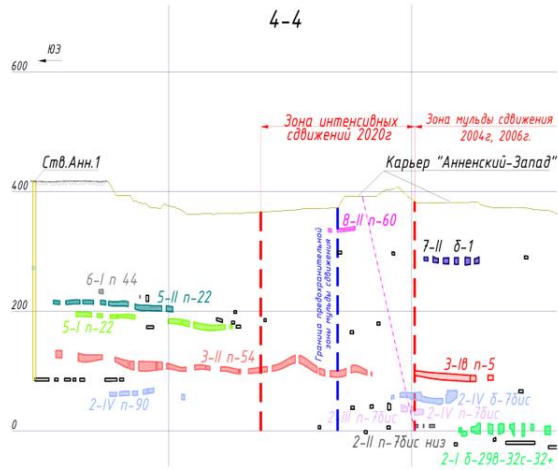
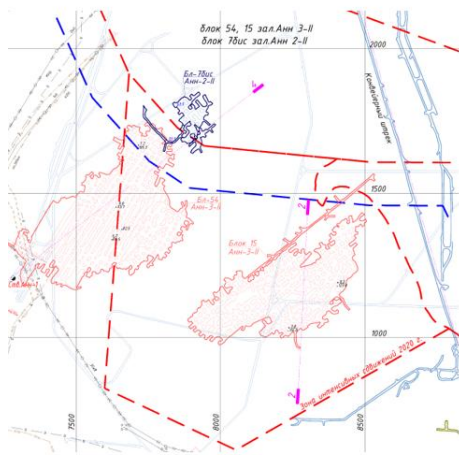


Рис. 4. Технологическая схема блока Бл. 54 залежи Анн-3-II и 2-IV для повторной полевой отработки оставшихся запасов из МКЦ на шахте «Анненская»

Fig. 4. Process flow chart of block 54 of the Ann-3-II and 2-IV deposits for repeated field mining of the remaining reserves from the room-and-pillar system at the Annenskaya mine

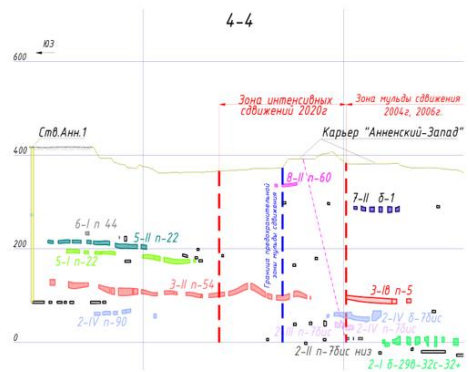
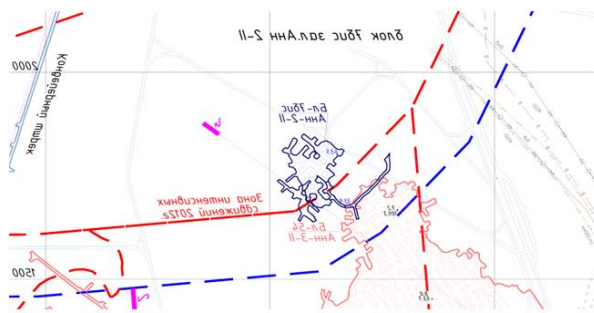


Рис. 5. Технологическая схема блока Бл. 7бис залежи Анн-2-II для повторной полевой отработки оставшихся запасов из МКЦ на шахте «Анненская»

Fig. 5. Process flow chart of block 7bis of the Ann-2-II deposit for repeated field mining of the remaining reserves from the room-and-pillar system at the Annenskaya mine

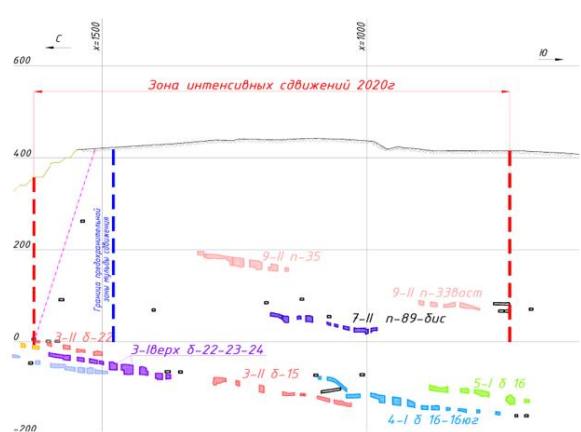
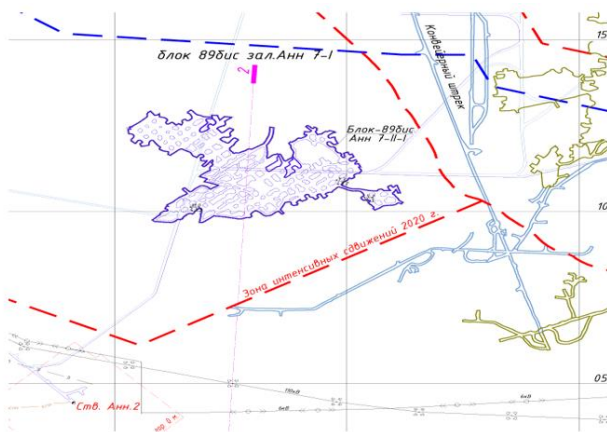


Рис. 6. Технологическая схема блока Бл. 89бис залежи Анн-7-I для повторной полевой отработки оставшихся запасов из МКЦ на шахте «Анненская»

Fig. 6. Process flow chart of block 89bis of the Ann-7-I deposit for repeated field mining of the remaining reserves from room-and-pillar system at the Annenskaya mine

Результаты и их обсуждения

По результатам технико-экономических расчетов по вышеуказанным пяти блокам шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника расчет производственной себестоимости на 1 т катодной меди соответственно по блокам составляет: Бл. 15-15юг залежи Анн 5-I – \$4621 за тонну, Блок 15 залежи Анн 3-II – \$4653 за тонну, Блок 22-23-24 залежи Анн 3-II и 3-I – \$6002 за тонну, Бл. 54 залежи Анн 3-II и 2-IV – \$8104 за тонну, Бл. 7бис – \$9052 за тонну.

Отработку оставшихся запасов и выемки МКЦ на шахте «Анненская» в блоках Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I-4-I; Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I в. и 2-IV; Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV; Бл. 7бис залежи Анн-2-II, Бл. 15 залежи Анн-3-II, 3-I в.н., находящихся в обрушенной зоне с сейсмической активностью в условиях мульды сдвижения, необходимо осуществлять в нисходящем порядке. В первую очередь в отработку вовлекается блок 54, затем блоки 22-23-24, далее блоки 15 и 15-15юг, в местах, где нет перекрывающих залежей, и затем блок 7бис.

Для прогнозирования расширения границы мульды сдвижения по площади и глубине в районе обрушения шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника, а также с целью изучения негативного влияния развития мульды сдвижения в зоне обрушения на горные выработки и очистное пространство рекомендуется проведение систематического деформационного мониторинга, состоящего из инструментальных наблюдений и научно-исследовательских работ в области геомеханики, изучение напряженно-деформированного состояния массива.

Негативного влияния деформационных процессов мульды сдвижения на горно-капитальные выработки, такие как стволы шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника, конвейерный штрек, который находится на отметке -180 м, не выявлено.

Заключение

На основании исследования стадийности и порядка отработки запасов (погашения запасов) с выполнением оценки на возможность отработки оставшихся запасов и выемки МКЦ, Бл. 15-15юг залежи Анн – 5-I-4-I; Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I в.н., 2-IV; Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV; Бл. 89бис залежи Анн-7-I, Бл. 7бис залежи Анн-2-II, Бл. 15 залежи Анн-3-II, 3-I в.н., находящихся в зоне сейсмической активности, получены следующие результаты:

1. Проведенная оценка показывает возможность проведения повторной отработки оставшихся запасов руд из МКЦ с полевой подготовкой на шахте «Анненская» в блоках: Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I-4-I; Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I в. и 2-IV; Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV; Бл. 89бис залежи Анн -7-I, Бл. 7бис залежи Анн-2-II, Бл. 15 залежи Анн-3-II, 3-I в.н., находящихся в обрушенной зоне с сейсмической ак-

тивностью в условиях мульды сдвижения залежей шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника.

2. Негативного влияния деформационных процессов мульды сдвижения на горно-капитальные выработки, такие как стволы шахты «Анненская», конвейерный штрек, который находится на отметке -180 м, не выявлены.

3. Исходя из условий обеспечения безопасного ведения горных работ, определены порядок и последовательность вовлечения запасов при отработке оставшихся запасов руд из МКЦ на шахте «Анненская» в рассмотренных блоках: Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I-4-I; Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I в. и, 2-IV; Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV; Бл. 7 бис залежи Анн-2-II, Бл. 15 залежи Анн-3-II, 3-I в.н., находящихся в обрушенной зоне с сейсмической активностью в условиях мульды сдвижения, и необходимо осуществлять в нисходящем порядке. В первую очередь отработка блока 54, затем блоков 22-23-24, далее блоков 15 и 15-15юг в местах, где нет перекрывающих залежей, и затем блок 7бис.

4. По результатам технико-экономического расчета вовлечения в отработку запасов блоки Бл. 15-15юг залежи Анн-5-I-4-I, 15 залежи Анн-3-II, 3-I, Бл. 22-23-24 залежи Анн-3-II, 3-I характеризуются положительной экономической эффективностью при цене катодной меди \$8141 за тонну, а для блоков Бл. 54 залежи Анн-3-II, 2-IV и 7бис залежи Анн-2-II эффективность обеспечивается при цене катодной меди \$11800 за тонну.

Список источников

1. Освоение камерно-столбовой системы разработки ниже границы горных ударов в условиях шахты «Денисовская» / Ордин А.А. и др. // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2014. Т. 1. №1. С. 273-279.
2. Жикаляк Н.В. Новый показатель газоносности песчаников // Геотехническая механика. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2003. Вып. 42. С. 238-246.
3. The combined method for assessing risk factors in underground construction / Imansakipova B.B., Sdvizhkovalva O.O., Isabayev K.Z., Shakieva G. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2020, no. 3, pp. 53-58. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/053>
4. Dutton S.P. Play analysis and leading edge oil-reservoir development methods in the Permian Basin; increased recovery through advanced technologies // AAPG Bulletin. 2005, vol. 89, no. 5, pp. 553-576. DOI: 10.1306/12070404093
5. Prediction of mining induced subsidence by sparrow search algorithm with extreme gradient boosting and TOPSIS method / Xu C., Zhou KP, Xiong X., Gao F., Lu Y. // Acta Geotechnica. 2023, vol. 18, no. 9, pp. 1-17.
6. Evans V., Mike Mayev. Development of the Saskatchewan Potash Mines // CIM Convention-Montreal. Canada, 2011.

7. Predicting tunnel squeezing using support vector machine optimized by whale optimization algorithm / Zhou J., Zhu S.L., Qiu Y.G., Armaghani D.J., Zhou A.N., Yong W.X. // *Acta Geotechnica*. 2022, vol. 17, no. 4, pp. 1343-1366.
8. Tishkov M., Potvin Y., Jakubec J. (eds) Evaluation of caving as a mining method for the Udachnaya underground diamond mine project // *Proceedings of the Fourth International Symposium on Block and Sublevel Caving*, Australian Centre for Geomechanics, Perth, 2018, pp. 835-846.
9. Couto P.M., Green S. Improving the Mining Efficiencies Utilising a Combination of Elongates and Packs at Unisel Mine. Welkom: AMMSA On-line Publication; 2018, pp. 1-12.
10. Numerical back analysis of structurally controlled cave initiation at propagation at the Henderson Mine / Sainsbury D.P., Sainsbury B.L., Board M.P., Loring D.M. // *Presentation at the 45th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium held in San Francisco, CA, June 26-29, 2011*.
11. Guéguen Y., Kachanov M. Effective elastic properties of cracked rocks-Anoverview. In: Leroy YM, Lehner FK, editors. *Mechanics of crustal rocks*. CISMcourses and lectures. Vienna: Springer, 2011, pp. 73-126.
12. Woo K., Eberhardt E., A. van As. Characterization and empirical analysis of block caving induced surface subsidence and macro deformations // *ROCKENG09: Proceedings of the 3rd CANUS Rock Mechanics Symposium, Toronto, May 2009* (Ed: M. Diederichs and G. Grasselli).
13. Бекбергенов Д.К. Особенности технологии повторной добычи руд в условиях обрушенного района подземным способом на примере Жезказганского месторождения // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017. №3 (специальный выпуск 3). 14 с.
14. Анализ возможности отработки запасов шахты «Анненская» и 57, находящихся в мульде сдвижения. №04-3.1.4-9-52 от 16.10.19 г. Геомеханический отдел Маркшейдерско+геомеханической службы Рудоправления ГМК ТОО «Корпорация Казахмыс». 8 с.
15. Информация обследования горных выработок, попадающих в мульду сдвижения и 150-метровую зону мульды сдвижения 2004-2006 гг. по шх. «Анненская» ВЖР от 1-31.10.2014 г. 12 с.
16. К вопросу перспективы развития горных работ Анненского района. Общее состояние района мульды сдвижения 2004, 2006 гг. и 150-метровой зоны вокруг нее; №08-23-21-618 от 12 августа 2011 г. Геомеханическое управление ТОО «Корпорация Казахмыс». 11 с.
17. Экспертная оценка возможности отработки запасов в пределах зоны сдвижений, образовавшейся в результате обрушений 2004-2006 гг. в полях Восточного и Анненского рудников / Зав. лабораторией геодинамики и горного давления ИГД УрО РАН, д.т.н., профессор О.В. Зотеев; от 04.12.2009 г. 7 с.
18. Оценка по вовлечению в повторную отработку блоков верхних горизонтов на прилегающих с востока к мульде сдвижения (бл. 25 Анн. 8-II гор. 270 м, бл. 6 Анн. 7-II-I гор. 170 м, бл. 26 Анн. 6-II гор. 230 м); №04-3.1.4-9-204 от 11.07.2019 г. ПО «Жезказганцветмет», Геомеханический отдел ТОО «Корпорация Казахмыс». 9 с.
19. Геомеханическое заключение и рекомендации по вопросу доработки запасов в зоне сдвижения и на примыкании к ней для выемочных единиц Анненского рудника. Горно-геомеханическое управление ПО «Жезказганцветмет»; № 67-21-944 от 1 октября 2008 г. 7 с.
20. Заключение на ведение горных работ в прилегании к обрушенным в 2004 г. участкам Анненского рудника (бл. 3-3бис Анн-2-II-I, бл. 7 Анн-2-IV. Бл. 31 Анн-2-II-I, бл. 12 бис Анн-3-II), №03-23-21-747 от 21 июля 2009 г. ПО «Жезказганцветмет», Горно-геомеханическое управление. 2 с.
21. Заключение по ведению горных работ на участках Анненского рудника в 150-метровой зоне прилегания к мульде сдвижения 2004 г. (Бл. 6 Анн. 7-I, бл. 11-юг Анн. 3-IV, бл. 25-юг Анн. 8-II, бл. 4-юг Анн. 4-II-I), № 03-23-21-691 от 25 июня 2009 г. ПО «Жезказганцветмет», Горно-геомеханическое управление, Филиал ТОО «Корпорация Казахмыс». 3 с.
22. Заключение на ведение горных работ в прилегании к обрушенным в 2004 г. участкам Анненского рудника (ГПР бл. 12 зал. Анн-3-II, бл. 11 юг зал. Анн-2-IV). №03-23-21-1331 от 14 декабря 2009 г. Горно-геомеханическое управление, Маркшейдерско-геомеханический департамент корпорации «Казахмыс». 2 с.
23. Геомеханическое заключение по ведению горных работ на участках Анненского рудника в мульде сдвижения и на прилегании к ней. №03-25-1366 от 26 декабря 2009 г. Горно-геомеханическое управление, Маркшейдерско-геомеханический департамент корпорации «Казахмыс». 5 с.
24. Отчет, заключительный за 2022 год по теме НИР «Исследование соответствия определения параметров и системы отработки в условиях шахты «Анненская» Восточно-Жезказганского рудника» (этап 2) / Рук. проекта Бекбергенов Д.К., ТОО «КазНИИцветмет». Алматы, 2022. 347 с.

References

1. Ordin A.A. et al. Development of a room-and-pillar mining system below the boundary of rock bursts in the Denisovskaya mine. *Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornykh nauk* [Basic and Applied Issues of Mining Sciences]. 2014;1(1):273-279. (In Russ.)
2. Zhikalyak N.V. A new indicator of gas content in sandstones. *Geotekhnicheskaya mekhanika* [Geotechnical Mechanics]. Dnepropetrovsk: Institute of Ge-

- otechnical Mechanics, the National Academy of Sciences of Ukraine. 2003;(42):238-246. (In Russ.)
3. Imanskipova B.B., Sdvyzhkova O.O., Isabayev K.Z., Shakieva G. The combined method for assessing risk factors in underground construction. Scientific Bulletin of the National Mining University. 2020;(3):53-58. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/053>
 4. Dutton S.P. Play analysis and leading edge oil-reservoir development methods in the Permian Basin: Increased recovery through advanced technologies. AAPG Bulletin. 2005;89(5):553-576. DOI:10.1306/12070404093
 5. Xu C., Zhou KP, Xiong X., Gao F., Lu Y. Prediction of mining induced subsidence by sparrow search algorithm with extreme gradient boosting and TOPSIS method. Acta Geotechnica. 2023;18(9):1-17.
 6. Evans V., Mike Mayev. Development of the Saskatchewan potash mines. CIM Convention-Montreal. Canada 2011.
 7. Zhou J., Zhu S.L., Qiu Y.G., Armaghani D.J., Zhou A.N., Yong W.X. Predicting tunnel squeezing using support vector machine optimized by whale optimization algorithm. Acta Geotechnica. 2022;17(4):1343-1366.
 8. Tishkov M., Potvin Y., Jakubec J. Evaluation of caving as a mining method for the Udachnaya underground diamond mine project. Proceedings of the Fourth International Symposium on Block and Sublevel Caving. Australian Centre for Geomechanics, Perth, 2018, pp. 835-846.
 9. Couto P.M., Green S. Improving the mining efficiencies utilising a combination of elongates and packs at Unisel Mine. Welkom: AMMSA On-line Publication, 2018, pp. 1-12.
 10. Sainsbury D.P., Sainsbury B.L., Board M.P., Loring D.M. Numerical back-analysis of structurally controlled cave initiation and propagation at the Henderson Mine. The 45th US Rock Mechanics. Geomechanics Symposium, San Francisco, CA, June 26-29, 2011.
 11. Guéguen Y., Kachanov M. Effective elastic properties of cracked rocks – An overview. Leroy Y.M., Lehner F.K. (eds.) Mechanics of Crustal Rocks. CISM Courses and Lectures. Vienna: Springer, 2011, pp. 73-126.
 12. Woo K., Eberhardt E., A. van As. Characterization and empirical analysis of block caving induced surface subsidence and macro deformations. ROCKENG09: Proceedings of the 3rd CANUS Rock Mechanics Symposium, Toronto, May 2009. Diederichs M., Grasselli G. (eds.)
 13. Bekbergenov D.K. Features of technology of repeated mining of ores in conditions of a collapsed underground area using the example of the Zhezkazgan deposit. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskyy zhurnal)* [Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]. 2017;(special issue 3):3-14. (In Russ.)
 14. Analysis of the possibility of working out the reserves of the Annenskaya and 57 mines located in the shift trough. No.04-3.1.4-9-52 dated 16.10.19. Geomechanical Department of the Surveying and Geomechanical Service, Mine Management of MMC LLP Kazakhmys Corporation. 8 p. (In Russ.)
 15. Survey information of mining workings falling into the shift trough and 150m shift trough zone in 2004-2006 for the Annenskaya mine, the East Zhezkazgan Mine, dated 1-31.10.2014. 12 p. (In Russ.)
 16. On the issue of prospects of developing mining operations in the Annensky district. General condition of the shift trough area in 2004, 2006 and the 150-meter zone around it. No.08-23-21-618 dated August 12, 2011. Geomechanical Administration of LLP Kazakhmys Corporation. 11 p. (In Russ.)
 17. Expert assessment of the possibility of working out reserves within the shift zones formed as a result of collapses in 2004-2006 in the fields of the East and Annenskaya mines. Head of the Laboratory of Geodynamics and Rock Pressure, Institute of Mining, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Professor O.V. Zoteev, DrSc (Eng.), dated 04.12.2009. 7 p. (In Russ.)
 18. Assessment of involvement in repeated mining of blocks of upper horizons adjacent to the shift trough from the east (block 25 of Annenskaya mine (Ann.) 8-II, 270 m horizon; block 6 of Ann. 7-II-I, 170 m horizon; block 26 of Ann. 6-II, 230 m horizon). No. 04-3.1.4-9-204 dated 11.07.2019. JSC Zhezkazgantsvetmet, Geomechanical Department, LLP Kazakhmys Corporation. 9 p. (In Russ.)
 19. Geomechanics opinion and recommendations on the issue of final extraction of reserves in the shift zone and mining units adjacent to it in the Annenskaya mine. Mining and Geomechanical Administration of JSC Zhezkazgantsvetmet. No. 67-21-944 dated 01.10.2008. 7 p. (In Russ.)
 20. Opinion on conducting mining operations in the vicinity of collapsed sections of the Annenskaya mine in 2004 (block 3-3bis, Ann-2-II-I; block 7 Ann-2-IV; block 31 Ann-2-II-I; block 12 bis Ann-3-II), No.03-23-21-747 dated 21.07.2009. Mining and Geomechanical Administration of JSC Zhezkazgantsvetmet. 2 p. (In Russ.)
 21. Opinion on conducting mining operations in the sections of the Annenskaya mine in the 150-meter zone adjacent to the shift trough in 2004 (block 6 of Ann. 7-I; block 11-south Ann. 3-IV; block 25-south Ann. 8-II, block 4-south Ann. 4-II-I), No.03-23-21-691 dated 25.06.2009. Mining and Geomechanical Administration of JSC Zhezkazgantsvetmet, Branch of LLP Kazakhmys Corporation. 3 p. (In Russ.)
 22. Opinion on conducting mining operations in the vicinity of collapsed sections of the Annenskaya mine in 2004 (Mining and development of block 12 Ann-3-II; block 11 south Ann-2-IV). No.03-23-21-1331 dated 14.12.2009. Mining and Geomechanical Administra-

- tion, Surveying and Geomechanical Division of Kazakhmys Corporation. 2 p. (In Russ.)
23. Geomechanics opinion on conducting mining operations in the sections of the Annenskaya mine in the shift trough and adjacent areas. No.03-25-1366 dated 26.12.2009. Mining and Geomechanical Administration, Surveying and Geomechanical Division of Kazakhmys Corporation. 5 p. (In Russ.)
24. The 2022 Final Report on the R&D subject: “Study on correspondence of the parameter determination and the mining systems in the Annenskaya mine of the East Zhezkazgan Mine” (stage 2). Project Manager: Bekbergenov D.K., LLP Kazakhstan Scientific and Research Institute for Non-Ferrous Metallurgy. Almaty, 2022, 347 p. (In Russ.)

Поступила 12.03.2024; принята к публикации 10.06.2024; опубликована 30.09.2024
Submitted 12/03/2024; revised 10/06/2024; published 30/09/2024

Бекбергенов Досанбай Калдарбаевич – кандидат технических наук, заведующий лабораторией «Комплексное освоение недр», Институт горного дела имени Д.А. Кунаева, Алматы, Республика Казахстан. Email: kdbekbergen@mail.ru. ORCID 0000-0001-6276-3474

Джангулова Гульнар Кабатаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан. Email: gulnarzan@gmail.com. ORCID 0000-0002-7866-1031

Жанакоева Раиса Кульмахановна – доктор PhD, ассоциированный профессор, Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, Алматы, Республика Казахстан. Email: zhanakova_raisa@mail.ru. ORCID 0000-0003-0845-8449

Абиев Бахытжан Аблхасимович – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, Алматы, Казахстан. Email: bakhitjan_aa1971@mail.ru. ORCID 0000-0002-0010-9116

Dosanbai K. Bekbergenov – PhD (Eng.), Head of the Laboratory of Integrated Development of Mineral Resources, Kunaev Institute of Mining, Almaty, the Republic of Kazakhstan. E-mail: kdbekbergen@mail.ru. ORCID 0000-0001-6276-3474

Gulnar K. Jangulova – PhD (Eng.), Associate Professor of the Cartography and Geoinformatics Department, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, the Republic of Kazakhstan. E-mail: gulnarzan@gmail.com. ORCID 0000-0002-7866-1031

Raissa K. Zhanakova – PhD, Associate Professor, Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, the Republic of Kazakhstan. E-mail: zhanakova_raisa@mail.ru. ORCID 0000-0003-0845-8449

Bakhytzhan A. Abiyev – PhD (Eng.), Associate Professor, Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, the Republic of Kazakhstan. E-mail: bakhitjan_aa1971@mail.ru. ORCID 0000-0002-0010-9116