

Код МРНТИ 52.13.04

\*А.Б. Жиенбаев<sup>1</sup>, Г.Ж. Жунусбекова<sup>1</sup>, М.А. Жараспаев<sup>2</sup>, М.Ж. Балпанова<sup>1</sup><sup>1</sup>Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),<sup>2</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «Корпорация Казахмыс» (г. Жезказган, Казахстан)

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ ПОВТОРНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** Экономическая целесообразность реализации подземной геотехнологии во многом зависит от эффективности управления состоянием горного массива вокруг подготовительных горных выработок. Анализ результатов исследований устойчивости горных выработок показывает их недостаточную адекватность реальным физическим процессам, происходящим в горном массиве вокруг подготовительных выработок при ведении горных работ, что сдерживает совершенствование способов управления его состоянием. Наибольшие трудности вызывает управление состоянием горного массива в районе сопряжений очистных и подготовительных выработок при повторной разработке запасов руды. Поэтому вопрос повышения эффективности разработки месторождений путем обеспечения соблюдения проектных параметров горных выработок с учетом зоны влияния очистных работ при повторной разработке месторождения является важной задачей как с практической, так и с научной точки зрения задачи, решение которой позволяет снизить затраты на единицу добываемого полезного ископаемого.

**Ключевые слова:** горная выработка, массив, смещения, деформация, напряжение, барьерный целик, междукамерный целик, прочность, крепление, горная порода.

**Кен орнын қайта игеру кезінде тазарту жұмыстарының әсер ету аймағындағы тау-кен қазбаларының тұрақтылығын зерттеу**

**Андатпа.** Жерасты геотехнологиясын іске асырудың экономикалық орындылығы көбінесе дайындық тау-кен жұмыстарының айналасындағы тау-кен массивінің жағдайын басқарудың тиімділігіне байланысты. Тау-кен қазбаларының орнықтылығын зерттеудің нәтижелерін талдау, олардың тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде дайындық қазбаларының айналасындағы тау-кен массивінде болатын нақты физикалық процесстерге жеткіліксіздігін көрсетеді, бұл оның жағдайын басқару тәсілдерін жетілдіруге кедергі келтіреді. Кен қорларын қайта өндіру кезінде тазарту және дайындау қазбаларының түйісу аймағындағы тау-кен массивінің күйін басқару үлкен қиындықтар туғызады. Сондықтан кенорнын қайта өндіру кезінде тазарту жұмыстарының әсер ету аймағын ескере отырып, тау-кен қазбаларының жобалық параметрлерін сақтауды қамтамасыз ету арқылы кен орындарын игерудің тиімділігін арттыру мәселесі практикалық және ғылыми тұрғыдан маңызды міндет болып табылады, және оны шешу өндірілетін пайдалы қазбалардың бірлігіне шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** тау-кен қазбасы, сілем, жылжу, деформация, кернеу, тосқауыл кентірек, камерааралық кентірек, беріктік, бекітпе, тау-кен жыныстары.

**Investigation of the stability of mine workings in the zone of influence of excavation work during the development of deposits**

**Annotation.** The economic feasibility of implementing underground geo technology largely depends on the effective control of the mountain range condition around the preparatory mine workings. The analysis of the results of studies of the stability of mine workings shows their insufficient adequacy to the real physical processes originating in the mountain range around the preparatory workings during mining operations, which hinders the improvement of methods for controlling its condition. The greatest difficulties are caused by the control of the mountain range condition in the area of the interface of treatment and preparatory workings during the re-development of ore reserves. Therefore, the issue of improving the efficiency of field development by ensuring compliance with the design parameters of mine workings, taking into account the zone of influence of cleaning operations during the reconstruction of the field is the important task from both a practical and scientific point of view, the solution of which reduces the cost per unit of extracted minerals.

**Keywords:** mining excavation, massif, displacement, deformation, stress, barrier pillar, support pillar, strength, support, rock mass.

### Введение

Актуальность исследования процессов изменения состояния пород вокруг горных выработок, особенно в зонах наиболее интенсивных проявлений опорного давления, в том числе и в зонах сопряжений очистных и подготовительных выработок всегда была важной задачей в горнодобывающей промышленности. Смещение пород в зонах сопряжений приводит к ухудшению их эксплуатационного состояния, снижению эффективности и безопасности ведения рабочих процессов. В основном это связано с отрицательным эффектом опорного давления в горном массиве [1, 2]. В определенной степени опорное давление в горном массиве связано со смещением боковых пород с образованием трещин в прилегающие горные выработки. Изменение естественной трещиноватости массива горных пород вокруг выработок – весьма важный вопрос, так как именно наличие и последующее развитие трещин способствуют разрушению приконтурного массива в виде обрушения,

вывалообразования и завала подготовительных выработок и на их сопряжениях.

Выявление закономерностей перераспределения горного давления при повторной разработке целиков, как правило, необходимо для комплексного обоснования геотехнологических решений, обеспечивающих устойчивость горных выработок, поддержание их в рабочем и безопасном состоянии в течение всего периода отработки и, следовательно, безопасное функционирование всех производственных структур шахты.

На сегодняшний день во многих рудных месторождениях (Жомарт, Саяк, Жаман-Айбат, Жиланды), где добыча ведется камерно-столбовой системой разработки с последующей выемкой целиков, устойчивость выработок в зоне влияния очистных работ является нерешенной проблемой. К примеру, после перехода ко второй стадии отработки запасов (извлечению целиков) на руднике Жомарт произошли многочисленные разрушения транспортных штреков, расположен-

ных вблизи выработанного пространства панелей. Постепенное извлечение междукамерных целиков и оседание налегающей толщи пород приводит к пригрузке опорным давлением самого жесткого предохранительного целика (барьерного целика) капитальных штреков шириной 85 м, расположенного в середине обширного выработанного пространства. Практически повсеместно наблюдался один и тот же механизм вывалов: раздавливание и осыпание многочисленных пропластков слабых пород и последующие отслоения крупных блоков крепких серых песчаников по субвертикальным природным трещинам или трещинам отрыва.

### Методы исследований

В ноябре 2018 г. маркшейдерская служба выполнила массовые замеры (с шагом 1 м) габаритов транспортных и конвейерных штреков (табл. 1). Гистограммы, приведенные на рис. 1-2, показывают как наиболее часто встречающиеся (модальные) значения, так и существующие отклонения от средних. На локальных участках максимальные переборы высоты/ширины штреков бывают весьма значительными (до 2÷3 м).

Таблица 1

Размеры капитальных штреков

Кесте 1

Капитал штректерінің өлшемдері

Table 1

Dimensions of capital drifts

штреки	кол-во замеров	площадь сечения		средний перебор, м	
		факт. средняя, м <sup>2</sup>	факт. проект.	высоты	ширины
транспортные 1,2,3,4	5181	33.0	140%	0.5	1.1
конвейерные 1, 2	684	37.3	160%	1.6	0.7

Площадь сечения транспортных штреков после отслоений (в среднем на длине 5,2 км) кровли на 0,5 м и бортов на 1,1 м увеличилась по сравнению с проектной на 40% и стала в среднем равной 33 м<sup>2</sup>. Мощность разрушений (перебор габаритов) в бортах в 2 раза больше, чем в кровле. Этот факт означает, что основной причиной разрушений транспортных штреков является вертикальное опорное давление на предохранительный целик.

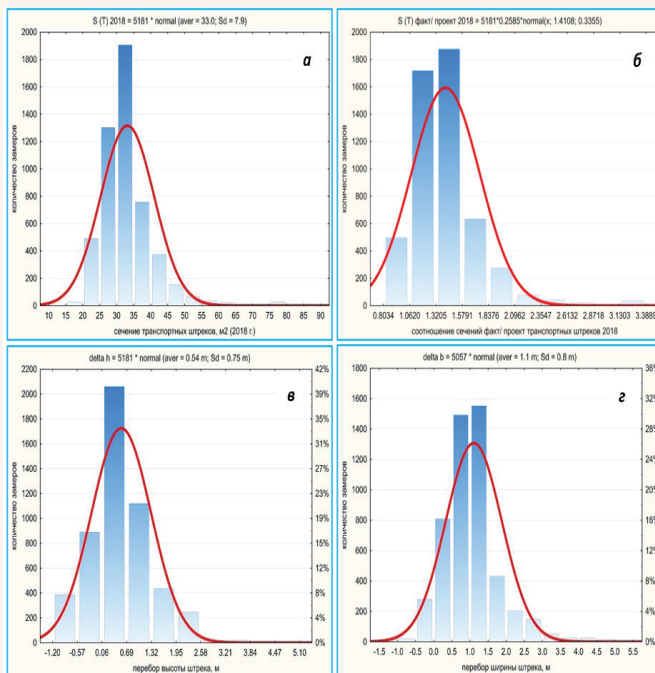


Рис. 1. Размеры транспортных штреков: а – фактическое сечение; б – соотношение фактического и проектного сечений; переборы габаритов после разрушений: в – высоты; г – ширины.

Сурет 1. Тасымалдау штректерінің өлшемдері: а – нақты қима; б – нақты және жобалық қиманың қатынасы; бұзылғаннан кейінгі өлшемдердің шектен шығуы: в – биіктігі; г – ені.

Figure 1. Dimensions of transport drifts: а – the actual cross-section; б – the ratio of the actual and design cross-sections; busting dimensions after destruction: в – height; г – width.

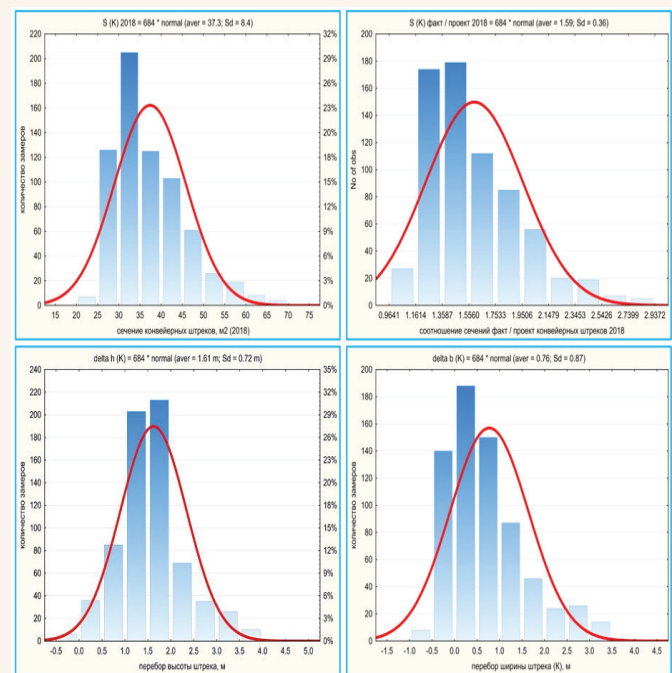


Рис. 2. Размеры конвейерных штреков (параметры сечений – те же).

Сурет 2. Конвейерлік штректерінің өлшемдері (қима параметрлері өзгермеген).

Figure 2. Dimensions of conveyor drifts (cross-section parameters are the same).



**Рис. 3. Комбинированное крепление (анкеры + ТБК) бортов конвейерного штрека.**

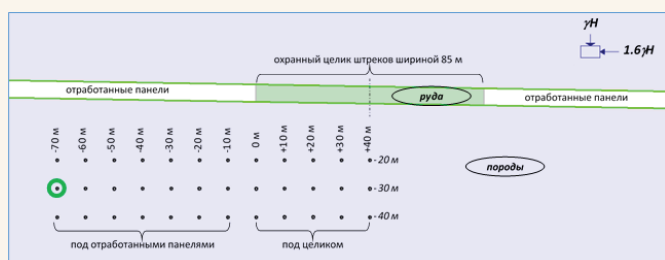
**Сурет 3. Конвейерлік штректің борттарын аралас бекітпемен (анкер+торкертбетон) бекіту.**

**Figure 3. Combined fastening (anchor + TBK) of the sides of the conveyor drift.**

На некоторых ограниченных участках борта конвейерных штреков закреплены анкерами + ТБК. Это эффективная крепь, которая предотвращает отслоения с бортов. Работоспособность данного крепления видна по смятию и даже разрывам опорных плиток (рис. 3). Т.е. натяжение анкеров после горизонтальных деформаций таково, что происходит смятие и разрывы опорных плиток.

Для доработки оставшихся целиков в центральном поле рудника Жомарт поднимается вопрос о прогнозе состояния капитальных горных выработок и перспективе извлечения их охранных целиков.

Предохранительный целик находится в центре выработанного пространства под большим давлением, которое будет только возрастать в ходе дальнейшей повторной разработки. Это делает проблематичным расположение полевого конвейерного штрека под целиком соосно с существующим конвейерным штреком.



**Рис. 4. Варианты заложения полевого конвейерного штрека.**

**Сурет 4. Далалық конвейерлік штрегінің өткізу нұсқалары.**

**Figure 4. Options for laying a field conveyor drift.**

Рассмотрено 3 варианта глубины заложения полевого конвейерного штрека: ниже почвы залежи 4-1 на -20, -30, -40 м и 12 вариантов расположения относительно охранный целика (рис. 4): под целиком с удалением от его границы на 0, +10, +20, +30, +40 м и под выработанным пространством панелей с удалением от границы целика на -10, -20, -30, -40, -50, -60, -70 м. Всего рассмотрено 36 вариантов расположения полевого штрека.

Горные работы моделировались в разрезе вкрест оси транспортных и конвейерных штреков на глубине  $H = 600$  м. Пакет использованных в расчетах свойств трещиноватых массивов руды и пород приведен в табл. 2. Природное напряженное состояние массивов: гравитационное давление толщи пород  $-\gamma H$ , горизонтальные тектонические напряжения  $-1,6\gamma H$  [3, 4].

Слева и справа от целика штреков смоделированы выработанные пространства панелей длиной 600 м в предположении, что и МКЦ, и БЦ извлечены, т.е. для ситуации, когда нагрузка на охранный целик максимальна. Распределение величин и направления действия максимальных напряжений  $\sigma_1$  (для примера) показано на рис. 5.

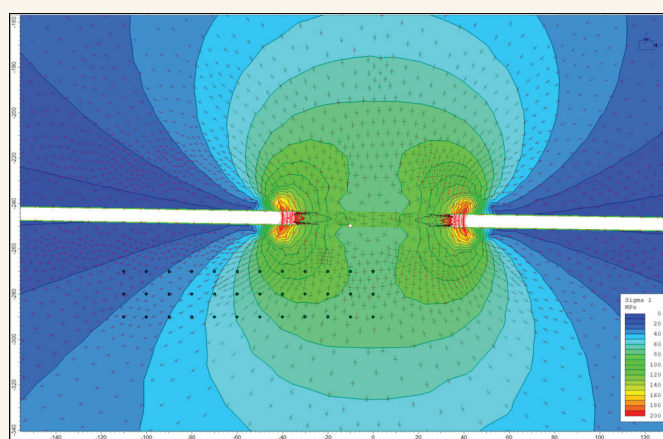
Максимальные напряжения  $\max\sigma$ , которые будут действовать на контуре полевого конвейерного штрека, рассчитаны по известной формуле Б. Кирша [5, 6, 7, 8]:  $\max\sigma = 3 \cdot \sigma_1 - \sigma_3$  и приведены в табл. 3 и на рис. 5.

С расчетной модели в точках возможного расположения полевого конвейерного штрека рассчитаны величины действующих в массиве максимальных  $\sigma_1$  и минимальных  $\sigma_3$  напряжений (табл. 4).

### Результаты и их обсуждения

По результатам расчетов видно, что:

- заложение полевого штрека под целиком нецелесообразно, т.к. величины максимальных напряжений  $\max\sigma$ ,



**Рис. 5. Максимальные напряжения, действующие в окрестности охранного целика транспортных и конвейерных штреков.**

**Сурет 5. Көлік және конвейер штрекерінің сақтандырғыш кентеріктің маңында әрекет ететін максималды кернеулер.**

**Figure 5. Maximum stresses acting in the vicinity of the security rear of transport and conveyor drifts.**

Таблица 2

Свойства массивов, использованные при моделировании

Кесте 2

Модельдеу кезінде қолданылатын массивтердің қасиеттері

Table 2

Array properties used in modeling

показатели	руда	породы
прочность в образце при одноосном сжатии, МПа	120	60
модуль упругости в образце, ГПа	27	20
коэффициент Пуассона	0.2	0.2
нарушенность керна RQD, %	88	88
показатель шероховатости трещин $J_r$	1	1
показатель выветрелости и заполнения трещин $J_a$	1	1
геологический индекс прочности GSI	67	67
коэффициент $m_i$	13	13
прочность массива при одноосном сжатии, МПа	35	17
прочность массива при растяжении, МПа	1	1
модуль деформации массива, ГПа	8	8

Таблица 3

Максимальные напряжения на контуре полевого штрека

Кесте 3

Далалық штрек контурындағы максималды кернеулер

Table 3

Maximum stresses on the field drift circuit

maxσ		удаление от границы целика под панели (-) или под целик (+), м											
		-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
заглубление, м	-20	71	80	92	109	135	178	228	257	239	205	186	179
	-30	82	94	108	125	148	178	205	221	218	205	195	190
	-40	93	105	116	133	149	173	190	199	203	198	195	194

Таблица 4

Действующие напряжения в массиве, МПа

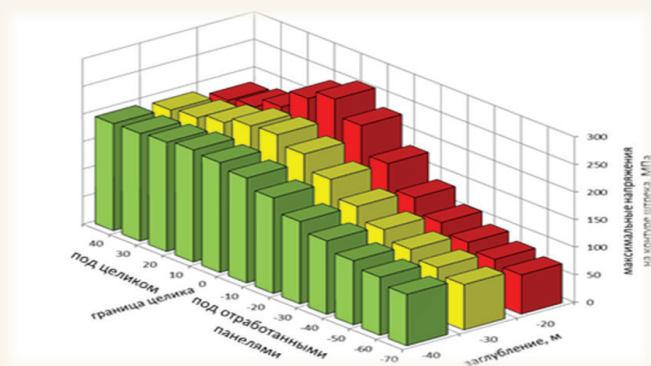
Кесте 4

Массивтегі кернеулер, МПа

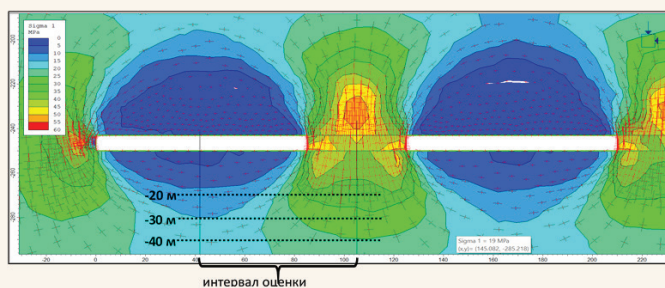
Table 4

Operating voltages in the array, MPa

			удаление от границы целика под панели (-) или под целик (+), м											
			-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
заглубление, м	-20	$\sigma_1$	24	27	31	37	46	61	80	94	93	85	80	78
		$\sigma_3$	1	1	1	2	3	5	12	25	40	50	54	55
	-30	$\sigma_1$	28	32	37	43	51	62	73	81	83	81	79	78
		$\sigma_3$	2	2	3	4	5	8	14	22	31	38	42	44
	-40	$\sigma_1$	32	36	40	46	52	61	68	73	76	76	76	76
		$\sigma_3$	3	3	4	5	7	10	14	20	25	30	33	34



**Рис. 6.** Величины максимальных напряжений, действующие на контуре полевого штрека при его заложении в разных точках.  
**Сурет 6.** Әр түрлі нүктелерде орналастырылған далалық штрек напряжений  $\max\sigma$ , контурындағы максималды кернеу  $\max\sigma$  мәндері.  
**Figure 6.** The values of the maximum stresses  $\max\sigma$  acting on the contour of the field drift when it is laid at different points.



**Рис. 7.** Максимальные напряжения, действующие в окрестности погашенных панелей, разделенных барьерными целиками.  
**Сурет 7.** Тосқауыл кентіректерімен бөлінген сөндірілген панельдердің маңында әрекет ететін максималды кернеулер.  
**Figure 7.** Maximum stresses acting in the vicinity of extinguished panels separated by barrier pillars.

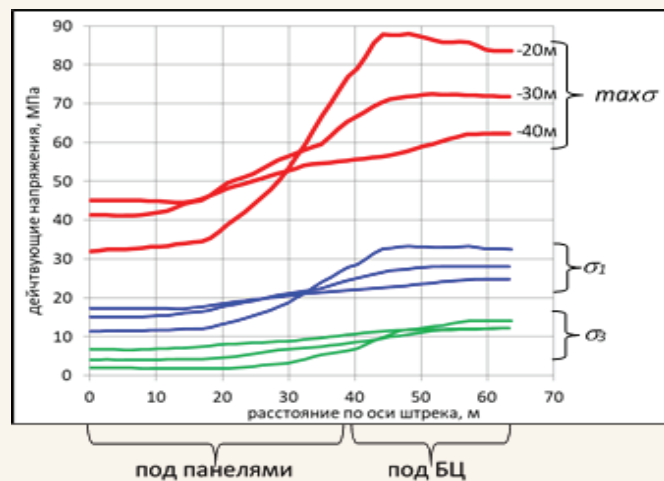
возникающие на его контуре, значительно превышают прочность массива и руды (серых песчаников) и пород;

- наименьшие значения  $\max\sigma$  на контуре полевого штрека наблюдаются при его заложении на -30 м глубже почвы отработанной залежи 4-1 и на удалении -70 м от границы охранного целика. Даже в этом случае действующие напряжения в кровле штрека будут больше прочности пород. Точка рекомендуемого заложения полевого штрека (на удалении -70 м от границы целика и -30 м ниже почвы выработанного пространства) в табл. 2 залита зеленым цветом, а на рис. 9 – выделена зеленым кругом.

При заложении полевого конвейерного штрека под выработанным пространством он будет пересекать неотработанные БЦ. Чтобы оценить состояние полевого штрека под БЦ, аналогичное численное моделирование выполне-

но в разрезе вдоль оси конвейерного штрека (вкрест осей БЦ). Распределение величин и направлений максимальных напряжений  $\sigma_1$ , действующих в массиве, показано на рис. 7.

Панели шириной 85 м и БЦ шириной 40 м периодически повторяются [9, 10, 11]. Поэтому для оценки состояния полевого штрека (пунктирные линии с разной глубиной заложения на рис. 7) выбран интервал от середины панели до середины БЦ. Эпюры расчетных значений  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$ ,  $\max\sigma$  по оси полевого штрека при разных глубинах его заложения приведены на рис. 8.



**Рис. 8.** Величины напряжений, действующих в массиве  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  и на контуре полевого штрека  $\max\sigma$  при разной глубине его заложения.  
**Сурет 8.** Массивте  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  және әр түрлі тереңдіктегі далалық штрек контурында әрекет ететін кернеулердің  $\max\sigma$  мәндері.  
**Figure 8.** The values of the stresses acting in the array  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  and on the contour of the field drift  $\max\sigma$  at different depths of its laying.

Рис. 8 показывает, что при заложении полевого штрека на глубине -20 м ниже почвы погашенных панелей максимальные напряжения на его контуре становятся достаточно большими. Именно поэтому в качестве оптимальной выбрана глубина заложения полевого конвейерного штрека -30 м.

#### Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что полевые капитальные выработки необходимо проектировать на глубине не менее, чем на -30 м от почвы отработанной залежи 4-1 и на удалении -70 м от границы охранного целика. По возможности необходимо выбирать глубину заложения штрека в слое более крепких серых песчаников. А также при проектировании трассы полевого штрека в плане необходимо избегать заложения штрека вдоль тектонических разломов и использовать «разрешенные» направления проходки.

*Данные исследования были проведены благодаря гранту №AP14972873 Комитета по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мустафин М.Г., Жараспаев М.А. Оценка напряженного состояния барьерного целика для выбора технологических параметров повторной разработки рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №6 (специальный выпуск 16). – С. 16-22. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-6-16-16-22 (на русском языке)
2. Martin C.D., Maybee W.G. The strength of hard-rock pillars. – *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 37 (2000). – С. 1239-1246 (на английском языке)
3. Измерения напряженно-деформированного состояния горного массива на месторождении Жаман-Айбат. – Отчет Горного института УрО РАН, Пермь, 2013. – С. 68 (на русском языке)
4. Отчет НИР. Прогноз геомеханической ситуации в поле рудника Жомарт 2. №04-3.1.4-9-140 от 15.05.2021 г. (на русском языке)
5. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. – М., Недра, 1983. – С. 280 (на русском языке)
6. Линьков А.М., Петухов И.М., Тлеужанов М.А. Новые методы расчета целиков. – ФТПРПИ. – 1984, №3. – С. 13-28 (на русском языке)
7. Zipf, R.K. (1999). Catastrophic Collapse of Highwall Web Pillars and Preventative Design Methods. Proc. 18th Int. Conf. on Ground Control in Mining. West Virginia University, Morgantown, WV, – С. 18-28 (на английском языке)
8. Zipf, R.K. (2001). Pillar Design to Prevent Collapse of Room-and-Pillar Mines. – *Underground mining method: engineering fundamentals and international case studies. Charter 59 / Ed. by William A. Hustrulid and Richard L. Bullock. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME).* – С. 493-511 (на английском языке)
9. Заключение по рекомендуемым параметрам отработки целиков первой очереди рудника Жомарт. №01-7.10.2.4-9-263 от 05.10.2022 г. (на русском языке)
10. Оценка текущей геомеханической ситуации на руднике Жомарт для обоснования условий его дальнейшей отработки. – Жезказган, 2020 (на русском языке)
11. Технологическая инструкция по креплению горных выработок на руднике Жомарт. – Жезказган, 2020 (на русском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мустафин М.Г., Жараспаев М.А. Кенді кен орындарын қайта игерудің технологиялық параметрлерін таңдау үшін тосқауыл кентіректерінің кернеулі жай-күйін бағалау // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. – 2019. – №6 (арнайы шығарылым 16). – Б. 16-22. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-6-16-16-22 (орыс тілінде)
2. Мартин К. Д., Мэйби В. Г. (2000). Қатты тау жыныстардың кентіректерінің беріктігі. – Тау жыныстары механикасы және тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы №37. – Б. 1239-1246 (ағылшын тілінде)
3. Жаман-Айбат кен орнындағы тау сілемінің кернеулі-деформацияланған жай-күйін өлшеу. – РГА УрО тау кен институтының есебі. – Пермь, 2013. – Б. 68 (орыс тілінде)
4. ҒЗЖ есебі. Жомарт кенішіндегі геомеханикалық жағдайдың болжамы. №04-3.1.4-9-140 бастап 15.05.2021 ж. (орыс тілінде)
5. Петухов И.М., Линьков А.М. Тау кен лақтырыстары мен соққыларының механикасы. – М., Недра, 1983. – Б. 280 (орыс тілінде)
6. Линьков А.М., Петухов И.М., Тлеужанов М.А. – 1984. Кентіректердің еспетеудің жаңа әдістері. – ФТПРПИ, №3. – Б. 13-28 (орыс тілінде)
7. Ципф, Р. К. (1999). Қоршау конструкцияларының тіректерінің апатты құлауы және алдын алу жобалау әдістері. 18-ші басылым. Тау-кен өнеркәсібіндегі жерді басқару конференциясы. Батыс Вирджиния Университеті, Моргантаун, WV. – Б. 18-28 (ағылшын тілінде)
8. Ципф, Р. К. (2001). Камера және бағаннан тұратын шахталардың құлауын болдырмау үшін тіректердің конструкциясы. – Жерасты тау-кен әдісі: инженерлік негіздер және халықаралық жағдайлық зерттеулер. ред. Уильям А. Хаструлид пен Ричард Л. Буллок. Тау-кен қоғамы, металлургия және геологиялық барлау жұмыстары қоғамы (SME). – Б. 493-511 (ағылшын тілінде)
9. Жомарт кенішінің бірінші кезегінің кентіректерін алудың ұсынылған параметрлері бойынша қорытынды. №01-7.10.2.4-9-263 бастап 05.10.2022 ж. (орыс тілінде)
10. Жомарт кенішіндегі геомеханикалық жағдайды одан әрі өндіру шартын негіздеу үшін бағалау. – Жезказган, 2020 ж. (орыс тілінде)
11. Жомарт кенішіндегі тау-кен қазбаларын бекіту бойынша технологиялық нұсқаулық. – Жезказган, 2020 ж. (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Mustafin M.G., Zharaspaev M.A. Ocenka napryazhennogo sostoyaniya bar'ernogo celika dlya vybora tekhnologicheskikh parametrov povtornoj razrabotki rudnyh mestorozhdenij // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2019. – №6 (special'nyj vypusk 16). – P. 16-22. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-6-16-16-22 (in Russian)
2. Martin C.D., Maybee W.G. The strength of hard-rock pillars. – *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 37 (2000). – P.1239-1246 (in English)
3. Izmereniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornogo massiva na mestorozhdenii ZHaman-Ajbat. – Otchet Gornogo instituta UrO RAN. – Perm', 2013. – P. 68 (in Russian)
4. Otchet NIR. Prognoz geomekhanicheskoy situacii v pole rudnika ZHornart 2. №04-3.1.4-9-140 ot 15.05.2021 (in Russian)
5. Petuhov I.M., Lin'kov A.M. Mekhanika gornyh udarov i vybrosov. – M., Nedra, 1983. – P. 280 (in Russian)
6. Lin'kov A.M., Petuhov I.M., Tleuzhanov M.A. Novye metody rascheta celikov. – FTPRPI, – 1984, №3. – P. 13-28 (in Russian)
7. Zipf, R.K. (1999). Catastrophic Collapse of Highwall Web Pillars and Preventative Design Methods. Proc. 18th Int. Conf. on Ground Control in Mining. West Virginia University, Morgantown, WV, – P. 18-28 (in English)
8. Zipf, R.K. (2001). Pillar Design to Prevent Collapse of Room-and-Pillar Mines. – *Underground mining method: engineering fundamentals and international case studies. Charter 59 / Ed. by William A. Hustrulid and Richard L. Bullock. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME).* – P. 493-511 (in English)
9. Zaklyuchenie po rekomenduемым parametram otrabotki celikov pervoj ocheredi rudnika ZHornart. №01-7.10.2.4-9-263 ot 05.10.2022 (in Russian)
10. Ocenka tekushchej geomekhanicheskoy situacii na rudnike zhornart dlya obosnovaniya uslovii ego dal'nejshej otrabotki. – ZHezkazgan, 2020 (in Russian)
11. Tekhnologicheskaya instrukciya po krepleniyu gornyh vyrabotok na rudnike ZHornart. – ZHezkazgan, 2020 (in Russian)

## Сведения об авторах:

**Жиенбаев А.Б.**, докторант НАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [zhienbaev@list.ru](mailto:zhienbaev@list.ru); <https://orcid.org/0000-0002-4347-8608>

**Жунусбекова Г.Ж.**, докторант НАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [gaukhar.zhumashevna@mail.ru](mailto:gaukhar.zhumashevna@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2842-270X>

**Жараспаев М.А.**, зам. начальника геомеханического отдела ГОК ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Жезказган, Казахстан), [zharaspaev\\_m\\_a@mail.ru](mailto:zharaspaev_m_a@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5304-5526>

**Балпанова М.Ж.**, преподаватель кафедры механики НАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [balpanova86@mail.ru](mailto:balpanova86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1513-5317>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Жиенбаев А.Б.**, КЕАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университет» докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Жунусбекова Г.Ж.**, КЕАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университет» докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Жараспаев М.А.**, ЖШС КБК «Қазақмыс Корпорациясы» геомеханикалық бөлімнің бастық орынбасары (Жезказған қ., Қазақстан)

**Балпанова М.Ж.**, КЕАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университет» механика кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

## Information about the authors:

**Zhienbayev A.B.**, doctoral student of the NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Zhunusbekova G.Zh.**, doctoral student of the NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Zharaspaev M.A.**, deputy.the head of the Geomechanical Department of GOK Kazakhmys Corporation LLP (Zhezkazgan, Kazakhstan)

**Balpanova M.Zh.**, lecturer of the Department of Mechanics of the NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)