

Код МРНТИ 52.13.04

Б. Хусан, *С.А. Мустафин, Г.Б. Ескенова, Ж.М. Асанова

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ КАРЬЕРА ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Аннотация. Рассмотрены вопросы о влиянии буровзрывных работ на устойчивость бортов карьера, на прочность и структуру прибортовых массивов. Приведен пошаговый порядок оценки и камеральной обработки данных при оптической съемке скважин. Представлена методика определения систем трещин в массиве горных пород, основанная на съемке бортов карьера геологическим компасом. Предложен способ геотехнической оценки состояния массива с использованием программ Dips и SWedge и их систематизация в геомеханической блочной модели. Интеграция факторов ослабления прочности прибортового массива в геомеханическую блочную модель позволит корректно проектировать буровзрывные блоки. Предлагаемый подход для определения параметров залегания трещин рекомендуется использовать при проектировании буровзрывных блоков с целью минимизации рисков обрушения бортов карьера.

Ключевые слова: видеоэндоскоп, оптическая съемка скважин, трещиноватость массива, программы Dips и SWedge.

Бұрғылап – жару жұмыстарын жүргізу кезінде карьер жағдауларының тұрақтылығына әсер ететін факторларды анықтау әдістемесі

Аннотация. Бұрғылау-жару жұмыстарының карьер жағдауларының тұрақтылығына, жағдау манайлық сілемнің құрылымы мен беріктігіне әсері туралы мәселелер қарастырылды. Ұңғымаларды оптикалық түсіру кезінде деректерді талдау және камералдық өңдеу тәртібі келтірілген. Карьер жағдауларын геологиялық компаспен түсіру негізінде тау жыныстары массивіндегі жарықтар жүйесін анықтау әдістемесі ұсынылған. Dips және SWedge бағдарламаларын қолдана отырып, массивтің күйін геотехникалық бағалау және оларды геомеханикалық блоктық модельде жүйелеу әдісі ұсынылған. Жағдау манайлық сілемнің беріктігін әлсірететін факторларды геомеханикалық блоктық модельде біріктіру, бұрғылау-жару блоктарын дұрыс жобалауға мүмкіндік береді. Карьер жағдауларының құлау қаупін азайту мақсатында, жарықтардың пайда болу параметрлерін анықтауға арналған тәсілді бұрғылау-жару блоктарын жобалау кезінде қолдану ұсынылды.

Түйінді сөздер: бейнеэндоскоп, ұңғымаларды оптикалық түсіру, тау жыныстарының жарықшақтығы, Dips және SWedge бағдарламалары.

The methodology for determining the influencing factors on the stability of the sides of the quarry in the conduct of drilling and blasting

Abstract. The article considers the impact of drilling and blasting operations on the stability of quarry walls, on the strength and structure of the rock massifs. A step-by-step procedure for analyzing and office processing of data during optical survey of boreholes is given. A method for determining crack systems in a rock massif is presented, based on surveying quarry walls with a geological compass. A method for geotechnical assessment of the massif condition using the Dips and SWedge programs and their systematization in a geomechanical block model is proposed. Integration of the factors of weakening the strength of the instrument array into the geomechanical block model will allow the correct design of drilling and blasting blocks. The proposed approach for determining the crack location parameters is recommended for use in designing drilling and blasting units in order to minimize the risks of quarry wall collapse.

Key words: video endoscope, optical survey of wells, fracturing of the array, Dips and SWedge programs.

Введение

В настоящее время на крупных месторождениях, разрабатываемых открытым способом, одной из основных задач горного производства является обеспечение устойчивости бортов и уступа карьера. Устойчивость бортов карьера оценивается как исходными горно-геологическими условиями среды и параметрами буровзрывных работ, так и сейсмическим воздействием взрыва, которые необходимо учитывать через параметры их влияния. При этом, увеличение угла откоса бортов карьера ведет к снижению объемов вскрыши и повышает экономическую эффективность разработки месторождения. Однако при этом повышается риск обрушения бортов и уступов в карьере в результате геодинамических явлений, связанных с горным давлением и влиянием от взрывных работ. Вместе с тем, неизученные влияния процессов буровзрывных работ вблизи откоса может вызвать нарушение их устойчивости и привести к катастрофическим оползневым явлениям.

Современное горнодобывающее производство требует углубленного изучения и постоянного контроля за происходящими в прибортовых массивах геомеханическими процессами в период строительства и эксплуатации карьеров.

Система трещин оказывает самое непосредственное влияние на устойчивость прибортового массива, являясь одной из возможных поверхностей ослабления, что в конечном счете напрямую влияет на безопасность ведения горных работ. Практика показывает, что влияние систем

трещин на устойчивость уступов и бортов карьера исследовано не в полной мере, поэтому необходимо установить степень влияния систем трещин при ее различном пространственном расположении, на предельные параметры устойчивости прибортового массива и разработать метод оценки степени влияния систем трещин в качестве поверхности ослабления.

Вместе с тем, технологией БВР не только производится дробление горных пород, но и оформляется конечный контур карьера. В результате ведения буровзрывных работ в непосредственной близости предельного контура, от сейсмического влияния и волновых процессов, вызванных взрывом, деформируется откос уступа, в законтурном массиве появляются различного характера трещины, тем самым ослабляющие прочность прибортового массива. На многих горнодобывающих предприятиях взрывы, производимые вблизи предельного контура карьера, продолжают проектироваться по общепринятым параметрам размещения и заряжания скважин, характерных для всех участков карьера без разделения на рабочий и приконтурный блоки. При этом без внимания остается негативная сторона взрыва, выраженная в чрезмерном и неконтролируемом воздействии энергии, которая способствует образованию новых трещин и раскрытию существующих в законтурном массиве.

В будущем оформленный таким образом конечный борт в целом под воздействием очередных порций толчков еженедельных массовых взрывов начинает осыпаться,

изменять свои проектные очертания, понижая тем самым уровень безопасности горных работ.

Для корректного проектирования буровзрывных блоков требуется аналитический подход всех влияющих факторов на устойчивость прибортового массива. Создание геомеханической модели месторождения с учетом геологических свойств пород и корректировкой их по мере продвижения горных работ образует более точный выбор параметров буровзрывных блоков.

Методика исследований

Исследования проводились на карьере месторождения Коктасжал. В условиях карьера Коктасжал борта в основном сложены скальными породами, и частично слабыми, выветрелыми (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид карьера на месторождении Коктасжал.

Сурет 1. Көктасжал кен орнындағы карьердің жалпы көрінісі.

Figure 1. General view of the open-pit Koktaszhal.

Главной задачей является оценка состояния трещиноватости массива горных пород на основе оптической съемки скважин и замера естественных трещин на откосах уступов.

Задачи, которые решались при проведении исследования и камеральной обработке данных:

- оценка состояния массив горных пород;
- идентификация образования трещин в массиве;
- определение обводненности скважин;
- определение системности и ориентации трещин в пространстве с помощью геологического компаса и программы *Dips Rocscience*;
- оценка потенциальных призм обрушения в программе *SWedge*;
- районирование карьера по признакам трещиноватости, прочности и потенциальных участков обрушения.

Оценка состояния трещиноватости, обводненности скважин была проведена с помощью инспекционного видеоэндоскопа SYANSPAN, представляющего собой переносной гибкий эндоскоп, оснащенный видеомонитором. Видеоэндоскоп осуществляет вывод на экран монитора изображения обследуемой области скважины и запись процесса съемки на носитель. Прибор состоит из чемодана с аккумулятором (блок питания), пульта управления, камеры с переходником и зонда длиной 50 м. Перед началом работ следу-

ет провести тщательный визуальный осмотр устья скважин на наличие водопритоков и зашламованности.

Процесс съемки обычно осуществляется с постоянной скоростью. Однако, в местах, где наблюдаются нарушения массива или трещиноватость, скорость съемки снижается. Это необходимо для того, чтобы получить более детальные и точные данные о структуре и характере этих особенностей. Понижение скорости съемки позволяет зафиксировать большое количество информации о геологическом строении в зонах с неоднородным составом. Это особенно важно при изучении трещин, так как их ориентация в пространстве играет ключевую роль в определении распространения деформаций и потенциальных геологических рисков. В некоторых случаях, при сложных условиях, может потребоваться повторная съемка для достижения максимально качественного результата. Такая необходимость возникает, например, при выявлении скрытых геологических структур или при невозможности получить достаточное количество данных с первого раза. При увеличении водопритока фиксируется местоположение участка, откуда он поступает. В случае выявления непроходимых завалов в скважине съемка приостанавливается, и зонд извлекается. Таким образом процесс съемки с первого взгляда простой, но на самом деле является многоэтапным и требует тщательного планирования, чтобы получить качественную информацию о геологическом строении и обеспечить безопасность и эффективность ведения горных работ.

Для определения элементов залегания систем трещин был применен геологический компас GeoID на базе мобильной операционной системы IOS.

Результаты

С помощью видеоинспекционного эндоскопа проведена оптическая съемка скважин блока №620-007 (рис. 2). При проведении исследований было обследовано 348 скважин



Рис. 2. Процесс исследования внутрискважинных трещин с помощью видеоинспекционного эндоскопа. Сурет 2. Бейне инспекциялық эндоскоптың көмегімен ұңғымалық жарықтарды зерттеу процесі.

Figure 2. The process of examining hole cracks using a video inspection endoscope.

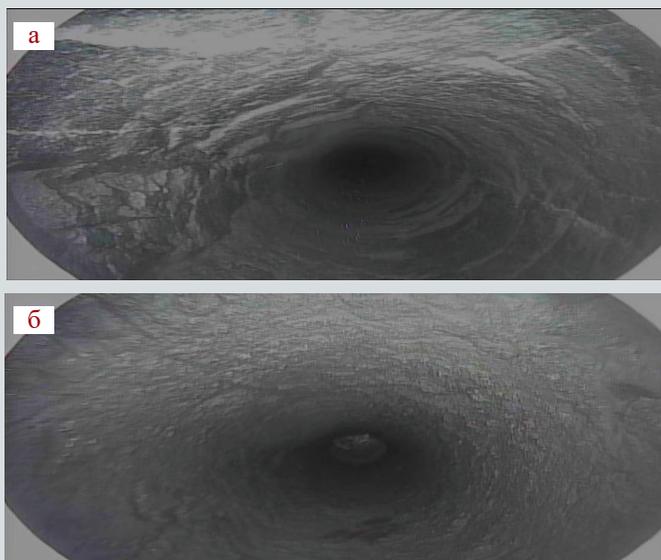


Рис. 3. Снимок скважины №340: а – верхняя часть, б – нижняя часть.
Сурет 3. №340 ұңғыманың кескіні: а – жоғарғы бөлігі, б – төменгі бөлігі.
Figure 3. Well shot №340: a – upper part, b – lower part.



Рис. 4. Схема блока №620-007 к уточнению границ.
Сурет 4. Шекараларды нақтылауға арналған №620-007 блогының схемасы.
Figure 4. Block diagram №620-007 to clarify boundaries.

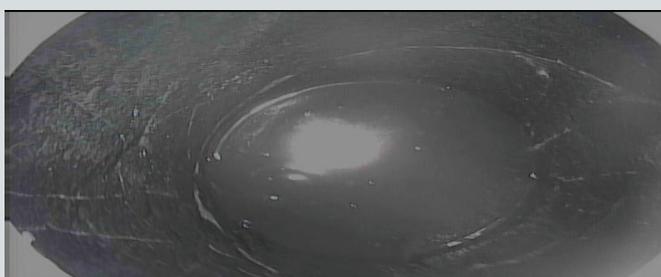


Рис. 5. Снимок скважины №116.
Сурет 5. №116 ұңғыманың кескіні.
Figure 5. Well shot №116.

диаметром 152 мм суммарной длиной около 3,7 км. В случае проведения подобных работ, следует проводить оптическую съемку скважин сразу после их бурения, так как через некоторый период времени из-за воздействия напряжений, воды и других негативных факторов стенки скважин могут разрушиться и создать непроходимые завалы.

По итогам исследования, в обуренном блоке обнаружены разрушенные и обводненные скважины, проведена оценка трещин. На примере скважины №340, обнаружены трещины в верхней части скважины до глубины 5-7 метров (рис. 3 а), в нижней части крупные трещины отсутствуют (рис. 3 б). Фактическая глубина скважины совпадает с проектной и составляет 9,7 м, скважина сухая. Закономерность сохраняется почти во всех скважинах блока. По всей видимости образование трещин таким образом зависит от влияния взрыва верхлежашего блока.

На центральную часть блока влияние волновых процессов взрыва от верхлежашего блока было значительно выше, чем на другие области. Следовательно, все скважины в центре блока полностью обводнены и разрушены (рис. 4). Обозначенные в контуре скважины взаимосвязаны между собой трещинами, через которые проникает вода от одной скважины в другую (рис. 5).

В следующем этапе был проведен визуальный осмотр бортов карьера, выявлены зоны возможного проявления деформаций бортов (рис. 6). Вместе с тем, выполнены замеры залегания естественных трещин.

При оценке устойчивости бортов карьера важно учитывать влияние системы трещин, поскольку они ослабляют прочность массива горных пород и могут привести к обрушению. Для эффективной оценки роли трещиноватости в устойчивости бортов карьера применяется подход, основанный на выделении ключевой системы поверхностей ослабления. Определение основной системы поверхности ослабления требует поэтапной работы в нескольких программах. Прежде всего требуется определить пространственное расположение систем трещин в массивах.



Рис. 6. Вид на деформированный откос уступа.
Сурет 6. Кемер қиябетінің деформацияланған көрінісі.
Figure 6. View of the deformed slope of the ledge.

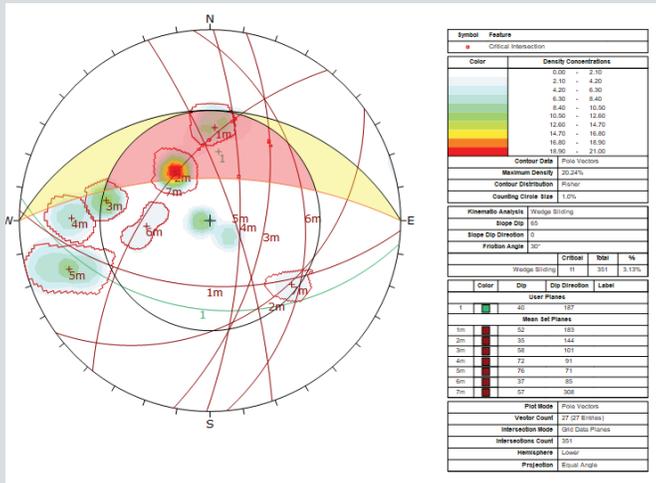


Рис. 7. Определение систем трещин юго-западного и северо-восточного бортов на горизонте +630 м. Сурет 7. +630 м горизонттағы оңтүстік-батыс және солтүстік-шығыс жағдауларындағы жарықтар жүйесін анықтау.

Figure 7. Determination of crack systems of the south-western and north-eastern sides at the horizon +630 m.

На каждом участке поднято несколько единичных замеров элементов залегания трещин каждой системы. Дальнейшая обработка единичных замеров с определением средних значений углов (азимута падения, угла падения) проводилась в программе GeoID. Для безопасного осуществления съемки больших площадей в опасных и недоступных местах высоких бортов желательно привлекать цифровую фотограмметрию.

С уже известными данными залегания трещин в массиве с помощью компьютерного моделирования программы Dips были определены системы трещин юго-западного и северо-восточного бортов на горизонте +630 м для дальнейшей оценки его состояния и обеспечения устойчивости при ведении буровзрывных работ, а также качественного планирования ведения горных работ и проектирования параметров БВР. На рис. 7 мы можем видеть, что на исследуемом участке при оценке трещиноватости массива горных пород были зарегистрированы семь систем трещин с углами и азимутами падения – $52^{\circ}/183^{\circ}$, $35^{\circ}/144^{\circ}$, $58^{\circ}/101^{\circ}$, $72^{\circ}/91^{\circ}$, $76^{\circ}/71^{\circ}$, $37^{\circ}/85^{\circ}$, $57^{\circ}/308^{\circ}$, и с максимальной концентрацией в 20,24% на северном участке, не смотря на то, что большое количество трещин сгруппированы в центральном участке, где концентрация достигает 20-22%.

В перспективе, в аналогичной программе SWedge, на основе данных при моделировании системы трещин есть возможность определить зоны обрушения откоса уступов, минимальную ширину бермы, выбрать оптимальный угол откоса.

Завершающим этапом является районирование карьера по признакам локализации залегания систем трещин, в том числе и их ориентировку относительно откосов карьера, также обозначение потенциальных участков, подвергающихся к обрушению откоса, и добавление этих данных в геомеханическую модель карьера. В дальнейшем при проектировании буровзрывных блоков, с целью минимизации влияния взрывных волн на устойчивость бортов и уступов карьера, в том числе при предварительной оценке факторов, влияющих на предрасположенность массива к деформированию, необходимо учитывать данные с этой геомеханической модели.

Выводы

Выполненная на основе исследований методика свидетельствует о перспективности применения оптической съемки скважин и съемки откосов геологическим компасом для определения параметров залегания трещин в породном массиве.

Необходимость в детальном анализе трещиноватости массивов очевидна, поскольку различные системы трещин могут вызывать неравномерное распределение напряжений и образовывать потенциальные зоны ослабления. Задачи, стоящие перед исследовательской работой, требуют комплексного подхода, включающего геологические исследования, мониторинг состояния бортов, а также применение современных технологий для анализа и оценки устойчивости. Особое внимание следует уделить методам оптической съемки скважин и использованию геологического компаса, что позволит получить данные о состоянии массива и его трещиноватости. Для разработки решений, направленных на увеличение устойчивости бортов карьера, целесообразно использовать специальные программные продукты, такие как Dips и SWedge, которые помогут в проведении геотехнического анализа и систематизируются в единой геомеханической модели. Создание геомеханической модели, которая учитывает все факторы риска, поможет корректно проектировать параметры буровзрывных блоков. В итоге, предлагаемые методики и подходы к оценке устойчивости бортов карьера обладают большим потенциалом для повышения безопасности горных работ и минимизации рисков, связанных с обрушением откосов.

Благодарность

Статья опубликована в рамках грантового финансирования исследований молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2023-2025 годы (ИРН – AP19579377), при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нур Ляна К. Влияние геологических условий на степень фрагментации Мраморный карьер Симпанг Пулай. / К. Нур Ляна, З. Харяени, А. Камар Шах, М.Х. Мохд. Хазизан. // Труды химии. 2016. №19. С. 694-701 (на английском языке)
2. Армагани Д. Дж. Метод SVRGWO для минимизации расстояния отлета камней в результате взрывных работ. / Д. Дж. Армагани, М. Коопалипур, М. Бахри, М. Хасанипанах Тахир. // Вестник инженерной геологии и окружающей среды. 2020. Т. 79. №8. С. 4369-4385 (на английском языке)

3. Бала А. Геоспространственный анализ участков деградации земель в районе местного самоуправления Юг Джос, штат Плато, Нигерия. В частичном выполнении требований для присуждения степени магистра наук по геоматике: Университет Ахмаду Белло, Зария, 2018, С. 81-112 (на английском языке)
4. Джон Рид, Питер Стейси. Руководство по проектированию бортов карьера: Екатеринбург: Правовед, 2015, С. 544 (на русском языке)
5. Проект промышленной разработки месторождения Коктасжал. Пояснительная записка. Том I. Книга I. Горно-геологическая часть. Караганда, 2014. – 96 с. (на русском языке)
6. Бушков В.К. Применительная практика кинематического анализа устойчивости при обосновании параметров основных конструктивных элементов борта карьера. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. №10. С. 30-42 (на русском языке)
7. Еременко В.А. Определение параметров залегания трещин в породном массиве на основе оптической съемки скважин и интервального геотехнического документирования неориентированных кернов / В.А. Еременко, В.А. Винников, М.А. Косырева, Д.В. Лагутин. // Горный журнал. 2022. №1 (2294). С. 21-25 (на русском языке)
8. ООО «Современные изыскательские технологии» (Ltd «Advanced Survey Technologies»). Программный комплекс «Rocscience» DIPS. Построение, анализ и представление структурных данных с использованием методов сферической проекции. Москва, 2020 (русский)
9. Умаров Ф.Я. Воздействие факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров. // Горный журнал. 2014. №1. С. 85-92 (на русском языке)
10. Тюпин В.Н. Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах: монография: Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2017, С. 192 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Нұр Ляна К. Геологиялық жағдайдың фрагментация дәрежесіне әсері. Симпанг Пулай мәрмәр қарьері. / К. Нұр Ляна, З. Харейяни, А. Камар Шах, М.Х. Мохд. Хазизан. // Химия еңбектері. 2016. №19. Б. 694-701 (ағылшын тілінде)
2. Армагани Д.Дж. Жарылыс нәтижесінде тастардың ұшып кету қашықтығын азайту үшін SVRGWO әдісі. / Д.Дж. Армагани, М. Коопиалипур, М. Бахри, М. Хасанипанах Тахир. // Инженерлік геология және қоршаған орта туралы хабаршы. 2020. Т. 79. №8. Б. 4369-4385 (ағылшын тілінде)
3. Бала А. Джостың оңтүстігіндегі жергілікті өзін-өзі басқару аймағындағы жердің тозу учаскелерінің геокеңістіктік талдаулары, Плато штаты, Нигерия. Геоматика бойынша ғылым магистрі дәрежесін беру талаптарын ішінара орындауда: Ахмаду Белло университеті, Зария, 2018, Б. 81-112 (ағылшын тілінде)
4. Джон Рид, Питер Стейси. Карьер жағдауларын жобалау бойынша нұсқаулық. Екатеринбург: Правовед, 2015. Б. 544 (орыс тілінде)
5. Көктасжал кен орнын өнеркәсіптік игеру жобасы. Түсіндірме жазба. I Том. I Кітап. Тау-кен геологиялық бөлігі. Қараганды, 2014. – 96 б. (орыс тілінде)
6. Бушков В.К. Карьер жағдауының негізгі құрылымдық элементтерінің параметрлерін негіздеу кезінде тұрақтылықтың кинематикалық талдаудың тәжірибесі. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. 2018. №10. Б. 30-42 (орыс тілінде)
7. Еременко В.А. Ұңғымаларды оптикалық түсіру және бағдарланбаған керндерді интервалды геотехникалық құжаттау негізінде тау-жынысы сілеміндегі жарықтардың пайда болу параметрлерін анықтау / В.А. Еременко, В.А. Винников, М.А. Косырева, Д.В. Лагутин. // Тау-кен журналы. 2022. №1 (2294). Б. 21-25 (орыс тілінде)
8. «Заманауи іздестіру технологиялары» ЖШҚ (Ltd «Advanced Survey Technologies»). «Rocscience» DIPS бағдарламалық кешені. Сфералық проекция әдістерін қолдана отырып, құрылымдық деректерді құру, талдау және ұсыну. Мәскеу, 2020 (орыс тілінде)
9. Умаров Ф.Я. Карьерлердің тұрақтылығына әсер ететін факторлардың әсері. // Тау журналы. 2014. №1. Б. 85-92 (орыс тілінде)
10. Тюпин В.Н. Жарылған кернеулі тау жыныстар сілеміндегі жарылыс және геомеханикалық процестері: монография: Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2017, Б. 192 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Nur Lyana K., Effect of Geological Condition on Degree of Fragmentation in a Simpang Pulai Marble Quarry. / K. Nur Lyana, Z. Hareyani, A. Kamar Shah, M.H Mohd. Hazizan. // Procedia Chemistry. 2016. №19. P. 694-701 (in English)
2. Armaghani D.J. A SVRGWO technique to minimize flyrock distance resulting from blasting. / Armaghani D.J., Koopialipoor M., Bahri M., Hasanipanah M. Tahir. // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2020. Vol.79. №8. P 4369-4385 (in English)
3. Bala A. Geospatial Analyses of Land Degradation Sites in Jos South Local Government Area, Plateau State, Nigeria. In partial fulfillment of the requirements for the award of master of science degree in geomatics: Ahmadu Bello University, Zaria, 2018, P. 81-112 (in English)

4. *Dzhon Rid, Piter Steisi. Rukovodstvo po proektirovaniyu bortov kar'era: Ekaterinburg: Pravoved, 2015, S. 544 [John Read, Peter Stacey. Quidelines for open pit slope design: Yekaterinburg: Lawyer, 2015, P. 544] (in Russian)*
5. *Proekt promyshlennoi razrabotki mestorozhdeniya Koktaszhal. Poyasnitel'naya zapiska. Tom I. Kniga 1. Gorno-geologicheskaya chast'. Karaganda, 2014. – 96 s. [The project of industrial development of the Koktaszhal deposit. Explanatory note. Volume I. Book 1. Mining and geological part. Karaganda. 2014. – 96 p.] (in Russian)*
6. *Bushkov V.K. Primenitel'naya praktika kinemacheskogo analiza ustoichivosti pri obosnovanii parametrov osnovnykh konstruktivnykh elementov borta kar'era. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2018. №10. S. 30-42 [Bushkov V.K. The applied practice of kinematic stability analysis in substantiating the parameters of the main structural elements of the quarry side. // Mining information and analytical bulletin. 2018. №10. P. 30-42] (in Russian)*
7. *Eremenko V.A. Opredelenie parametrov zaleganiya treshchin v porodnom massive na osnove opticheskoi s'emki skvazhin i interval'nogo geotekhnicheskogo dokumentirovaniya neorientirovannykh kernov / V.A. Eremenko, V.A. Vinnikov, M.A. Kosyreva, D.V. Lagutin. // Gornyi zhurnal. 2022. №1 (2294). S. 21-25 [Eremenko V.A. Determination of the parameters of the occurrence of cracks in the rock mass based on optical survey of wells and interval geotechnical documentation of undirected cores. / V.A. Eremenko, V.A. Vinnikov, M.A. Kosyreva, D.V. Lagutin. // Mining Journal. 2022. №1 (2294). P. 21-25] (in Russian)*
8. *ООО «Sovremennye izyskatel'skie tekhnologii» (Ltd «Advanced Survey Technologies»). Programmnyi kompleks «Rocscience» DIPS. Postroenie, analiz i predstavlenie strukturnykh dannykh s ispol'zovaniem metodov sfericheskoi proektsii. Moskva, 2020 [LLC «Modern Survey Technologies» (Ltd «Advanced Survey Technologies»). The Rocscience DIPS software package. Construction, analysis and presentation of structural data using spherical projection methods. Moscow, 2020] (in Russian)*
9. *Umarov F.Ya. Vozdeistvie faktorov, vliyayushchikh na ustoichivost' bortov kar'erov. // Gornyi zhurnal. 2014. №1. S. 85-92 [Umarov F.Ya. The impact of factors affecting the stability of quarry sides. // Mining Journal. 2015. №1. P. 85-92] (in Russian)*
10. *Tyupin V.N. Vzryvnye i geomekhanicheskie protsessy v treshchinovykh napryazhennykh gornykh massivakh: monografiya: Belgorod: ID «Belgorod» NIU «BelGU», 2017, S. 192 [Tyupin V.N. Explosive and geomechanical processes in fractured stressed mountain massifs: monograph: Belgorod: Publishing house «Belgorod» NRU «BelGU», 2017, P. 192] (in Russian)*

Сведения об авторах:

Хусан Б., PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), hbolat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0996-348X>

Мустафин С.А., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), saken.mustafin.89@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3811-990X>

Ескенова Г.Б., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), g.eskenova@kstu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-8184-4085>

Асанова Ж.М., PhD, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), zhanar-a@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1169-8729>

Авторлар туралы мәліметтер:

Хусан Б., PhD, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Мустафин С.А., «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ескенова Г.Б., «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, (Қарағанды қ., Қазақстан)

Асанова Ж.М., PhD, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасы доцентінің м.а., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Khussan B., PhD, senior lecturer at the Department of «Development of mineral deposits» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Mustafin S.A., doctoral student of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Yeskenova G.B., doctoral student of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Asanova Zh.M., PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Development of mineral deposits» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)