

Код МРНТИ 52.13.05

Н.Б. Бахтыбаев, Р.Х. Альжанов, Э.Р. Халикова, *С.С. Ефремова
Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет
им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

АНАЛИЗ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РУДНИКА ЖОМАРТ 2

Аннотация. Статья посвящена изучению механических свойств руды и вмещающих пород, начиная со стадии разведки, рудника Жомарт II. Все накопленные данные проанализированы и сведены в таблицу. Представлены определения природного напряженного состояния массива и нарушение массива разломами, в связи с чем приведены условия целесообразности заложения горных выработок при проектировании горных работ. В статье отражены сведения о нарушении массива трещинами, а именно количество и процентное содержание крутопадающих, наклонных и пологих трещин; создана 3D геомеханическая блочная модель трещиноватости массива для прогноза нарушения массива руды и непосредственной кровли. Произведена оценка жесткости руды и вмещающей толщи пород для расчетов нагруженности целиков и процессов перераспределения горного давления при повторной разработке. Оценка сделана по скоростям упругих продольных и поперечных волн.

Ключевые слова: механические свойства руды, прочность, упругость, напряженное состояние массива, нарушение массива, трещиноватость массива, жесткость руды.

Жомарт 2 кенішінің геомеханикалық жағдайларын талдау

Андатпа. Мақала Жомарт II кенішінің барлау кезеңінен бастап кеннің және негізгі жыныстардың механикалық қасиеттерін зерттеуге арналған. Барлық жинақталған деректер талданады және кестеге келтіріледі. Массивтің табиғи кернеу күйінің анықтамалары және массивтің ақаулармен бұзылуы ұсынылған, осыған байланысты тау-кен жұмыстарын жобалау кезінде тау-кен қазбаларын салудың орындылығы шарттары келтірілген. Мақалада жарықтар массивінің бұзылуы туралы ақпарат, атап айтқанда тік құлаған, қолбеу және жұмсақ жарықтардың саны мен пайызы көрсетілген; кен массивінің және тікелей шатырдың бұзылуын болжау үшін массивтің жарылуының 3D геомеханикалық блок моделі жасалды. Кеннің қаттылығын және тау жыныстарының сыйымдылығын бағалау, қайта игеру кезінде тау қысымын қайта бөлу процестері мен бүтіндердің жүктемесін есептеу үшін жүргізілді. Бағалау серпімді бойлық және көлденең толқындардың жылдамдығымен жасалады.

Түйінді сөздер: кендердің механикалық қасиеттері, беріктігі, серпімділігі, массивтің кернеу күйі, массивтің бұзылуы, массивтің жарылуы, кендердің қаттылығы.

Analysis of the geomechanical conditions of the Jomart 2 mine

Abstract. The article is devoted to the study of the mechanical properties of ore and host rocks, starting from the exploration stage of the Jomart II mine. All accumulated data has been analyzed and tabulated. Definitions of the natural stress state of the massif and the disturbance of the massif by faults are presented, in connection with which the conditions for the expediency of laying mining workings in the design of mining operations are given. The article reflects information about the disturbance of the massif by cracks, namely the number and percentage of steeply falling, inclined and shallow cracks; A 3D geomechanical block model of the fracturing of the massif has been created to predict the disturbance of the ore massif and the immediate roof. The hardness of the ore and the host rock thickness was estimated to calculate the loading of the pillars and the processes of redistribution of rock pressure during re-mining. The estimation is based on the velocities of elastic longitudinal and transverse waves.

Key words: mechanical properties of the ore, strength, elasticity, stress state of the massif, disturbance of the massif, fracturing of the massif, hardness of the ore.

Введение

Механические свойства руды и вмещающих пород, в ненарушенных образцах, изучались КарПТИ в 1990 г., на стадии разведки месторождения [1]. ИГД им. Кунаева в 2005 г. во время строительства рудника. ООО «Подземгазпром» в 2006-07 гг. в начальный период разработ-

ки. ТОО «Центргеоаналит», институтом ВНИИцветмет и Горным институтом УрО РАН в 2013 г. на стадии до-разведки месторождения в поле Жомарт II [2]. Все накопленные данные сведены в единые статистики, проанализированы, сводные результаты анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства руды и пород

Кесте 1

Кендер мен тау жыныстарының механикалық қасиеттері

Table 1

Mechanical properties of ore and rocks

	Закон распределения	Количество значений	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэфф. вариации
Прочность серых песчаников (руды) при сжатии, МПа	нормальный	96	120	31	26%
Прочность серых песчаников (руды) при растяжении, МПа	нормальный	159	8.8	3.4	39%
Модуль упругости всех типов пород, ГПа	логнормальный	120	27	13	48%
Коэффициент Пуассона всех типов пород, доли ед.	нормальный	229	0.20	0.05	25%

Гистограммы механических свойств представлены на рис. 1. Они показывают законы распределения механических свойств, пределы и степень их изменчивости. Высокие коэффициенты вариации характеризуют сильную прирдную изменчивость механических свойств.

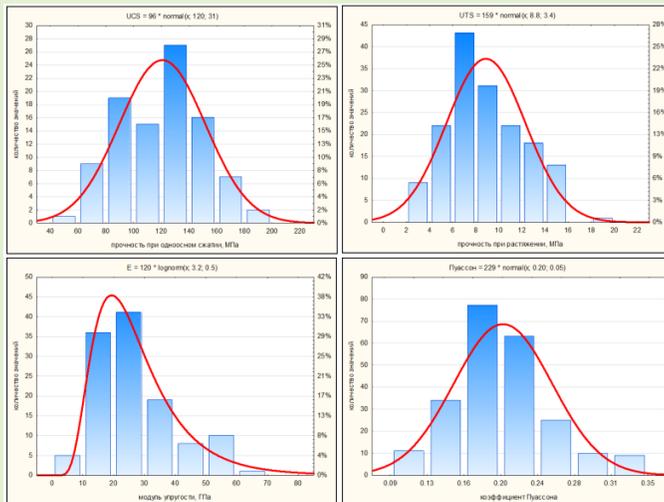


Рис. 1. Статистические распределения механических свойств руды и пород.

Сурет 1. Кен мен тау жыныстарының механикалық қасиеттерінің статистикалық таралуы.

Figure 1. Statistical distributions of mechanical properties of ore and rocks.

Методы исследований

В первую очередь важны свойства серого рудного песчаника, т.к. именно им сложены все целики. По результатам исследований [1] у серого рудного песчаника: • соотношение прочностей при растяжении и сжатии (UTS/UCS) составляет 7% (меньше критериального значения 10%); • доля упругих деформаций в предельном состоянии составляет 79% от полных (упругих и неупругих) деформаций (больше критериального уровня в 70%); • модуль спада M при разрушении в 4,3 раза больше модуля упругости E (больше критериального значения $M/E > 1$).

Это означает, что руда является упругой, способной к накоплению потенциальной энергии упругих деформаций, с хрупким характером разрушения. Т.е. по трем критериям серый песчаник является склонным к горным ударам.

По данным [1] длительная прочность серых песчаников на сжатие σ_t составляет 87% от мгновенной прочности σ_0 (рис. 2). Это очень важный параметр, который означает следующее. Если действующие напряжения не достигают величины $0,87\sigma_0$, то в руде не происходит образования новых трещин. Поэтому такие напряжения образец (целик) может выдерживать бесконечно долго. Если действующие напряжения превышают величину $0,87\sigma_0$, то в руде происходит образование новых трещин (сопровождается треском) и по истечению некоторого времени образец (целик) будет разрушен.

Соотношение мгновенной и длительной прочности $\sigma_0/\sigma_t = 1/0,87 = 1,15$ представляет собой граничный коэффициент запаса прочности $n_{gr} = 1,15$.

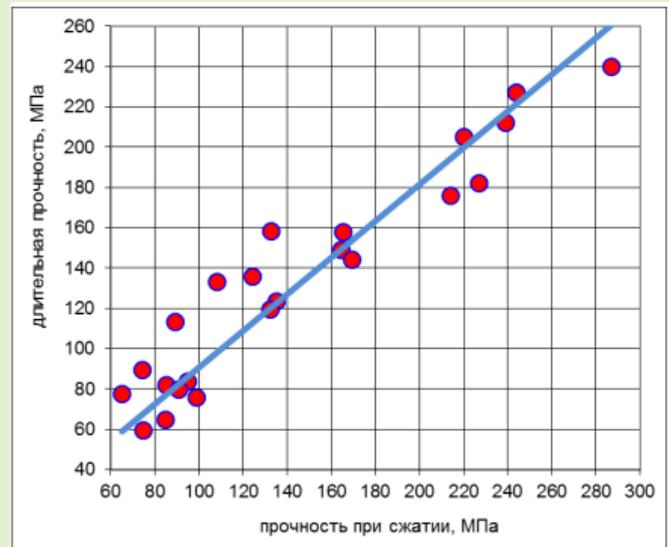


Рис. 2. Соотношение мгновенной и длительной прочности серых песчаников.

Сурет 2. Сұр құмтастардың лездік және ұзақ мерзімді беріктігінің арақатынасы.

Figure 2. The ratio of instant and long-term strength of gray sandstones.

Если фактический запас прочности целика меньше граничного 1,15, то со временем он будет раздавлен. Таким запасом прочности должны обладать сигнальные целики, чтобы горное давление по истечению некоторого времени их раздавило.

Если фактический запас прочности целика больше граничного значения 1,15, то такой целик может сохранять устойчивость достаточно долгое (теоретически – бесконечно долго) время.

Рудная минерализация в Жаман-Айбате локализуется, преимущественно, в слоях серых песчаников, гравелитов, конгломератов. Промышленное руденение концентрируется только в их грубозернистых разностях. Тонкозернистые песчаники имеют бедную минерализацию. Вмещающие породы сложены разномерными песчаниками (70-80%), гравелитами (5-10%), конгломератами (5-10%), алевролитами (5-10%) и аргиллитами (2-3%).

Из всех типов пород наиболее прочными являются серые песчаники. Их коэффициент крепости по Протодьякову f , определенный методом дробления, имеет значения от 6 до 13 (среднее $f = 9$). Прочность при сжатии бурых мелкозернистых песчаников находится в пределах 30÷160 МПа, конгломератов: 85÷140 МПа. Наименьшей прочностью обладают алевролиты и аргиллиты: 10÷90 МПа; кроме того, они подвержены размоканию. При обводнении теряют 40÷60% прочности. Серые песчаники и конгломераты не подвержены размоканию. Руды и породы на руднике Жомарт по сравнению с жезказганскими в целом имеют меньшую крепость (в 1,5÷2 раза). Их сопоставление приведено в табл. 2.

Различия в модулях упругости разных типов пород находятся в пределах их естественной изменчивости, т.е. статистически не значимо. Поэтому по упругим свойствам все типы пород сведены в одну генеральную сово-

Сопоставление крепостей пород

Таблица 2

Тұқым бекіністерін салыстыру

Кесте 2

Comparison of rock fortresses

Table 2

Жезказган		Жомарт		соотношение
серые песчаники	$f = 13 \div 16$	серые среднезернистые песчаники	$f = 6 \div 9$	1,9 ÷ 2,1
красноцветы	$f = 7 \div 9$	алевролиты	$f = 4 \div 6$	1,5 ÷ 1,8

купность со средними свойствами. Диапазон изменения модуля упругости пород продуктивной толщи достаточно широк и составляет от 20 до 40 ГПа (коэффициент вариации 48%). Средний коэффициент Пуассона равен 0,20 со среднеквадратичным отклонением 0,05 (коэффициент вариации 25%). Средняя плотность пород налегающей толщи по данным составляет $\gamma = 2,7 \text{ т/м}^3$.

Природное напряженное состояние массива

Определения напряжений на руднике Жомарт проводились:

- в 2004 г. геомеханиками Казахмыса на стадии вскрытия месторождения методом дискования керна [2];
- в 2013 г. Горным институтом УрО РАН [6] методом щелевой разгрузки по методике в районе ствола Вентиляционный 1 в штреках между панелями 64-65 на глубине $H = 650 \text{ м}$. При $\gamma = 2,7 \text{ т/м}^3$ гравитационное давление налегающей толщи составляет $\gamma H = 17,5 \text{ МПа}$.

По результатам измерений максимальные тектонические напряжения σ_1 действуют вкрест длинной стороны залежи с азимутом $156^\circ \Leftrightarrow 336^\circ$. Коэффициент бокового давления $\lambda_1 = \sigma_1 / \gamma H = 1,6$. Минимальные главные напряжения σ_3 действуют в вдоль длинной стороны залежи с азимутом $66^\circ \Leftrightarrow 246^\circ$. Коэффициент бокового давления $\lambda_3 = \sigma_3 / \gamma H = 0,9$. Вертикальное гравитационное давление налегающей толщи по величине является промежуточным главным напряжением $\sigma_2 = \gamma H$.

В 2018 г. геомеханиками Казахмыса и SRK Consulting направление действия тектонических напряжений скорректировано на основе тектонофизического анализа и анализа устойчивости 40 км пройденных выработок [3, 4]. По последним данным максимальные тектонические напряжения σ_1 действуют с азимутом $120^\circ \Leftrightarrow 300^\circ$ (рис. 3).

Нарушенность массива разломами

Горные условия рудника Жомарт в 4 раза тяжелее, чем в Жезказгане из-за большей глубины (в 2 раза) и меньшей крепости пород (в 2 раза). Поэтому проходка выработок очень часто (в ~4 раза чаще, чем в Жезказгане) осложняется (замедляется, удорожается) проявлениями горного давления – вывалами горной массы. Их основные причины:

- пересечение зон тектонических нарушений, по которым в горные выработки может поступать вода из вышележащих водоносных горизонтов; сероцветные алевролиты и аргиллиты при обводнении теряют прочность и устойчивость;

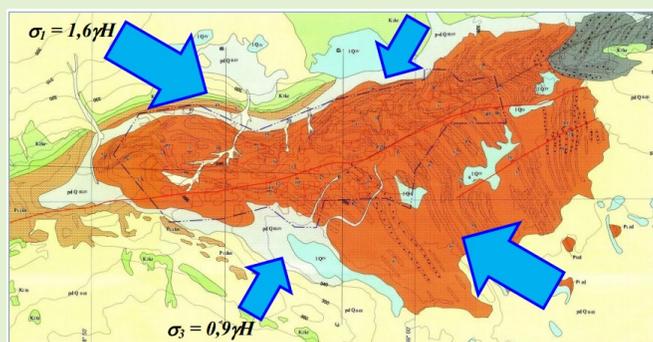


Рис. 3. Природное напряженное состояние массива месторождения Жаман Айбат по результатам натуральных измерений методом щелевой разгрузки [3] и тектонофизического анализа [4].

Сурет 3. Жаман Айбат кен орны массивінің табиғи кернеулі жай-күйі жарықшақты түсіру әдісімен заттай өлшеу нәтижелері бойынша [3] және тектонофизикалық талдау [4].

Figure 3. The natural stress state of the Zhaman Aybat deposit massif based on the results of field measurements by the method of slit unloading [3] and tectonophysical analysis [4].

- раздавливание пород в кровле выработок тектоническими напряжениями.

Поэтому при проектировании горных работ в поле рудника Жомарт 2 целесообразно не закладывать выработки: 1) по тектоническим разломам; 2) вкрест направления действия в массиве тектонических напряжений.

Чтобы пользоваться первым правилом и проектировать выработки вне тектонических разломов или их пересечение под большими (в идеале прямыми) углами, необходимо иметь прогнозные каркасы тектонических разломов. Чтобы соблюдать второе правило, надо знать направление действия тектонических напряжений: $\sigma_1 = 1,6 \gamma H$; $\sigma_3 = 0,9 \gamma H$.

По базе геомеханических данных из 399 разведочных скважин (98,7 км колонкового бурения), пробуренных компанией Казахмыс Эксплорэйшн в 2010-12 гг., на площади рудника Жомарт 2 структурными геологами компании в программе Leapfrog построена 3D блочная геомеханическая модель массива [4], включающая каркасы прогнозируемых тектонических разломов (рис. 4).

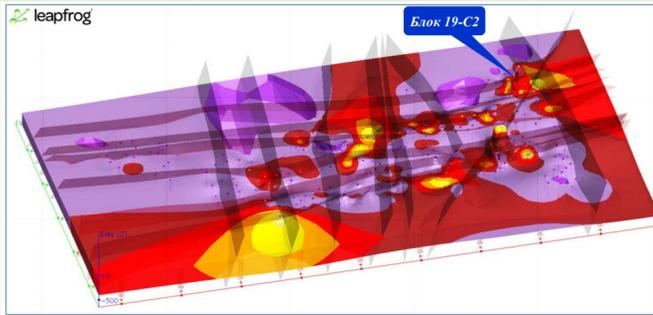


Рис. 4. Каркасы прогнозируемых тектонических нарушений в поле рудника Жомарт 2, построенные по базе данных геологической разведки с геомеханическим описанием керна.

Сурет 4. Жомарт 2 кенішіндегі болжамды тектоникалық бұзылулардың нәсілдері, геомеханикалық сипаттамасымен геологиялық барлау деректері бойынша салынған.

Figure 4. Frameworks of predicted tectonic disturbances in the field of the Jomart 2 mine, built using the database of geological exploration with a geomechanical description of the core.

Созданная геомеханическая модель массива с разломами в поле рудника Жомарт 2 передана в ГПИ для использования при проектировании.

Трещиноватость массива

По всем скважинам геологической доразведки велось геомеханическое описание керна с определением RQD и частоты трещин на 1 пог.м керна FF (Fracture Frequency = шт./м). Геомеханические параметры нарушенности массива трещинами определены почти по 32 тысячам интервалов.

Показатель нарушенности керна RQD – это отношение суммы длин кусков керна длиннее 10 см к общей длине керна. Высокие значения RQD означают низкую нарушенность массива, низкие значения – сильную нарушенность. Параметры RQD и FF являются обратными величинами: чем больше частота трещин FF, тем меньше RQD и наоборот.

При геомеханическом описании керна подсчитывалось количество трещин с углами наклона к оси керна в интервалах: $60^{\circ}\div 90^{\circ}$ (в Жомарте – это крутопадающие трещины, секущие керна вертикальных скважин под малыми углами); $30^{\circ}\div 60^{\circ}$ (наклонные); $0^{\circ}\div 30^{\circ}$ (пологие трещины напластования и Блок 19-С2 слоистости, секущие керна почти по нормали). В базе данных зафиксировано более 341 тыс. трещин. Их распределение по наклону к оси вертикального керна (углам падения Dip) показано на рис. 5. 80% от всех зарегистрированных трещин являются пологими поверхностями напластования и слоистости. Наклонных и крутопадающих трещин – примерно по 10%.

Бурение вертикальных разведочных скважин велось без ориентирования керна. Поэтому ориентировки систем трещин определены при ручном картировании подземных горных выработок.

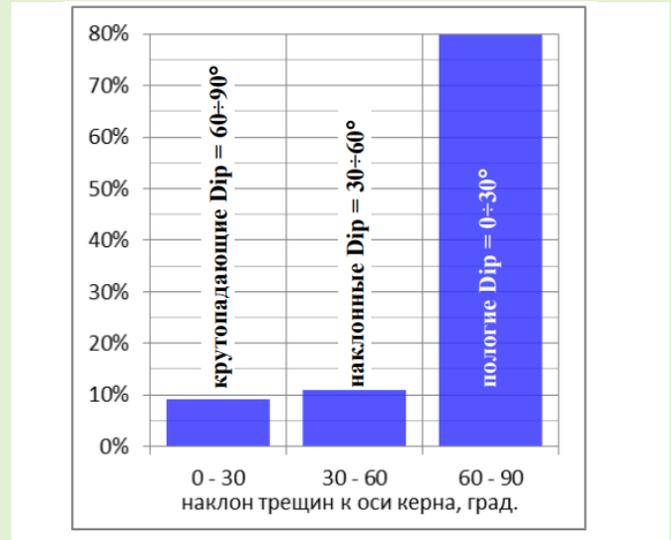


Рис. 5. Распределение трещин по углам падения Dip. Сурет 5. Dip түсу бұрыштары бойынша жарықтардың таралуы.

Figure 5. Crack distribution by Dip angle of incidence.

Съемка трещиноватости массива с помощью горного компаса проводилась в горизонтальных подготовительных выработках и целиках панелей 11,12, 40, 1 (в 2010 г.), 36 (в 2015 г.), 62, 63 (в 2016 г.), 76 в блоке 19-С2 (в 2017 г.). Сводная полярная диаграмма трещиноватости массива (joint = 89 шт.) приведена на рис. 6. На эту же диаграмму нанесены также элементы залегания задокументированных тектонических разломов (fault = 46 шт.).

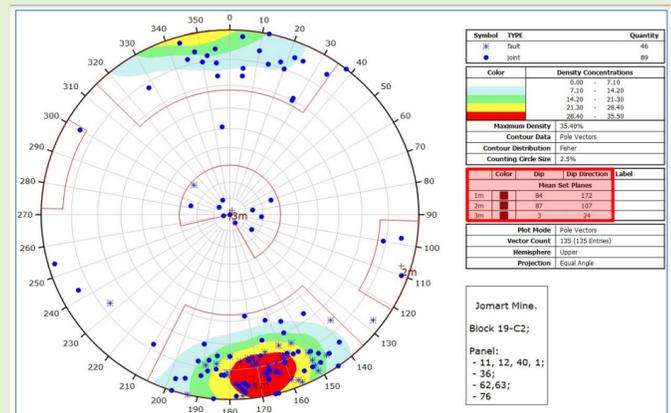


Рис. 6. Тектонические разломы (fault) и трещиноватость массива (joint).

Сурет 6. Тектоникалық ақаулар (fault) және массивтің жарылуы (joint).

Figure 6. Tectonic faults (fault) and fracturing of the massif (joint).

При картировании трещин в горизонтальных выработках «невидимыми» по принципу К. Терцаги оказываются пологие поверхности слоистости и напластования. Поэтому на диаграмме трещины данной системы (Set # 3 в центре диаграммы) представлены не очень явно, хотя по данным геомеханического описания керна

их удельный вес составляет 80% от общего количества трещин.

Из крутопадающих наиболее часто встречаются трещины субширотного простирания, падающие на север и юг (Set # 1). Аналогичное направление имеет и большинство вскрытых тектонических разломов. Это совпадает с направлением Азатской флексуры и Казыбекского глубинного разлома. Крутопадающие трещины субмеридионального простирания (Set # 2) встречаются гораздо реже. Средние значения углов (Dip) и азимутов падения (Dip Direction) основных систем трещин (Mean Set Planes) приведены на диаграмме в таблице, выделенной цветом [5-7].

Блочная модель трещиноватости массива

Для прогноза нарушенности массивов руды и непосредственной кровли создана 3D геомеханическая блочная модель массива с заполнением ее показателями RQD и FF. Пустая блочная модель массива создавалась с размерами материнского блока 50×50×1 м с коэффициентами субблокирования 12.5×12.5×0.5 м. Для интерполяции параметров трещиноватости между разведочными скважинами использован метод обратных расстояний (IDW), т.к. он позволяет выполнить оценку параметров массива горных пород с учетом взаимного расположения исходных данных. Данный метод является простым в применении и позволяет получить надежную оценку при ограниченном количестве данных.

Чтобы районировать по нарушенности массив рудной залежи 4-1, сделан субгоризонтальный разрез блочной модели RQD в поле рудника Жомарт 2 на отметках залегания руды (рис. 7).

Если в качестве постулата принять прочность руды в образце постоянной на всей площади залежи (т.к. у нас нет данных об ее изменчивости по площади), тогда распределение RQD по площади будет характеризовать прочность трещиноватого массива руды. Чем выше RQD, тем меньше нарушенность массива, тем крепче массив руды. И наоборот: на участках с низкими значениями RQD прочность массива руды понижена из-за сильной трещиноватости. Данную информацию можно будет использовать в дальнейшем при определении параметров систем разработки.

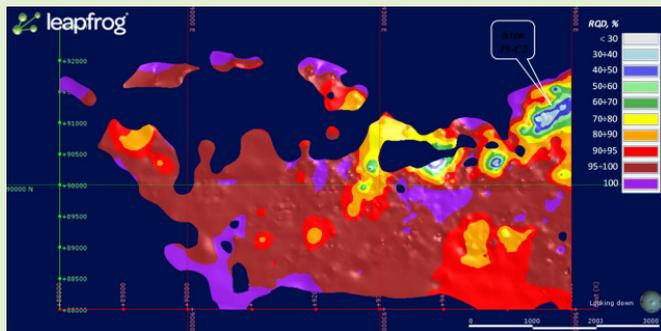


Рис. 7. Районирование шахтного поля Жомарт 2 по нарушенности (RQD) массива руды залежи 4-1.

Сурет 7. Жомарт 2 шахта алаңын 4-1 кенжар кен массивінің бұзылуы (RQD) бойынша аудандастыру.

Figure 7. Zoning of the Jomart 2 mine field by disturbance (RQD) of the ore deposit 4-1.

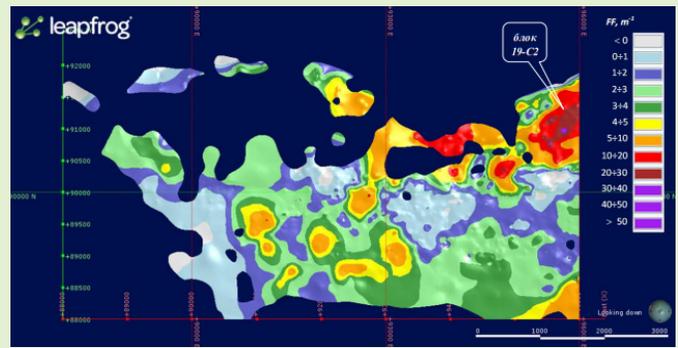


Рис. 8. Районирование шахтного поля Жомарт 2 по нарушенности (частота трещин FF) массива пород кровли залежи 4-1.

Сурет 8. Жомарт 2 шахта алаңын 4-1 депозиттік шатыр жыныстары массивінің бұзылуы (FF жарылу жиілігі) бойынша аудандастыру.

Figure 8. Zoning of the Jomart 2 mine field by disturbance (frequency of cracks FF) of the roof rock mass of the deposit 4-1.

Большая часть шахтного поля характеризуется низкой нарушенностью массива руды с RQD = 95÷100%. Более высокая нарушенность массива с RQD = 90÷70% наблюдается на северном фланге залежи, где проходит шарнир антиклинальной складки. Экстремально низкие значения RQD = 50÷30% (т.е. повышенная трещиноватость массива) выявлены в блоке 19-C2. Это связано с высокой плотностью пересекающихся тектонических разломов (см. рис. 4), по которым в шахту поступает вода из вышележащих водоносных горизонтов.

Для прогноза устойчивости камер каркас рудной залежи 4-1 поднят на 3 м выше в породы кровли. Субгоризонтальный разрез блочной модели FF по породам непосредственной кровли показан на рис. 8. Если принять среднюю частоту трещин FF = 3,4 шт/м, тогда можно районировать залежь 4-1 на участки с пониженной (FF < 3 шт/м) и повышенной (FF > 4 шт/м) нарушенностью пород кровли. Т.к. 80% трещин – это трещины слоистости, напластования, контакты (см. п. 4), то участки с высокой частотой трещин – это районы с тонкоплитчатым строением кровли. Например, в блоке 19-C2 наблюдается экстремально высокая частота трещин FF = 10÷40 шт/м [8].

Оценка жесткостей руды и вмещающей толщи пород

Для расчетов нагруженности целиков и процессов перераспределения горного давления при повторной разработке необходимо знать соотношение эквивалентных модулей деформации слоистого трещиноватого массива налегающей толщи и рудных залежей в условиях естественного залегания с учетом обводненности, наличия зоны выветривания у земной поверхности и других природных особенностей. Оценка жесткости природных массивов сделана по скоростям упругих продольных и поперечных волн (табл. 3), которые получены при сейсморазведке месторождения методом общей глубинной точки МОГТ [9, 10].

Таблица 3

Скорости упругих волн в массиве месторождения Жаман-Айбат

Кесте 3

Жаманай-Айбат кен орнының массивіндегі серпімді толқындардың жылдамдығы

Table 3

Elastic wave velocities in the Zhaman-Aybat deposit massif

глубина, м	V_p , м/с	V_s , м/с	коэффициент Пуассона	модуль упругости, МПа
Скважина 216				
63	2495		0,24	411
140	3800	2250	0,23	1053
343	4290	2510	0,24	1105
511	4900	2850	0,24	1289
Скважина 219				
23	1900		0,24	238
54	3848	2250	0,24	879
190	4356	2850	0,23	1389
340	4931	2900	0,24	1595
500	4932	2910	0,23	1680
Скважина 225				
63	3530	2100	0,23	972
135	4100	2400	0,24	1018
214	4240	2500	0,23	1229
279	4337	2550	0,24	1228
370	4337	2550	0,24	1228

По скорости упругой продольной волны рассчитан динамический модуль упругости массива:

$$E = V_p^2 * \frac{\gamma}{g} * \frac{1-v-2v^2}{1-v}, \quad (1)$$

где $\gamma = 2700 \text{ кг/м}^3$ – плотность толщи пород;

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$);

v – коэффициент Пуассона, который рассчитан по соотношению $a = V_p/V_s$ скоростей продольных V_p и поперечных волн.

$$V = \frac{a^2 - 2}{2(a^2 - 1)}. \quad (2)$$

Коэффициент Пуассона толщи пород постоянен и равен 0,24 с коэффициентом вариации всего 2%. Модуль упругости с глубиной постоянно увеличивается за счет затухания процессов выветривания и уплотнения пород с глубиной. Полученные результаты представлены на рис. 9.

Средний модуль упругости толщи переслаивающихся осадочных пород в интервале глубин $H = 0 \div 500 \text{ м}$ составляет $E_n = 1086 \text{ МПа}$. В интервале залегания рудных тел на глубинах более 500 м средний модуль упругости рудоносной толщи равен $E_{рм} = 1485 \text{ МПа}$. Соотношение модулей пород налегающей толщи и руды составляет $E_n/E_{рм} = 0,75$. Такое же соотношение модулей ранее было определено для условий Жезказганского месторождения. Это вполне объяснимо за счет общности геологического, структурного и литологического строения месторождений.

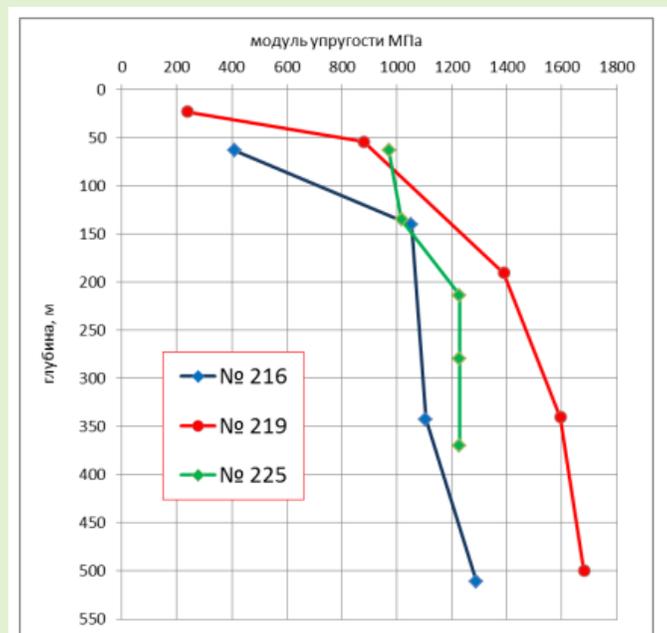


Рис. 9. Изменение модулей упругости пород с глубиной по данным сейсморазведки.

Сурет 9. Сейсмикалық барлау мәліметтері бойынша терендігі бар тау жыныстарының серпімділік модульдерін өзгерту.

Figure 9. The change in the elastic modulus of rocks with depth according to seismic data.

Результаты исследований

Соотнесем полученный результат с данными определения упругих свойств пород в образцах. По данным табл. 1 среднее значение модуля упругости пород рудоносной толщи в образцах равно $E_0 = 27$ ГПа. В массиве рудоносный динамический модуль упругости $E_{DM} = 1,5$ ГПа. Получает-

ся, что за счет трещиноватости модуль упругости массива меньше, чем в образцах, в 18 раз. В Жезказгане модули деформации в образце и в массиве различаются в 22 раза. Близость данных соотношений также объясняется близостью геологических условий месторождений, которые относятся к одному промышленному типу – медистых песчаников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горно-геологические условия и горно-технические особенности разработки месторождения Жаман-Айбат: отчет о НИР Карагандинского Политехнического Института, Караганда, 1990, 44 с. (на русском языке)
2. Макаров А.Б. Оценка природного напряженного состояния массива на руднике Жаман-Айбат. / А.Б. Макаров, Д.В. Мосякин, А.А. Карпиков. // Горный журнал. 2005. №9-10 (на русском языке)
3. Измерения напряженно-деформированного состояния горного массива на месторождении Жаман-Айбат: отчет Горного института УрО РАН, Пермь, 2013, 106 с. (на русском языке)
4. Рекомендации для проектирования выработок в поле рудника Жомарт 2. // ГТО ГПК Корпорации Казахмыс, 2018. – №04-3.1.4-9-287 (на русском языке)
5. Hock E., Carranza-Torres C., Corkum B. Критерий Хука-Брауна – издание 2002 года. // В трудах 5-го Североамериканского симпозиума по механике горных пород и 17-й Канадской ассоциации проходчиков: NARMS-TAC, Торонто, Канада, под ред. Р.Э. Хамма и др., 2002. – Т. 1. – С. 267-273 (на английском языке)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Применение и развитие метода геодинамического районирования по данным прогноза геодинамической опасности на угольных шахтах Китая. // Серия конференций IOP: Науки о Земле и окружающей среде, 2019. – Т. 221. – С. 1-8 (на английском языке)
7. Andrian Batugin, Valeria Musina, Irina Golovko. Анализ геодинамических условий района расположения горящих угольных отвалов. // Серия конференций IOP: Науки о Земле и окружающей среде, 2017. – Т. 95. – Вып. 4. – С. 1-8 (на английском языке)
8. Diomin V.F. Изучение влияния тектонических нарушений залегания угольных пластов на параметры крепления горных выработок анкерной крепью. / Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. // Научный вестник Национального горного университета. 2019. №5. С. 16-21 (на английском языке)
9. Zholmagambetov N. Обеспечение безопасного геомеханического состояния массива горных пород, окружающих горные выработки в Карагандинском угольном бассейне, Казахстан. / Zholmagambetov N., Khalikova E., Demin V., Balabas A., Abdrashev R., Suiintayeva S. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 17 (1). С. 74-83 (на английском языке)
10. Diomin V.F. Технология управления геомеханическими процессами для повышения устойчивости угольно-породного массива вокруг выработок. / Diomin V.F., Mussin R.A., Khalikova E.R., Zhutabekova A.E. // Труды университета, Караганда: КарГТУ. 2018. №3. С. 64-67 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жаманайбат кен орнын игерудің тау-геологиялық жағдайлары мен тау-кен техникалық ерекшеліктері: Қарағанды политехникалық институтының ҒЗЖ туралы есебі, Қарағанды, 1990, 44 б. (орыс тілінде)
2. Макаров А.Б. Жаманай-Айбат кенішіндегі массивтің табиғи кернеу жағдайын бағалау. / А.Б. Макаров, Д.В. Мосякин, А.А. Карпиков. // Тау журналы. 2005. №9-10 (орыс тілінде)
3. Жаманай-Айбат кен орнындағы тау алабының кернеулі-деформацияланған жай-күйін өлшеу. // Тау-кен институтының есебі УрО РАН, Пермь, 2013, 106 б. (орыс тілінде)
4. Жомарт 2 кенішіндегі қазбаларды жобалауға арналған ұсыныстар. // Қазақмыс корпорациясының тау кен өнеркәсіп кешенінің тау кен техникалық бөлімі, 2018. – №04-3.1.4-9-287 (орыс тілінде)
5. Hock E., Carranza-Torres C., Corkum B. Хук-Браун критерийі – 2002 жылғы басылым. // 5-ші Солтүстік Америка тау жыныстары механикасы симпозиумы мен 17-ші канадалық өткізгіштер қауымдастығының жазбаларында: Narms-TAC, Торонто, Канада, редакцияланған Р.Э. Хамма және басқалар, 2002. – Т. 1. – Б. 267-273 (ағылшын тілінде)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Қытай көмір шахталарында геодинамикалық қауіптілік болжамының деректері бойынша геодинамикалық

аудандастыру әдісін қолдану және дамыту. // IOP конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар, 2019. – Т. 221. – Б.1-8 (ағылшын тілінде)

7. Andrian Batugin, Valeria Musina, Irina Golovko. Жанып жатқан көмір үйінділерінің орналасу аймағының геодинамикалық жағдайларын талдау. // IOP конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар, 2017. – Т. 95. – Шығ. 4. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
8. Diomin V.F. Көмір қабаттарының пайда болуының тектоникалық бұзылыстарының тау-кен қазбаларын якорь бекіткішімен бекіту параметрлеріне әсерін зерттеу. / Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. // Ұлттық тау-кен университетінің Ғылыми хабаршысы. 2019. №5. – Б. 16-21 (ағылшын тілінде)
9. Zholmagambetov N. Қарағанды көмір бассейніндегі тау-кен қазбаларын қоршап тұрған тау жыныстары массивінің қауіпсіз геомеханикалық жай-күйін қамтамасыз ету, Қазақстан. / Zholmagambetov N., Khalikova E., Demin V., Balabas A., Abdrashev R., Suiintayeva S. // Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру. 2023. Т. 17 (1). Б. 74-83 (ағылшын тілінде)
10. Diomin V.F. Қазбалар айналасындағы көмір-жыныс массивінің тұрақтылығын арттыру үшін геомеханикалық процестерді басқару технологиясы. / Diomin V.F., Mussin R.A., Khalikova E.R., Zhumabekova A.E. // Университет еңбектері, Қарағанды: ҚарMTU. 2018. №3. Б. 64-67 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Gorno-geologicheskie usloviya i gorno-tekhnicheskie osobennosti razrabotki mestorozhdeniya Zhaman-Aibat: otchet o NIR Karagandinskogo Politehnicheskogo Instituta, Karaganda, 1990, 44 s. [Mining and geological conditions and mining technical features of the development of the Zhaman-Aybat deposit: report on the research work of the Karaganda Polytechnic Institute, Karaganda, 1990, 44 p.] (in Russian)
2. Makarov A.B. Otsenka prirodnogo napryazhennogo sostoyaniya massiva na rudnike Zhaman-Aibat. / Makarov A.B., Mosyakin D.V., Karpikov A.A. // Gornyi zhurnal. 2005. №9-10. S. [Makarov A.B. Assessment of the natural stress state of the massif at the Zhaman-Aybat mine. / Makarov A.B., Mosyakin D.V., Karpikov A.A. // Mining Magazine. 2005. №9-10 (in Russian)]
3. Izmereniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornogo massiva na mestorozhdenii Zhaman-Aibat: otchet Gornogo instituta Ural'skogo Otdeleniya Rossiiskoi Akademii Nauk, Perm', 2013, 106 s. [Measurements of the stress-strain state of the mountain range at the Zhaman-Aybat field: Report of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, 2013, 106 p.] (in Russian)
4. Rekomendatsii dlya proektirovaniya vyrabotok v pole rudnika Zhomart 2. // GTO GPK Korporatsii Kazakhmys, 2018, № 04-3.1.4-9-287 [Recommendations for the design of workings in the field of the Jomart 2 mine. // Mining Engineering Department of the Mining and Industrial Complex of Kazakhmys Corporation, 2018, №04-3.1.4-9-287] (in Russian)
5. Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. Hook-Brown Test – 2002 edition. // In Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium and the 17th Canadian Mining Association: NARMS-TAC, Toronto, Canada, ed. R.E. Hamma et al. 2002. –Vol. 1. – P. 267-273 (in English)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Application and Development of the Method of Geodynamic Zoning According to Geodynamic Hazard Forecasting at Coal Mines in China. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. – Vol. 221. – P. 1-8 (in English)
7. Andrian Batugin, Valeria Musina, Irina Golovko. Analysis of Geodynamical Conditions of Region of Burning Coal Dumps Location. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017. – Vol. 95. – Issue 4. – P. 1-8 (in English)
8. Diomin V.F. Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting. / Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. // Scientific Bulletin of the National Mining University. 2019. №5. P. 16-21 (in English)
9. Zholmagambetov N. Ensuring a safe geomechanical state of the rock mass surrounding the mine workings in the Karaganda coal basin, Kazakhstan. / Zholmagambetov N., Khalikova E., Demin V., Balabas A., Abdrashev R., Suiintayeva S. // Mining of Mineral Deposits. 2023. Vol. 17 (1). P. 74-83 (in English)
10. Diomin V.F. Technology of Controlling Geomechanical Processes for Increasing Stability of Coal-Rock Massive Around Workings. / Diomin V.F., Mussin R.A., Khalikova E.R., Zhumabekova A.E. // Proceedings of the University, Karaganda: Karaganda State Technical University. 2018. №3. P. 64-67 (in English)

Сведения об авторах:

Бахтыбаев Н.Б., кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), nurbol_1104@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9816-9765>

Альжанов Р.Х., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), Arvion_12@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-3751-8540>

Халикова Э.Р., PhD, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), Salyahova_e@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1501-8492>

Ефремова С.С., преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), svetik_1976@bk.ru; <https://orcid.org/0009-0001-2667-2599>

Авторлар туралы мәліметтер:

Бахтыбаев Н.Б., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Альжанов Р.Х., «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Халикова Э.Р., PhD, «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ефремова С.С., «Әбылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Bakhtybaev N.B., Candidate of Technical Sciences, Docent at the Department «Development of mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Al'zhanov R.Kh., Doctoral Student at the Department «Development of mineral Deposits» of the Non-Commercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Khalikova E.R., PhD, Senior lecturer of the Department of «Development of Mineral Deposits» of Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Efremova S.S., Lecturer at the Department «Development of mineral deposits» of the Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Smartgopro

GO DIGITAL EURASIA

Конференция + выставка в
формате живого общения
16-17 октября 2024