DOI 10.52209/1609-1825_2023_1_163 МРНТИ 52.13.19

Ертіс кенорнының тау жыныстарының сынғыштық коэффициенті және кернді дискілеу бойынша тау соққыларына бейімділігін бағалау

[1]**ТУНГУШБАЕВА Зухра Кыдыргазиновна,** *т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, zuhra06@mail.ru,*
[2]**АНАНИН Александр Иванович,** *т.ғ.к., директордың орынбасары, aia57@yandex.ru,*
[1]***НУРШАЙЫКОВА Гульнур Тлеубергенкызы,** *т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Ahmadievag@mail.ru,*
[1]**КЕНЕТБАЕВ Болат Сабитканович,** *аға оқытушы, bkenetbaev@mail.ru,*
[1]**ШАНЕНОВА Маржан Мухаметханқызы,** *оқытушы, 553538@mail.ru,*
[1]*«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,*
[2]*«ҚР МШКҚӨ ҰО» РМК филиалы «ВНИИцветмет», Қазақстан, Өскемен, Промышленная көшесі, 1,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Ертіс кенішінің терең горизонттарындағы (14 горизонттан төмен) массивтің кернеулі-деформацияланған жағдайына бағалау жүргізілді. Ертіс кен орнының кендері мен жыныстарының соққы қауіптілігіне бейімділігі кернді дискілеу және тау жыныстарының сынғыштығы бойынша бағаланды. Физика-механикалық қасиеттерді зерттеу Ертіс кенорнын игерудің барлық сатыларында жүргізілді. Соққы қауіптілік потенциалының деңгейлерінің диаграммасына енгізу үшін кенорнының кендері мен жыныстарының беріктілігін сығылуға және созылуға 136-дан астам анықтаулары бойынша іріктеу жасалды.*

Кілт сөздер: *тау соққылары, сынғыштық коэффициенті, кернді дискілеу, кернді дискілеу интервалы, кернеулер деңгейі, тау жыныстарының атқылауы, іліктастың пайда болуы, тау қысымы, соққы қауіптілігінің категориясы, потенциалдық энергиясы.*

Кіріспе. Тау соққыларына бейім кен орындарына (жерасты құрылыстарын салу объектілері) және жүктеме әсерінен сынғыш қирауға қабілетті жоғары серпімді қасиеттері бар жыныстар мен кендер шегіндегі тау жыныстарының массивтері немесе олардың бөліктері жатады, сондай-ақ кен орындары (жерасты құрылыстарын салу объектілері) немесе тау жыныстары атылған, қарқынды шыңдалған, сол кен денесінің шегінде және ұқсас геологиялық жағдайларда көршілес кеніште (шахтада) дүмпулер немесе тау соққысы болған олардың бөліктері жатады [1].

Тау соққылары геологиялық және тау-кен техникалық жағдайлардың белгілі бір үйлесімінде жүзеге асырылады, олардың негізгілері:

- массивте сығудың ықимал серпімді энергиясы және жүктеме арқылы сынғыш бұзылысқа қабілетті беріктілігі жоғары және серпімді жыныстардың болуы;
- массивтегі тау қысымының кернеулерінің концентрациясы тау-кен жұмыстарының әсерінен қысылу кезіндегі тау жыныстарының беріктілік шегіне жақындаған мәндерге дейін.

Көрсетілген факторлардың параметрлерін орнату – кенорнының ықтимал соққы қауіптілігін бағалаудың негізгі міндеті болып табылады.

Материалдар және зерттеу әдістері. Кендердің (жыныстардың) серпімді потенциалдық энергиясының жинақталуына және сынғыш бұзылуға бейімділігі, сондай-ақ қолданыстағы кернеулер деңгейінің жыныстардың беріктілік шегіне жақындылығы ұңғымаларды сақиналы қаптамалармен бұрғылау кезінде керннің дөңес-майысқан дискілерге бөліну әсері бойынша нақты анықталады [2].

Кернді дискілеу бойынша алынған ақпарат массив күйінің кешенді сипаттамасы болып табылады. Ол массивте әрекет ететін кеннің беріктілік қасиеттерін, оның сынғыштық дәрежесін және кернеулердің шамасын көрсетеді. Дискілердегі керннің бұзылу қасиеттері кендердің (жыныстардың) сынғыш бұзылуға бейімділігін, ал дискілердің қалыңдығы – массивтің кернеулілік деңгейін анықтайды. Қолданыстағы кернеу неғұрлым жоғары болса, дискілердің қалыңдығы соғұрлым аз болады. Кернді дискілеу бойынша массивтің соққы қауіптілігін болжау әдісі негізгі болып табылады [3].

Қазбаның айналасындағы массивтің соққы қауіптілігін болжау σ_{max} әсер ететін максималды

кернеулерінің шамасына және әсер ететін кернеулер өзінің максимумына жететін аршылымнан нүктеге дейінгі x_{max} қашықтығына сүйене отырып орындалады. Дискілердің қалыңдығы t бойынша массивке әсер ететін кернеулердің деңгейін σ анықтау үшін тәуелділік ұсынылады:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = 0,25 \cdot \left(\frac{t}{d}\right)^{-0,79},$$

мұнда σ_0 – үлгідегі кен (жыныстың) біросьті сығылуға беріктілігі, МПа;

d – керннің диаметрі, мм.

Диск қалыңдығының керн диаметріне қатынасы 1-суретте келтірілген.

Егер бақылау ұңғымаларын қазбаның контурынан x тереңдікте бұрғылау кезінде кернді дискілеу байқалса, соққы қауіптілігі санатын 1-суретте көрсетілген өлшем бойынша келесі тәртіппен анықтайды [4]:

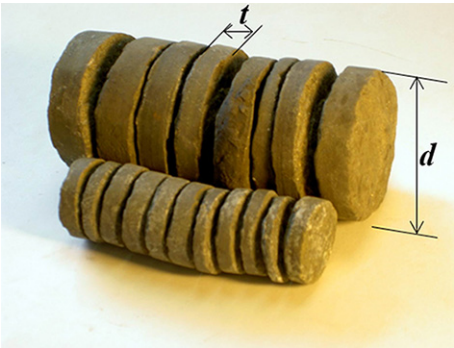
• дискілер қалыңдығының Керн диаметріне қатынасы бойынша t/d, жоғарыда келтірілген формула бойынша қазбаның контурынан x тереңдіктегі массивте әрекет ететін σ/σ_0 салыстырмалы кернеулердің шамасын анықтайды;

• x/h параметрлері бойынша (мұнда h – қазбаның биіктігі) және σ/σ_0 диаграммасына (5-сурет) нүкте салынады [5]. Табылған нүкте соққы қауіптілігінің өлшемі болып табылатын қисықтан жоғары немесе төмен болуы мүмкін;

• егер табылған нүкте қисық сызықтан жоғары болса, онда массивке *«Қауіпті»* санаты беріледі; егер табылған нүкте қисық сызықтан төмен аймақта болса, онда массив категориясы *«Қауіпті емес»*.

Кернді дискілеу фактілері бойынша жоғарыда сипатталған әдістеме бойынша массивтің соққы қауіптілігіне болжам жасалды (2-сурет).

Нәтижелері және оларды талқылау. Ертіс кенорнында 2020 ж. соққы қауіптілігін болжау үшін 14-ші горизонтта диаметрі 42 мм кернді таңдау арқылы жалпы ұзындығы 2431 қ. метр болатын 32 ұңғыма бұрғыланды.



1-сурет – Диск қалыңдығының керн диаметріне қатынасы

Төмендегі 3, 4 суреттерде 14-ші горизонттағы керн дискісі бар учаскелерді айқындау арқылы барлау керннің фоталары келтірілген [6, 7]:

• 1-ші учаске – 70 метрде;

• 2-ші учаске – 72 метрде.

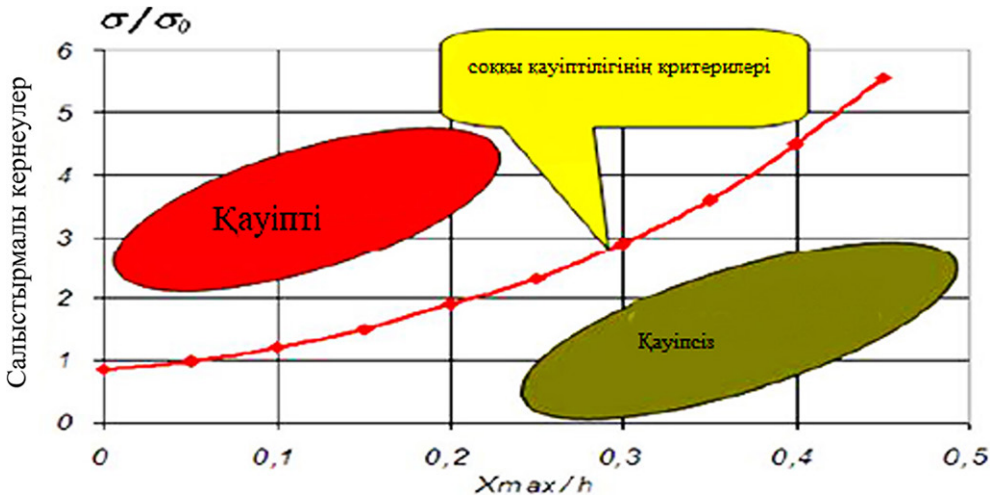
Кернді дискілеу бойынша деректерді өңдей отырып, керн жәшіктерін цифрлау жүргізілді. Төменде 1-ші кестеде анықталған екі учаске бойынша қолданыстағы кернеулер деңгейін есептеу нәтижелері келтірілген.

Төмендегі 5, 6 суреттердегі диаграммаларда дискілердің қалыңдығы / диаметрінің қолданыстағы кернеу деңгейіне қатынасы көрсетілген.

Дискілеудің 2 интервалының екеуі де «қауіпті емес» санатын көрсетті [8].

Тау жыныстарының сынғыштық коэффициенті бойынша тау соққыларына бейімділігін бағалау

Тау жыныстарының құлау модулін анықтамай тау соққыларына бейімділігін бағалау үшін сынғыштық коэффициенті қолданылады $K_{хр} = UCS/UTS$. Тау соққыларына тау жыныстарының бейімділік критериі $K_{хр} \geq 10$. Бұл критерий Гриффитстің сынғыш бұзылу критериінің салда-



2-сурет – Соққы қауіптілігінің критерилері

1-кесте – Қолданыстағы кернеулер деңгейін есептеу нәтижелері

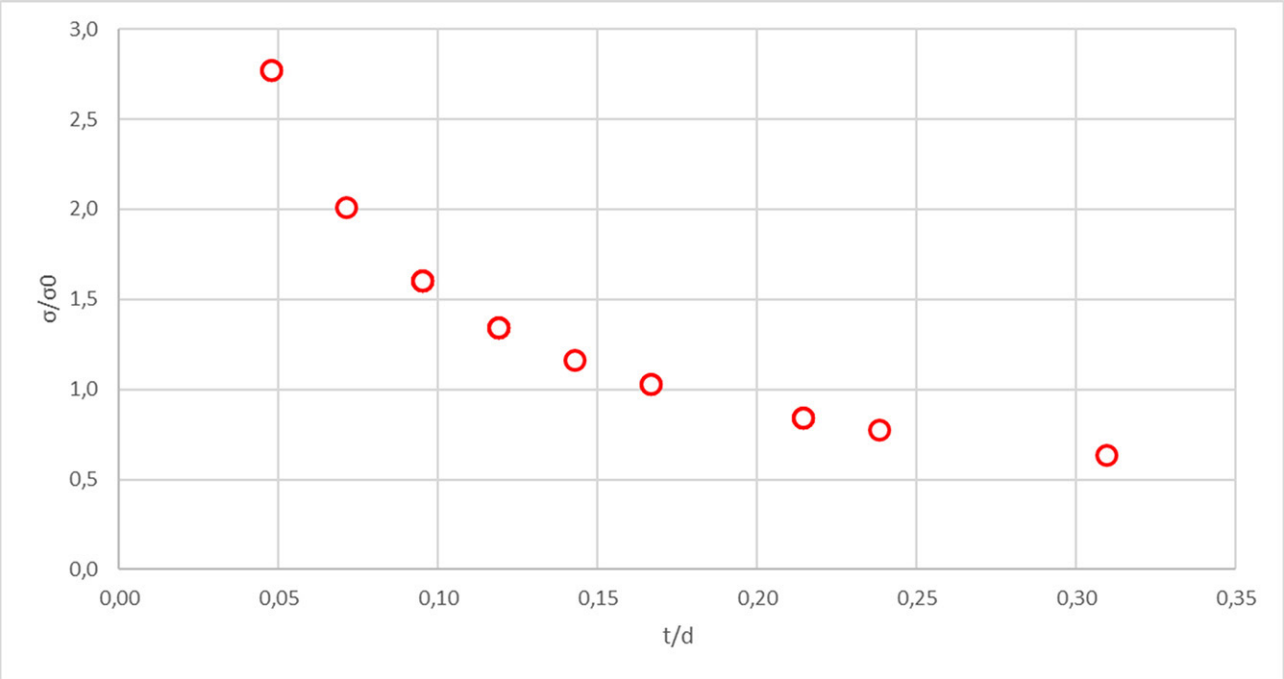
1-ші учаске – 70 метр	t, мм	d, мм	σ/σ_0	2-ші учаске – 72 метр	t, мм	d, мм	σ/σ_0
	2	42	2,8		3	42	2,0
	5	42	1,3		5	42	1,3
	6	42	1,2		7	42	1,3
	9	42	0,8		3	42	2,0
	4	42	1,6		5	42	1,3
	9	42	0,8		2	42	2,8
	3	42	2,0		4	42	1,6
	4	42	1,6		2	42	2,8
	12	42	0,6		4	42	1,6
	2	42	2,8		2	42	2,8
	9	42	0,8		5	42	1,3
	10	42	0,8		7	42	1,0
	7	42	1,0		3	42	2,0
	7	42	1,0		3	42	2,0
	5	42	1,3				
	5	42	1,3				
	5	42	1,3				
	4	42	1,6				
	4	42	1,6				

3-сурет – Кернді дискілеу интервалы 70 метрде

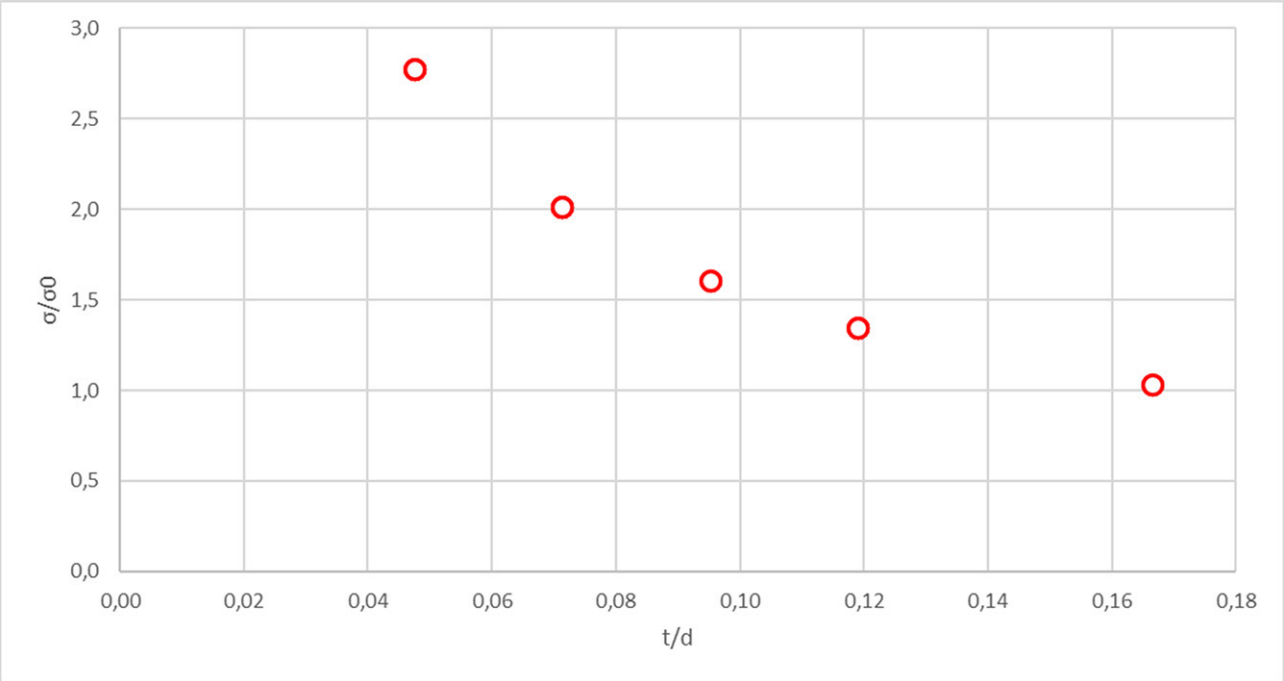
ры болып табылады [8]. Осыған сәйкес созылу кернеулерінің әрекеті жағдайында сығылу мен үзілу кезіндегі беріктіліктің қатынасы UCS/UTS = 8-ге тең болуы керек; көлемді қысу жағдайында – UCS/UTS = 12. UCS/UTS ≥ 10 сынғыштық коэффициенті кезінде тау жыныстарының сынғыштық бұзылу жағдайында орташа мәні тұжырымдалады.

Канададағы тау соққыларының бағдарламасы (Canadian Rockburst Program) бойынша көпжылдық ауқымды зерттеулердің нәтижелері [8] тау соққыларының қауіптілігін (Rockburst Severity) тау жыныстарының беріктілігінің бір осьті сығылу UCS кезінде және UCS/UTS сынғыштық коэффициентін бір уақытта ескеретін соққы қауіптілігінің

4-сурет – Кернді дискілеу интервалы 72 метрде



5-сурет – 1-ші учаске бойынша диаграмма



6-сурет – 2-ші учаске бойынша диаграмма

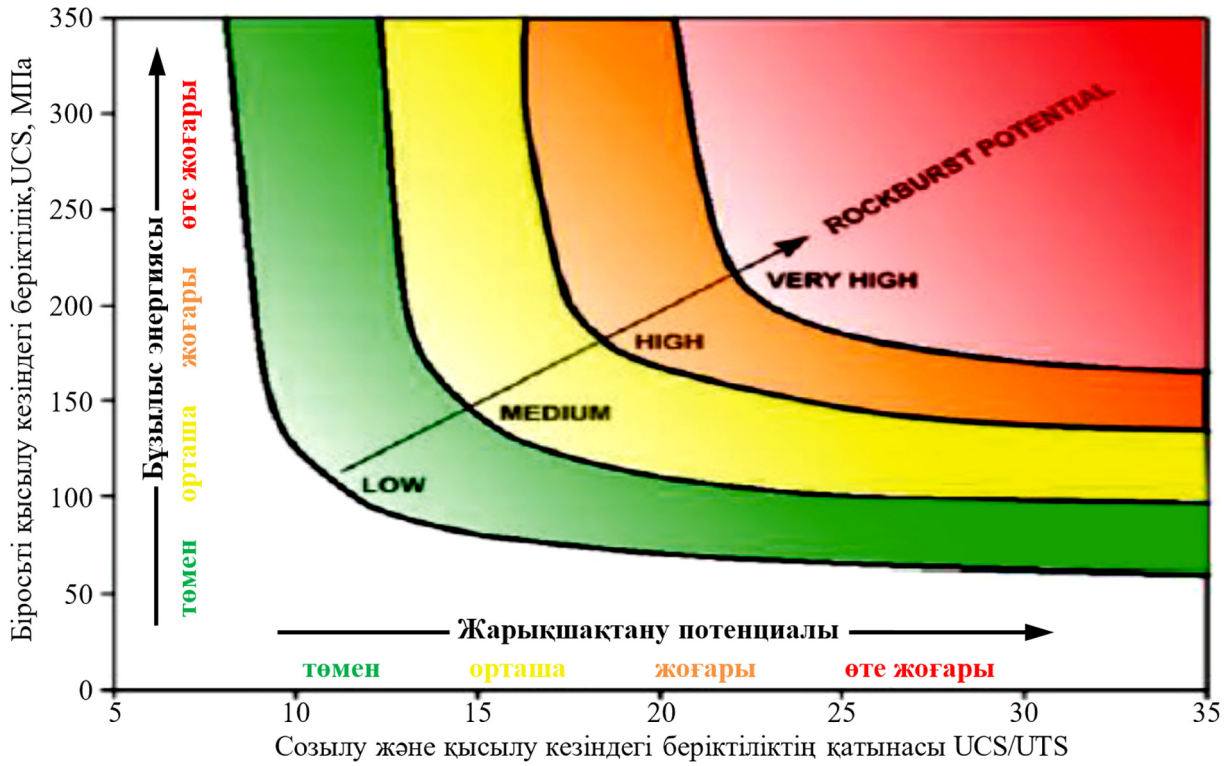
потенциалымен (Rockburst P) бағалау орынды екенін көрсетті. UCS беріктілігі олардың бұзылу кезінде тау жыныстарында жинақталатын энергияны анықтайды. Беріктілік неғұрлым жоғары болса, серпімді деформациялардың жинақталған энергиясы соғұрлым жоғары болады, бұзылу кезінде энергияның бөлінуі соғұрлым жоғары болады, тау жыныстарының шығарылуы, ыдырауы түріндегі бұзылыстардың динамикалық әсері соғұрлым күшті болады.

UCS/UTS сынғыштық коэффициенті бөліну (spallingpotential) нәтижесінде тау жыныстарының жұқа тақталарын жару арқылы тау жыныстарының потенциалын (бейімділігін) сипаттайды. Тау жыныстарының соққы қауіптілігінің потенциалын анықтау үшін 7-суретте көрсетілген диаграмма ұсынылған [9].

Физика-механикалық қасиеттерді зерттеу Ертіс кенорнын игерудің барлық сатыларында жүргізілді. Соққы қауіптілік потенциалының деңгейлерінің диаграммасына енгізу үшін кенорнының кендері мен жыныстарының беріктілігін сығылуға және созылуға 136-дан астам анықтаулары бойынша іріктеу жасалды. 2-кестеде сығылу кезіндегі кендер мен тау жыныстардың беріктілігі бойыша жалпылама мәліметтер келтірілген [10].

8-суретте Ертіс кен орнының кендері мен жыныстарының соққы қауіптілігі потенциалының (дәрежесінің) деңгейлерін диаграммаға енгізілген жалпыланған деректері бар диаграмма келтірілген.

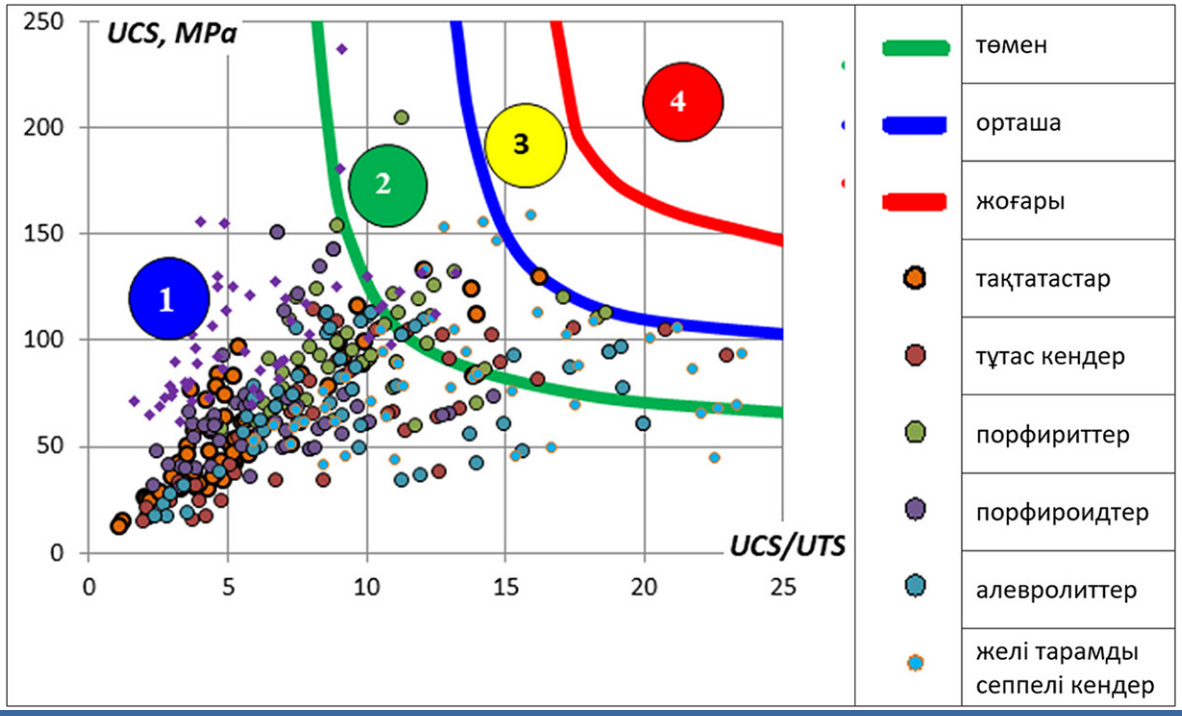
Ертіс кен орнының кендері мен жыныстарының соққы қауіптілік дәрежесінің диаграммасында таралуы 9-суретте көрсетілген.



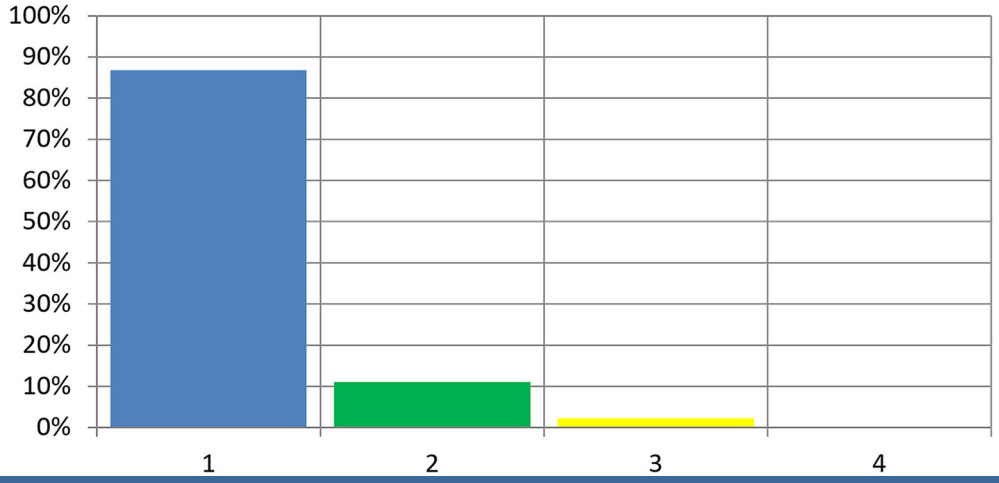
7-сурет – Соққы қауіптілік потенциалының деңгейлерінің диаграммасы (RockburstPotential: LOW – төмен, MEDIUM – орташа, HIGH – жоғары, VERYHIGH – өте жоғары) тау жыныстарының сынғыштығына байланысты

2-кесте – Ертіс кенорнының кендері мен жыныстарының біросьті сығылуға беріктілігі

Көрсеткіштер	Жыныстар
Сыналған үлгілердің саны	394
Үлгілердегі сығылу кезіндегі орташа беріктік, МПа	77
Беріктіліктің стандартты ауытқуы, МПа	45
Беріктіліктің вариация коэффициенті, %	21
Үлгілердегі серпімділік модулі, $E*10^5$ кг/см^2	7,3
Пуассон коэффициенті	0,20
GSI массивтерінің геологиялық беріктілік индексі	75



8-сурет – Ертіс кен орны тау массивінің соққы қауіптілігінің потенциалын (дәрежесін) сынғыштық коэффициенті бойынша бағалау



9-сурет – Ертіс кен орнының кендері мен жыныстарын соққы қауіптілік дәрежесі бойынша бөлу (1 – төменгі потенциал; 2 – орташа потенциал; 3 – жоғары потенциал)

Диаграммадағы нүктелердің көп бөлігі (87%) соққы қауіптілігінің потенциалы жоқ 1-ші аймаққа (жасыл сызықтан төмен) түседі. Бұл аймақта тау жыныстарының беріктілігі бұзылған кезде серпімді деформациялардың үлкен потенциалдық энергиясын жинақтау үшін жеткіліксіз, немесе сынғыштық коэффициенті динамикалық түрде бұзылуға жеткіліксіз.

2-ші аймақта (жасыл және көк сызықтар арасында) потенциал деңгейі төменнен орташаға дейінгі барлық нүктелердің 11% құрайды.

Нүктелердің тек 2%-ы соққы қауіптілігінің орташа потенциалын көрсетті (көк және ` кендер.

Қорытынды:

- орта есеппен Ертіс кенорны жыныстарының 87% соққы қауіптілігінің энергетикалық потенциалына ие емес;

- Ертіс кенорны жыныстарының 11% соққы қауіптілігінің орташа потенциалына ие (жолақты-сеппелі кендер, тақтатас, порфириттер, кварциттер, алевролиттер);

- тау жыныстарының 2%-ы жоғары потенциалға ие және олардың массивінде төменгі энергетикалық деңгейіндегі динамикалық құбылыстар болуы мүмкін (қабыршақтану, ату және қарқынды шашырау).

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Отчёт о НИР «Разработка указаний по безопасному ведению горных работ на участках Иртышского месторождения, склонных к горным ударам» ТОО «Альянс». – Караганда, 2016.
2. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года. – 437 с.
3. Отчет о НИР «Геомеханическая оценка горнотехнической ситуации при разработке Иртышского месторождения и выдача рекомендаций по безопасному ведению горных работ». ТОО «Expert PRO», Этап I «Обследование и анализ состояния ведения горных работ на Иртышском руднике». – Усть-Каменогорск, 2015.
4. Ananin A.I., Barilyuk A.I., Ryshkel I.A., Gultyaev V.G., Kolobov V.G., Faustov S.I. (2002) Method of stowing massif formation. Provisional patent of the Republic of Kazakhstan No. 14567 Bulletin 'PS' No. 7 (2002) (in Eng.).
5. Отчет о НИР «Геомеханическая оценка горнотехнической ситуации при разработке Иртышского месторождения и выдача рекомендаций по безопасному ведению горных работ». ТОО «Expert PRO», Этап II «Определение природного напряжения состояния массива». – Усть-Каменогорск, 2015.
6. Отчет о НИР «Геомеханическая оценка горнотехнической ситуации при разработке Иртышского месторождения и выдача рекомендаций по безопасному ведению горных работ». ТОО «Expert PRO», Этап V «Заключение с обоснованием практических рекомендаций по обеспечению безопасных условий выемки руды ниже уровня 13 горизонта». – Усть-Каменогорск, 2015.
7. Krupnik, L.A., Shaposhnik, Y.N., Shaposhnik, S.N., Nurshaiykova, G.T., Tungushbaeva, Z.K. (2017) Technology of Backfill Preparation Based on Cement-and-Slag Binder in Orlov Mine., Journal of Mining Science, 2017, 53(1), pp. 77-83. DOI:10.1134/S1062739117011872; (in Eng.).
8. Отчет о НИР «Геомеханическая оценка горнотехнической ситуации при разработке Иртышского месторождения и выдача рекомендаций по безопасному ведению горных работ». ТОО «Expert PRO», Этап IV «Количественная и качественная характеристика напряженно-деформированного состояния массива пород (существующей горнотехнической ситуации) в этажах 11-15 горизонтов Иртышского месторождения». – Усть-Каменогорск, 2015.
9. Kump D., Arnold T. Underhand Cut-and-Fill at the Barrick Bullfrog Mine, Underground Mining Methods, pp. 345-350 (in Eng.).
10. Makarov, A.B., Ananin, A.I., Mosyakin, D.V. Weakening of failed rocks and sinking conditions. Gornyi Zhurnal, 2017, (3), pp. 32-36. DOI:10.17580/gzh.2017.03.06 (in Eng.).

Оценка склонности пород Иртышского месторождения к горным ударам по дискованию керна и коэффициенту хрупкости

[1]***ТУНГУШБАЕВА Зухра Кыдыргазиновна,*** *к.т.н., ассоциированный профессор, zuhra06@mail.ru,*
[2]***АНАНИН Александр Иванович,*** *к.т.н., зам. директора, aia57@yandex.ru,*
[1]****НУРШАЙЫКОВА Гульнур Тлеубергенкызы,*** *к.т.н., ассоциированный профессор, Ahmadievag@mail.ru,*
[1]***КЕНЕТБАЕВ Болат Сабитканович,*** *старший преподаватель, bkenetbaev@mail.ru,*
[1]***ШАНЕНОВА Маржан Мухаметханқызы,*** *преподаватель, 553538@mail.ru,*
[1]*НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,*
[2]*Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. Промышленная, 1,*

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Проведена оценка напряженно-деформированного состояния массива на глубоких горизонтах (ниже 14 горизонта) Иртышского рудника. Оценена склонность руд и пород Иртышского месторождения к удароопасности: по дискованию керна и по хрупкости горных пород. Исследования физико-механических свойств проводились на всех стадиях освоения Иртышского месторождения. Для внесения в диаграмму уровней потенциала удароопасности сделана выборка по более 136 определениям прочности руд и пород месторождения на сжатие и растяжение.*

Ключевые слова: *горные удары, коэффициент хрупкости, дискования керна, интервал дискования кернов, уровень напряжений, стреляние пород, заколообразование, горное давление, категория удароопасности, потенциальная энергия.*

Assessment of the Propensity of Rocks of the Irtysh Deposit to Rock Impacts by Core Disking and by the Brittleness Coefficient

[1]***TUNGUSHBAYEVA Zukhra,*** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, zuhra06@mail.ru,*
[2]***ANANIN Alexander,*** *Cand. of Tech. Sci., Deputy Director, aia57@yandex.ru,*
[1]****NURSHAIYKOVA Gulnur,*** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Ahmadievag@mail.ru,*
[1]***KENETBAYEV Bolat,*** *Senior Lecturer, bkenetbaev@mail.ru,*
[1]***SHANENOVA Marzhan,*** *Teacher, 553538@mail.ru,*
[1]*NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,*

[2]*Branch of RSE «NC IPMRM RK» «VNIItsvetmet», Kazakhstan, Oskemen, Promyshlennaya Street, 1,*

**corresponding author.*

Abstract. *An assessment of the stress-strain state at deep (below horizon 14) of the Irtysh mine has been carried out. The propensity of ores and rocks of the Irtysh deposit to rock burst hazard is estimated: by disking of core and fragility of rocks. Studies of physical and mechanical properties were carried out at all stages of the development of the Irtysh deposit. In order to include in the diagram the levels of the impact potential, a sample was made for more than 136 definitions of the compressive and tensile strength of ores and rocks of the deposit.*

Keywords: *rock impacts, brittleness coefficient, core disking, core disking interval, voltage level, rock firing, rock formation, rock pressure, impact hazard category, potential energy.*

REFERENCES

1. Otchjot o NIR «Razrabotka ukazanij po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot na uchastkah Irtyshskogo mestorozhdenija, sklonnyh k gornym udaram» TOO «Al'jans». – Karaganda, 2016.
2. Pravila obespechenija promyshlennoj bezopasnosti dlja opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov, vedushhih gornye i geologorazvedochnye raboty. Prikaz Ministra po investicijam i razvitiju Respubliki Kazahstan ot 30 dekabrja 2014 goda. – 437 p.
3. Otchet o NIR «Geomehanicheskaja ocenka gornotehnicheskoj situacii pri razrabotke Irtyshskogo mestorozhdenija i vydacha rekomendacij po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot». TOO «Expert PRO», Jetap I «Obsledovanie i analiz sostojanija vedenija gornyh rabot na Irtyshskom rudnike». – Ust'Kamenogorsk, 2015.
4. Ananin A.I., Barilyuk A.I., Ryshkel I.A., Gultyaev V.G., Kolobov V.G., Faustov S.I. (2002) Method of stowing massif formation. Provisional patent of the Republic of Kazakhstan No. 14567 Bulletin 'PS' No. 7 (2002) (in Eng.).
5. Otchet o NIR «Geomehanicheskaja ocenka gornotehnicheskoj situacii pri razrabotke Irtyshskogo mestorozhdenija i vydacha rekomendacij po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot». TOO «Expert PRO», Jetap II «Opredelenie prirodnogo naprjazhenija sostojanija massiva». – Ust'-Kamenogorsk, 2015.
6. Otchet o NIR «Geomehanicheskaja ocenka gornotehnicheskoj situacii pri razrabotke Irtyshskogo mestorozhdenija i vydacha rekomendacij po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot». TOO «Expert PRO», Jetap V «Zakljuchenie s obosnovaniem prakticheskih rekomendacij po obespecheniju bezopasnyh uslovij vyemki rudy nizhe urovnja 13 gorizonta». – Ust'-Kamenogorsk, 2015.
7. Krupnik, L.A., Shaposhnik, Y.N., Shaposhnik, S.N., Nurshaiykova, G.T., Tungushbaeva, Z.K. (2017) Technology of Backfill Preparation Based on Cement-and-Slag Binder in Orlov Mine., Journal of Mining Science, 2017, 53(1), pp. 77-83. DOI:10.1134/S1062739117011872; (in Eng.).
8. Otchet o NIR «Geomehanicheskaja ocenka gornotehnicheskoj situacii pri razrabotke Irtyshskogo mestorozhdenija i vydacha rekomendacij po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot». TOO «Expert PRO», Jetap IV «Kolichestvennaja i kachestvennaja harakteristika naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija massiva porod (sushhestvujushhej gornotehnicheskoj situacii) v jetazhah 11-15 gorizontov Irtyshskogo mestorozhdenija». – Ust'-Kamenogorsk, 2015.
9. Kump D., Arnold T. Underhand Cut-and-Fill at the Barrick Bullfrog Mine, Underground Mining Methods, pp. 345-350 (in Eng.).
10. Makarov, A.B., Ananin, A.I., Mosyakin, D.V. Weakening of failed rocks and sinking conditions. Gornyi Zhurnal, 2017, (3), pp. 32-36. DOI:10.17580/gzh.2017.03.06 (in Eng.).