

Код МРНТИ 52.13.15

M.Zh. Balpanova<sup>1</sup>, \*A.E. Kuttybayev<sup>2</sup>, D.K. Takhanov<sup>3</sup>, A.B. Zhiembayev<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Abylka Saginov Karaganda Technical University NJSC (Karaganda, Kazakhstan),  
<sup>2</sup>K.I. Satpayev Kazakh National Technical University (Almaty, Kazakhstan),  
<sup>3</sup>Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan)

## CONDITIONS OF THE OVERLAYING STRATUM COLLAPSE WITH OUTCROP DURING REMINING THE ZHAMAN-AYBAT DEPOSIT

**Abstract.** The paper presents the results of studying the stress-strain state of the overlying rock massif in the room-and-pillar mining system with subsequent extraction of inter-chamber pillars at the Zhomart-2 mine. Calculations have been modeled using the RS2 program with the worked-out space width of 100 m, 150 m, 200 m, 300 m, 350 m and 400 m. The obtained data have been compared with the results of seismic exploration. Having compared the results of modeling the collapse of the overlying strata above the areas of remaining with the results of seismic exploration, it has been concluded that they have practical similarities, and this model can be used for further modeling to determine the conditions for the complete undermining of the overlying strata of the earth's surface and to identify the pattern of formation of the collapse arch from the equivalent span of undermining.

**Key words:** rock massif, sliding surface, complete subsidence, mined-out space, deformation, numerical modeling, arch of natural equilibrium, displacement.

### Жаман-Айбат кен орнын кен орнын қайта өндіру кезінде жер бетіне шығатын іргелес қалыңдықтың опырылу шарты

**Андатпа.** Мақалада Жомарт-2 кеніші жағдайында кенді бірінші кезекте камералы бағанды қазу жүйесімен өндіріп, және екінші кезекте кентіректерді қайта қазып алғаннан кейін кеншоғырдан жоғары жатқан таужыныс қабатының кернеуленіп-деформациялану күйін зерттеудің нәтижелері келтірілген. Есептеулер RS2 бағдарламасының көмегімен өндірілген кеңістіктің ені 100 м, 150 м, 200 м, 300 м, 350 м және 400 м жағдайлары модельденді, сонымен бірге алынған деректерді сейсмикалық барлау нәтижелерімен салыстыру жүргізілді. Қайта өндіру учаскелерінің үстіндегі қабаттың құлауын модельдеу нәтижелерін сейсмикалық барлау нәтижелерімен салыстыра отырып, олардың практикалық ұқсастықтары бар деген қорытынды жасауға болады және бұл модельді жер бетінің толық өндірілу шарттарын анықтау және эквивалентті аралықтан опырылу күмбездің пайда болу заңдылықтарын анықтау мақсатында одан әрі модельдеу үшін пайдалануға болады.

**Түйінді сөздер:** таужыныстар массиві, сырғу бет, толық отыру, кені алынған кеңістік, деформация, сандық модельдеу, тепе-теңдік шатыры, сырғу.

### Условие обрушения налегающей толщи с выходом на поверхность при повторной разработке месторождения Жаман-Айбат

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследования напряженно-деформированного состояния налегающей толщи пород при камерно-столбовой системе разработки с последующим извлечением междуканнерных целиков на руднике Жомарт-2. Расчеты для горно-геологических условий рудника Жомарт-2 были смоделированы с помощью программы RS2, при ширине выработанного пространства 100 м, 150 м, 200 м, 300 м, 350 м и 400 м и проведено сопоставление полученных данных с результатами сейсморазведки. Сравнив результаты моделирования обрушения налегающей толщи над участками повторных отработок с результатами сейсморазведки, можно сделать вывод, что они имеют практическое сходство, и данная модель может быть использована для дальнейшего моделирования с целью определения условия полной подработки налегающей толщи земной поверхности и выявления закономерности образования свода обрушения от эквивалентного пролета подработки.

**Ключевые слова:** массив горных пород, поверхность скольжения, полная посадка, выработанное пространство, деформация, численное моделирование, свод естественного равновесия, сдвигание.

### Introduction

Since the ore reserves of the Zhomart-1 section of the Zhaman-Aybat deposit are being developed using the old technological parameters of the room-and-pillar mining system, the reserves in the left pillars are currently being re-developed. At the same time, since the Zhomart-1 deposit has very few minable reserves, the main promising area is the Zhomart-2 deposit. Here, deposits 5-III, 4-III, 4-II, 3-IV are being developed; if they are established in geological order, they are called geological calculation block 56-C2 [1]. Geological calculation block 56-C2 is located on the eastern (upper) flank of the Zhomart mine field at elevations of -95...-100 m. The occurrence depth is  $H = 460$  m. The thickness of deposits 4-I, 3-VI varies from 2 to 14 m. The occurrence of deposits is almost horizontal. The aim of this work is to provide geomechanical support for the efficient and safe mining of panels 21, 22, 23.

The estimates of the natural stress field at the Zhomart mine are given in [1, 2]. According to them, on the eastern flank of the deposit, the maximum tectonic stresses  $\sigma_1 = 1.6\gamma H$  act with the azimuth of  $108^\circ \leftrightarrow 288^\circ$ . In the perpendicular direction, there act minimum horizontal stresses  $\sigma_3 = 0.9\gamma H$ .

The work carried out to determine the collapse zones of the overlying strata using seismic exploration technologies helped to understand the idea of the deep structure of the rock massif at the Zhomart mine [3]. This work also provid-

ed all the necessary data on the actual positions of the collapse zones above the pillars worked out by repeated mining to understand the process of collapse of the overlying strata. Summarizing, it can be said that as a result of the analysis of the seismic materials of the CDPM-2D have been used within the Zhomart mine site, structural data have been obtained for the studied depth interval (400-800 m). The information presented in the dynamic interpretation makes it possible to identify tectonic deviations and structural floors that have been identified based on seismic exploration data. As a result of studying the seismic observation data, the information has been obtained of the zones where the collapse occurs that have qualitatively been distinguished [4]. Then, by means of the BABO method, by superimposing the curved lines of the sliding surfaces on the geological sections, deformation zones have been identified in the overlying strata on the worked-out panels 1, 39, 40, 41, 42, 43 of deposit 4 – I [5], and compared with the results of seismic exploration (Table 1) [6]. The width of the required space that ensures complete subsidence of the earth's surface during the caving of the ore at the depth of 430 m, is 394 meters. This means that  $H < 1.09L_0$  or  $L_0 > H/1.09$  [7]. Thus, it turns out that the arch parameters determined by the BABO method and the values obtained from the results of seismic exploration coincide.

*Collapse zones identified by the seismic exploration data*  
*Сейсмикалық барлау деректері бойынша бөлінген құлау аймақтары*  
*Зоны обрушений, выделенные по данным сейсморазведки*

*Table 1*  
*Кесте 1*  
*Таблица 1*

No	Panel number	Profile pickets	Absolute elevation mark of the collapse zone, m	Subsidence amplitude, m
Profile II				
1	Panel 49-51	1050-1120	-195	9
2	Panel 47-48	1154-1203	-119	9
3	Panel 47-48	1178-1217	40	10
4	Panel 44-46	1215-1280	-124	8
5	Panel 43-45	1252-1338	-58	14
6	Panel 42-44	1297-1370	-158	7
7	Panel 42-44	1300-1365	41	9
8	Panel 42-43	1376-1450	-250	10
9	Panel 39-40	1376-1452	-249	9
10	Panel 39-41	1400-1470	-122	7
11	Panel 2-39	1480-1532	-123	5
Profile III				
12	Panel 61-64	986-1200	-40	14
13	Panel 64	1150-1237	-113	6
14	Panel 61	1151-1215	108	4

**Research methods**

In this paper, numerical modeling has been performed to verify the results of seismic exploration and BABO methods, as well as to determine deformation zones in the upper layer of the space from which the ore had been extracted. To make calculations in the mining and geological conditions of the Zhomart mine, modeling has been performed using the RS2 (Rockscience) program. To model the collapse arch, the width of the span of the mined space has been taken with a step of 50 m, i.e. 100, 150, 200, 250, 350, and 400 m until reaching the maximum span (400 m), at which complete undermining of the overlying layer occurs.

The large width of the panels allows calculating the modeling in a planar problem, i.e. in 2D. The natural stress state of the massif according to in-kind measurements is specified by the vertical gravitational pressure  $\gamma N$  and horizontal stresses  $0.9 \gamma N$  that are perpendicular to the plan  $1.6 \gamma N$ , where the bulk density of rocks  $\gamma = 2.6 \text{ t/m}^3$ .

The data have been calculated using the generalized Hoek-Brown criterion with the geological strength index GSI based on the geomechanical description of the massif quality based on the results of studying the fracturing of the massif and laboratory tests of the rock properties that have been carried out using the RocLab program [8-9] (Table 2).

*Accepted elastic and strength characteristics of the anisotropic massif for modeling in the program*

*Table 2*

*Кесте 2*

*Бағдарламада модельдеу үшін анизотропты массивтің қабылданған серпiмдi және берiктiк сипаттамалары*

*Таблица 2*

*Принятые упругие и прочностные характеристики анизотропного массива для моделирования в программе*

Ground surface elevation	354 m
Overburden unit weight	0.026 MN/m <sup>3</sup>
Horizontal stress ratio	0.9
Out of plane stress ratio	1.6
Em	4000 MPa
Poisson ratio	0.25
Intact comp. strength	120
GSI	50
mi	17
D	0.8

The modeling results are shown in Figures 1-6.

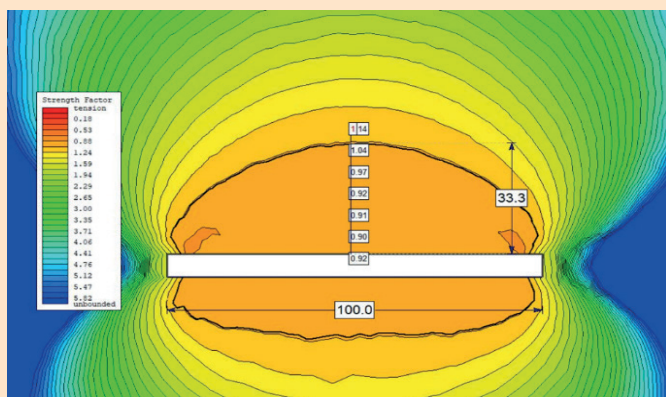


Figure 1. With the worked-out space width of 100 m.  
 Сурет 1. Қазылған кеңістіктің ені 100 м болғандағы опырылу күмбезі.  
 Рис. 1. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 100 м.

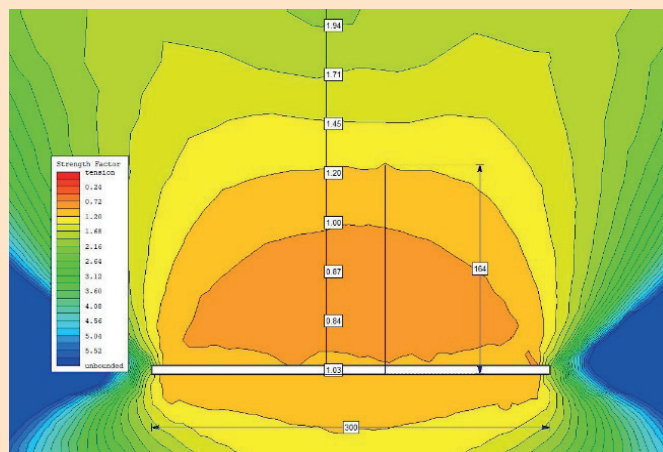


Figure 4. With the worked-out space width of 300 m.  
 Сурет 4. Қазылған кеңістіктің ені 300 м болғандағы опырылу күмбезі.  
 Рис. 4. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 300 м.

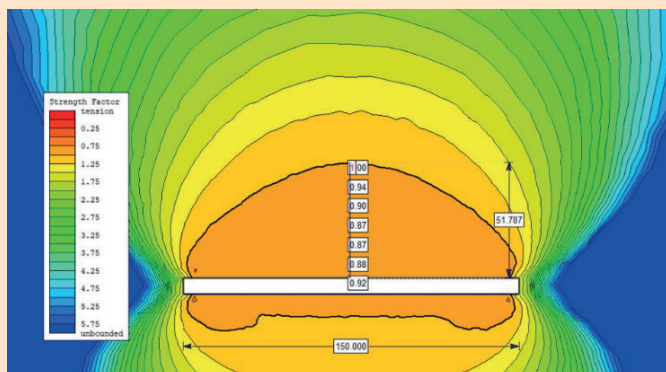


Figure 2. With the worked-out space width of 150 m.  
 Сурет 2. Қазылған кеңістіктің ені 150 м болғандағы опырылу күмбезі.  
 Рис. 2. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 150 м.

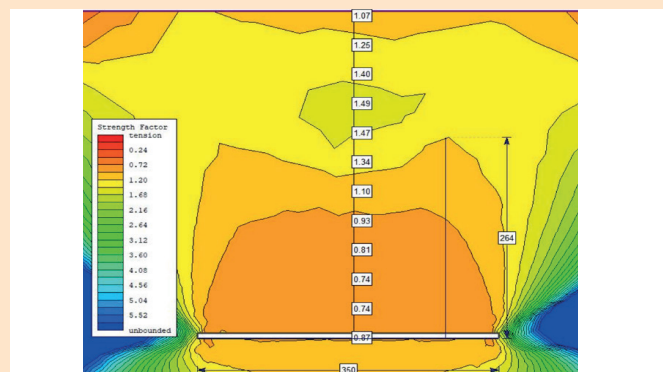


Figure 5. With the worked-out space width of 350 m.  
 Сурет 5. Қазылған кеңістіктің ені 350 м болғандағы опырылу күмбезі.  
 Рис. 5. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 350 м.

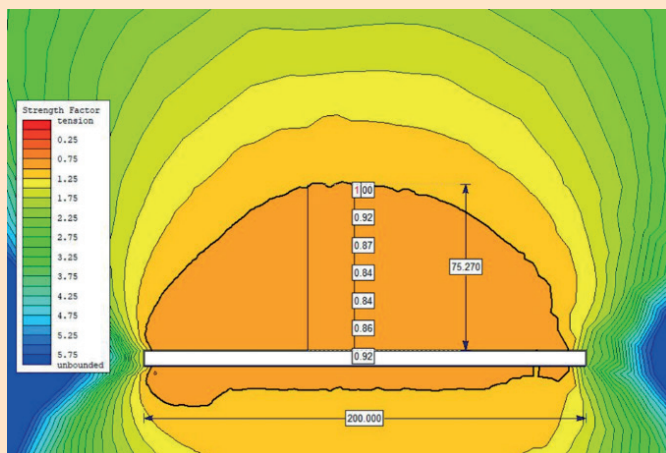


Figure 3. With the worked-out space width of 200 m.  
 Сурет 3. Қазылған кеңістіктің ені 200 м болғандағы опырылу күмбезі.  
 Рис. 3. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 200 м.

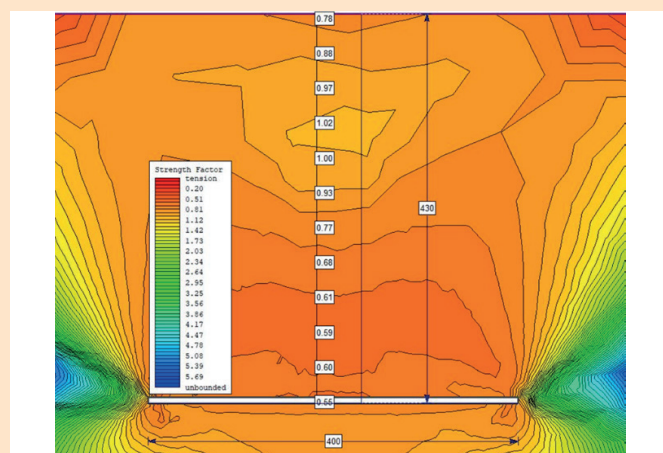


Figure 6. With the worked-out space width of 400 m.  
 Сурет 6. Қазылған кеңістіктің ені 400 м болғандағы опырылу күмбезі.  
 Рис. 6. Свод обрушения при ширине выработанного пространства 400 м.

Table 3  
Changing the deformation magnitude of the overlying layer depending on the width of the space

Кесте 3  
Кеңістіктің еніне байланысты іргелес қалыңдықтың деформация шамасының өзгеруі

Таблица 3  
Изменение величины деформации налегающей толщи в зависимости от ширины пространства

Depth H, m	430	430	430	430	430	430	430
Worked-out space width L <sub>э</sub> , m	100	150	200	250	300	350	400
Collapse arch height, h <sub>col</sub> , m	33	51	75	108	164	264	430
Arch factor	0.33	0.34	0.38	0.43	0.45	0.50	1.08

Thus, there have been obtained the following parameters as a result of numerical modeling with the increasing width of the worked-out space (panel) until the collapse arch reaches the ground surface (Table 3). Figure 7 presents it as a graph.

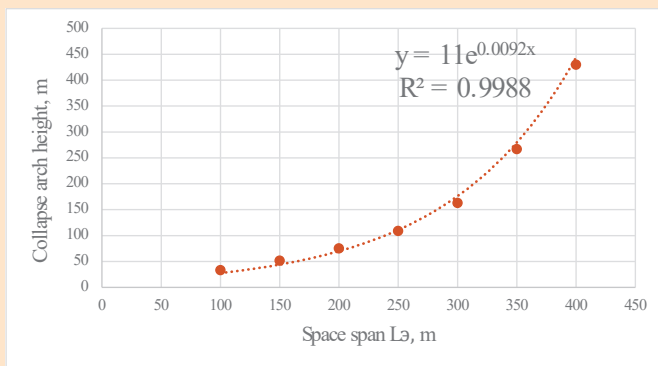


Figure 7. Results of modeling the formation of a collapse arch depending on the outcrop span.

Сурет 7. Әсер ету аралығына байланысты опырылу күмбезінің түзілуін модельдеу нәтижелері.

Рис. 7. Результаты моделирования образования свода обрушения в зависимости от пролета обнажения.

**Results and discussion**

Thus, the calculations for the mining and geological conditions of the Zhomart mine have been made using the RS2 (Rockscience) program with the worked-out space width of 100 m, 150 m, 200 m, 300 m, 350 m and 400 m. It has become known from the modeling that with the worked-out space width of 400 meters, the collapse arch reaches the ground surface. As a result of analyzing the data shown in Figure 7, it has been found that with increasing the outcrop span, the collapse arch coefficient increases and, reaches the hollow undermin-

ing of the overlying strata. Based on the modeling results, it can be concluded that the results of seismic exploration and the results of numerical modeling of the collapse of the rock massif over worked-out areas subjected to remining, as well as the arch parameters calculated using the BABO method, are practically close. For further study, this model can be used as a source material for modeling to determine the conditions for the complete undermining of the earth’s surface, as well as to identify the pattern of formation of a collapse arch from the equivalent working span.

**Conclusion**

As a result of a comprehensive study conducted in the conditions of the Zhomart deposit, it has been established that the condition for the subsidence of the entire rock massif to the surface is the excess of the equivalent span of the unsupported mined space section over the depth of its occurrence; in these cases, the lateral clamp is no longer able to prevent the transverse shift of the rock massif into the mined space [10, 11].

To achieve the best results in solving the problems of geomechanical support during the development of ore deposits with open space, it is necessary to conduct studies that are different from those previously performed. In addition to theoretical studies, it is necessary to analyze the statistical data of the mines and the results of seismic exploration [12].

Using the results of the study, it will be possible to design and to implement repeated development of reserves in pillars, as well as to predict the shift of the earth’s surface to exclude the negative impact of underground mining operations on engineering structures located on the surface.

*This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14972873). The scientific director of the project is M.Zh. Balpanova.*

REFERENCES

1. Balpanova M.Zh. Geomechanical justification of the parameters of the development system at the Zhaman-Aybat field. / M.Zh. Balpanova, M.A. Zharaspaev, A. Zhienbaev, D.K. Tazhibaev. // Proceedings of the University, Karaganda: KartU named after Abylkas Saginov. 2022. №4. P. 149-156 (in Kazakh)
2. Asanov V.A. Ocenka naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija netronutogo massiva na mestorozhdenii Zhaman-Ajbat. / Asanov V.A., Toksarov V.N., Samodelkina N.A. i dr. // Vestnik PNIPU. Geologija. Neftegazovoe i gornoe delo. 2014. №12. S. 56-66 [Asanov V.A. Assessment of the stress-strain state of the untouched massif at the Zhaman-Aybat field. / V.A. Asanov, V.N. Toksarov,

- N.A. Samodelkina and others. // Bulletin of PNIPU. Geology. Oil and gas and mining. 2014. №12. P. 56-66] (in Russian)
3. Istekova S.A. i dr. Opredelenie granic zon obrushenij nalegajushhej tolshhi nad pogashennymi paneljami rudnika Zhomart: otchet o NIR/TOO «Kazgiprocvetmet», Almaty, 2021. 72 s. [Istekova S.A. and others. Determination of the boundaries of collapse zones of the overlying strata above the extinguished panels of the Zhomart mine: research report/Kazgiprotsvetmet LLP, Almaty, 2021. 72 p.] (in Russian)
  4. Baltiyeva A. Studying sinkholes of the earth's surface involving radar satellite interferometry in terms of Zhezkazgan field, Kazakhstan. / Baltiyeva A., Orynassarova E., Zharaspaev M., Akhmetov R. // Mining of Mineral Deposits. 2023. Vol. 17. Issue 4. P. 61-74 (in English)
  5. Balpanova M.Zh. A method for estimating the volume of propagation of physical processes in the natural stressed state of a massif. / M.Zh. Balpanova, D.K. Takhanov, A.B. Zhienbaev, R.A. Musin. // Mining Journal of Kazakhstan. 2023. №11. P. 33-38 (in Kazakh)
  6. Takhanov D.K. Determining the parameters for the overlying stratum caving zones during repeated mining of pillars. / Takhanov D.K., Zhienbayev A.B., Zharaspaev M.A. // Mining of Mineral Deposits. 2023. Vol. 18. Issue 2. P. 93-103 (in English)
  7. Balpanova M.Zh. Geomechanical support for the development of flat ore bodies by systems with an open treatment space: dis. ... for the degree of Doctor of Philosophy (PhD). Karaganda: 2023. 122 p. (in Kazakh)
  8. Imashev A.Zh. Problema razubozhivaniya rudy pri otrabotke malomoshnyh rudnyh tel sistemoy podjetazhnogo obrusheniya. / Imashev A.Zh., Tahanov D.K., Musin A.A., Kuttybaev A.E. // Gornyy zhurnal Kazahstana. 2019. №8. P. 37-40 [Imashev A.Zh. The problem of ore dilution when mining thin ore bodies using a sublevel caving system. / A.Zh. Imashev, D.K. Takhanov, A.A. Musin, A.E. Kuttybaev. // Mining Journal of Kazakhstan. 2019. №8. P. 37-40] (in Russian)
  9. Kwasniewski M., Takahashi M. Deformation-based rock failure criteria. Rock mechanics in civil engineering and environmental protection, 2010, P. 45-56 (in English)
  10. Kozhagulov K.Ch. Methods for direct calculation of soil subsidence over mines. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balpanova M.Zh. // Scientific journal «Journal of Mining Sciences». 2020. Vol. 56. P. 184-195 (in English)
  11. Nizametdinov N.F. Analysis of displacements of the earth's surface under the influence of repeated mining in the Zhezkazgan region. / Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stajková H., Batyrshaeva Z.M. // Scientific journal «Journal of Mining Sciences». 2021. Vol. 57. P. 184-189 (in English)
  12. Zeitinova Sh.B. Study of the stress-strain state of a rock mass near a vertical shaft. / Sh.B. Zeitinova, T.K. Isabek, A.Zh. Imashev, A.E. Kuttybaev. // Mining Journal of Kazakhstan. 2018. №10. P. 18-22 (in Russian)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Балпанова М.Ж. Жаман-Айбат кенорында қазу жүйесінің параметрлерін геомеханикалық негіздеу. / М.Ж. Балпанова, М.А. Жараспаев, А. Жиенбаев, Д.К. Тажибаев. // Университет еңбектері, Қарағанды: Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ. 2022. №4. Б. 149-156 (қазақ тілінде)
2. Асанов В.А. Жаманай-Айбат кен орнындағы бүтін массивтің кернеулі-деформацияланған жай-күйін бағалау. / В.А. Асанов, В.Н.Токсаров, Самоделкина Н.А. және басқалары. // ПНИПУ хабаршысы. Геология. Мұнай газ және тау-кен ісі. 2014. №12. Б. 56-66 (орыс тілінде)
3. Истекова С.А. және басқалары. Жомарт кенішінің өтелген панельдерінің үстіндегі іргелес қалыңдықтың құлау аймақтарының шекараларын анықтау: ФЗЖ есебі/«Казгипроцветмет» ЖШС, Алматы, 2021. 72 б. (орыс тілінде)
4. Baltiyeva A. Жезқазған кен орны бойынша радиолокациялық спутниктік интерферометрияны қолдана отырып, жер бетіндегі шұңқырларды зерттеу, Қазақстан. / Baltiyeva A., Orynassarova E., Zharaspaev M., Akhmetov R. // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2023. Т. 17. Шығ. 4. Б. 61-74 (ағылшын тілінде)
5. Балпанова М.Ж. Массивтің табиғи кернеулі күйіндегі физикалық процесстердің таралу аясын бағалаудың әдісі. / М.Ж. Балпанова, Д.К. Таханов, А.Б. Жиенбаев, Р.А. Мусин. // Қазақстан тау-кен журналы. 2023. №11. Б. 33-38 (қазақ тілінде)
6. Takhanov D.K. Бағаналарды қайталап қазу кезінде қабаттың үстіңгі қабатының шөгю аймақтарының параметрлерін анықтау. / Takhanov D.K., Zhienbayev A.B., Zharaspaev M.A. // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2023. Т. 18. Шығ. 2. Б. 93-103 (ағылшын тілінде)
7. Балпанова М.Ж. Ашық тазарту кеңістігі жүйесі арқылы жазық кеншоғырларды қазып өндіруді геомеханикалық қамтамасыз ету: философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертация. Қарағанды: 2023. 122 б. (қазақ тілінде)

8. Имашев А.Ж. Төмен қуатты кен денелерін едендік құлау жүйесімен өңдеу кезінде кенді ыдырату мәселесі. / А.Ж. Имашев, Д.К. Таханов, А.А. Мусин, А.Е. Қуттыбаев. // Қазақстан тау-кен журналы. 2019. №8. Б. 37-40 (орыс тілінде)
9. Kwasniewski M., Takahashi M. Деформацияға негізделген тау жыныстарын жою критерийлері. Құрылыс және қоршаған ортаны қорғаудағы тау жыныстарының механикасы, 2010, Б. 45-56 (ағылшын тілінде)
10. Kozhagulov K.Ch. Шахталардың үстіндегі жер бетінің шөгуді тікелей есептеу әдістері. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balrapova M.Zh. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: Ғылыми журнал. 2020. Т. 56. Б. 184-195 (ағылшын тілінде)
11. Nizametdinov N.F. Жезқазған ауданындағы қайталама тау кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің жылжуын талдау. / Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stajkova H., Baturshaeva, Z.M. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: Ғылыми журнал. 2021. №57 (2). Б. 184-189 (ағылшын тілінде)
12. Зейтинова Ш.Б. Тік магистральға жақын тау жыныстары массивінің кернеулі деформацияланған күйін зерттеу. / Ш.Б. Зейтинова, Т.К. Исабек, А.Ж. Имашев, А.Е. Қуттыбаев. // Қазақстан тау-кен журналы. 2018. №10. Б. 18-22 (орыс тілінде)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балпанова М.Ж. Геомеханическое обоснование параметров системы разработки на месторождении Жаман-Айбат. / М.Ж. Балпанова, М.А. Жараспаев, А. Жиенбаев, Д.К. Тажибаев. // Труды университета, Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова. 2022. №4. С. 149-156 (на казахском языке)
2. Асанов В.А. Оценка напряженно-деформированного состояния нетронутого массива на месторождении Жаман-Айбат. / В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, Н.А. Самоделкина и др. // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2014. №12. С. 56-66 (на русском языке)
3. Истекова С.А. и др. Определение границ зон обрушений налегающей толщи над погашенными панелями рудника Жомарт: отчет о НИР/ОО «Казгипроцветмет», Алматы, 2021. 72 с. (на русском языке)
4. Baltiyeva A. Изучение провалов земной поверхности с использованием радиолокационной спутниковой интерферометрии в условиях месторождения Жезказган, Казахстан. / Baltiyeva A., Orynbassarova E., Zharaspaev M., Akhmetov R. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 17. Вып. 4. С. 61-74 (на английском языке)
5. Балпанова М.Ж. Метод оценки объема распространения физических процессов в естественном напряженном состоянии массива. / М.Ж. Балпанова, Д.К. Таханов, А.Б. Жиенбаев, Р.А. Мусин. // Горный журнал Казахстана. 2023. №11. С. 33-38 (на казахском языке)
6. Takhanov D.K. Определение параметров зон обрушения вышележащего пласта при повторной отработке целиков. / Takhanov D.K., Zhiyenbayev A.B., Zharaspaev M.A. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 18. Вып. 2. С. 93-103 (на английском языке)
7. Балпанова М.Ж. Геомеханическое обеспечение разработки пологих рудных тел системами с открытым очистным пространством: дис. ... на соискание степени доктора философии (PhD). Караганда: 2023. 122 с. (на казахском языке)
8. Имашев А.Ж. Проблема разубоживания руды при отработке маломощных рудных тел системой подэтажного обрушения. / А.Ж. Имашев, Д.К. Таханов, А.А. Мусин, А.Е. Қуттыбаев. // Горный журнал Казахстана. 2019. №8. С. 37-40 (на русском языке)
9. Kwasniewski M., Takahashi M. Критерии разрушения горных пород на основе деформации. Механика горных пород в гражданском строительстве и охране окружающей среды, 2010, С. 45-56 (на английском языке)
10. Kozhagulov K.Ch. Методы прямого расчета оседания грунта над шахтами. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balrapova M.Zh. // Научный журнал «Журнал горных наук». 2020. Т. 56. С. 184-195 (на английском языке)
11. Nizametdinov N.F. Анализ смещений земной поверхности под влиянием повторных горных работ в районе Жезказгана. / Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stajkova H., Baturshaeva Z.M. // Научный журнал «Журнал горных наук». 2021. Т. 57. С. 184-189 (на английском языке)
12. Зейтинова Ш.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вблизи вертикального ствола. / Ш.Б. Зейтинова, Т.К. Исабек, А.Ж. Имашев, А.Е. Қуттыбаев. // Горный журнал Казахстана. 2018. №10. С. 18-22 (на русском языке)

**Information about the authors:**

**Balpanova M.Zh.**, Lecturer of the Department of Mechanics of the NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), [balpanova86@mail.ru](mailto:balpanova86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1513-5317>

**Takhanov D.**, Chief Researcher of Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan), [takhanov80@mail.ru](mailto:takhanov80@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2360-9156>

**Kutybayev A.Ye.**, Associate Professor of the O.A. Baikonurov Mining and Metallurgical Institute (Almaty, Kazakhstan), [a.kutybayev@satbayev.university](mailto:a.kutybayev@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-3997-8324>

**Zhienbayev A.B.**, Researcher at the Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan), [ismgroup2022@gmail.com](mailto:ismgroup2022@gmail.com); [orcid.org/0000-0002-4347-8608](https://orcid.org/0000-0002-4347-8608)

**Авторлар туралы мәліметтер:**

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

**Таханов Д.Қ.**, «Өнеркәсіптік қауіпсіздіктің ғылыми-техникалық орталығы» ЖШС бас ғылыми қызметкері (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Құттыбаев А.Е.**, «Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институтының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Жиенбаев А.Б.**, «Өнеркәсіптік қауіпсіздіктің ғылыми-техникалық орталығы» ЖШС ғылыми қызметкері (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Сведения об авторах:**

**Балпанова М.Ж.**, преподаватель кафедры механики НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

**Таханов Д.К.**, главный научный сотрудник ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности» (г. Караганда, Казахстан)

**Құттыбаев А.Е.**, ассоциированный профессор горно-металлургического института им. О.А. Байқоңурова (г. Алматы, Казахстан)

**Жиенбаев А.Б.**, научный сотрудник ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности» (г. Караганда, Казахстан)

2-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

## Цветные металлы России и СНГ

добыча, строительство  
и модернизация предприятий

VOSTOCK CAPITAL  
— 22 года динамичного успеха



19-20 ноября 2024, Москва

Генеральный спонсор:



Золотой спонсор:



Бронзовый спонсор:



Партнер в сфере инженерных инноваций



Логистический партнер:



2 дня делового общения

200+ участников

30+ инвестиционных проектов

30+ докладов

**КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ ФОРУМА:**

- **Инвестиции:** запуск добычи, строительство и модернизация металлургических предприятий.
- **НОВОЕ!** Цифровизация и автоматизация всех этапов.
- **Актуально!** Круглый стол по эффективности: от разработки до переработки.
- **Импортозамещение, новые поставщики и рынки.**
- **НОВОЕ!** Круглый стол: устойчивое развитие, экономический рост, социальная ответственность, экологический баланс.
- **Современные технологии и решения** для добычи и модернизации металлургии.

