

Код МРНТИ 52.13.15

D. Ivadilina¹, *A. Rymkulova², A. Makasheva¹, Andrii Smirnov³¹*Abylka Saginov Karaganda Technical University NJSC (Karaganda, Kazakhstan),*²*Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan),*³*M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine (Dnipro, Ukraine)*

SUBSTANTIATING INTER-CHAMBER PILLAR PARAMETERS WHEN DEVELOPING INCLINED BEDDING

Abstract. The article deals with the development of a technological flowchart of inclined deposits with the angle of incidence of 20-35 degrees by the example of the Zhilandy deposit. The values of the main compressive and tensile stresses were determined depending on the mining depth. The parameters of barrier and inter-chamber pillars were calculated taking into account the depth of development, the thickness and the ore deposit angle of incidence, the complexity of the mining and geological conditions of development, the physical and mechanical properties of rocks, fracturing and the structure of the enclosing rocks. The permissible parameters of the stope and the inter-chamber pillar were determined depending on the angle of occurrence. It was established that an inter-chamber pillar of a classical vertical shape as permissible only if the angle of incidence of the ore body was within 25 degrees; in the other cases, the rock massif is unstable and the probability of collapse of the inter-chamber pillar is very high.

Key words: bedding angle, stress-strain state modeling of the massif, inter-chamber pillar, barrier pillar, rock collapse, safety factor (strength factor).

Көлбеу кен орындарын игеру кезінде камерааралық целиктердің параметрлерін негіздеу

Аннотация. Мақала жыланды кен орнының мысалында 20-35 градус құлау бұрышы бар көлбеу кен орындарын өңдеудің технологиялық схемасын әзірлеуге арналған. Негізгі қысу және созылу кернеулерінің шамалары жұмыс тереңдігіне байланысты анықталады. Кен орнының игеру тереңдігін, қуаты мен құлау бұрышын, игерудің тау-кен-геологиялық жағдайларының күрделілігін, тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін, жарықтар мен сыйымды жыныстардың құрылысын ескере отырып, тосқауыл және камерааралық бүтіндіктердің параметрлерін есептеу жүзеге асырылды. Тазарту камерасының және камерааралық тұтастықтың рұқсат етілген параметрлері пайда болу бұрышына байланысты анықталды. Классикалық тік форманың камерааралық тұтастығы кен денесінің құлау бұрышы 25 градуска дейін болған жағдайда ғана рұқсат етілетіні анықталды, қалған жағдайларда тау жотасы тұрақты емес және камерааралық тұтастықтың құлау ықтималдығы өте жоғары.

Түйінді сөздер: пайда болу бұрышы, массив кернеуленуін модельдеу, камерааралық целик, тосқауыл целик, тау жыныстарының құлауы, қауіпсіздік коэффициенті.

Обоснование параметров межкамерных целиков при разработке наклонных залежей

Аннотация. Статья посвящена разработке технологической схемы отработки наклонных залежей с углом падения 20-35 градусов на примере Жиландинского месторождения. Определены величины главных сжимающих и растягивающих напряжений в зависимости от глубины отработки. Осуществлен расчет параметров барьерных и межкамерных целиков с учетом глубины разработки, мощности и угла падения рудной залежи, сложности горно-геологических условий разработки, физико-механических свойств пород, трещиноватости и строения вмещающих пород. Определены допустимые параметры очистной камеры и межкамерного целика в зависимости от угла залегания. Установлено, что межкамерный целик классической вертикальной формы допустим только в случае, если угол падения рудного тела находится в пределах до 25 градусов, в остальных случаях горный массив не устойчив и вероятность обрушения межкамерного целика весьма велика.

Ключевые слова: угол залегания, моделирование напряженного состояния массива, межкамерный целик, барьерный целик, обрушение горных пород, коэффициент запаса прочности.

Introduction

The design and production of stoping with the use of the classical room-and-pillar mining system [1] while maintaining high-performance production volumes is currently an urgent problem. The angle of incidence of the ore body is also one of the factors that weakens the pillar massif stability.

Taking into account the geomechanical aspects of developing reserves of the Zhilandy group of fields, it can be noted that the geomechanical situation [2] is extremely complex. Difficulties, from the point of view of geomechanics, are mainly caused by the state of the rock massif in the area where the ore deposits are located.

Thus, at the Eastern Sary-Oba mine, a number of unfavorable factors are noted, such as, for example, the presence of faults in the rock massif, numerous large cracks that are often filled with friction clay and are, moreover oriented in different directions, water cut in individual sections of the mine fields [3], complex hypsometry of ore deposits, uneven thickness of deposits.

When speaking of the Karashoshak mine, its mine field borders the Zhylandy River, and therefore, quite significant volumes of water enter the mine workings (~ 600 m³/hour). This factor significantly affects the stability of the massif that is characterized by strong fracturing and in addition, by sharp contact between lithological differences. Therefore, the design

and production of stoping with a classical room-and-pillar mining system while maintaining high-performance production volumes is currently an unsolved problem [4].

Currently, at the Zhilandy mine there are no regulatory documents based on extensive experience in geomechanical processes that assess the geomechanical state of the massif and the structural elements of the development system. The calculations adopted in the projects are based on instructional documents developed in the conditions of the Zhezkazgan field. Since the Zhilandy field is relatively new, the geomechanical conditions for the field development have not been sufficiently studied.

Materials and Methods

Technological parameters of the breakage face with a room-and-pillar mining system depend on the shape and location of the inter-chamber pillars (ICP).

In engineering practice, in order to take into account factors that cannot be included in the calculation scheme, various coefficients are used that are obtained empirically based on field observations or laboratory test data.

With the development of computer technologies in mathematical modeling, numerical methods are increasingly being used to solve certain engineering problems in mining, alongside with traditional analytical methods.

A more accurate solution to the problem can be obtained if the calculation scheme and solution method make it possible to take initially into account the factors of interest to the researcher. Wide possibilities in this regard are opened up by the so-called numerical solution methods borrowed from the mechanics of a deformable solid. The most effective of them are the finite element method (FEM) and the boundary element method (BEM). Their intensive development and use in the practice of engineering calculations became possible with the development and availability of computer technologies.

One of the finite element methods that are widely used in solving mining problems is the RS-2 software developed by the Rocscience Company.

Numerical modeling of the rock massif using finite element methods in RS-2 software allows determining zones of stress discharge and concentration, rock displacement, safety factor, the magnitude of the principal stresses acting in the rock massif, zones of elastic and inelastic deformation and the value of the rock safety factor, calculation parameters of the support and many other processes occurring around the mined-out space.

The data of the rocks and ores characteristics were obtained from the results of a previously carried out study at the Zhylandy group of deposits. Table 1 shows the physical and mechanical properties and structural properties of the rock massif to perform numerical modeling of the rock massif with the use of RS-2 software.

When modeling, these values were generalized; only the GSI parameter was changed. The GSI rating is one of the important parameters that significantly affect the simulation

results. The calculations were performed using the Hooke-Brown criterion.

To determine and to justify the parameters, the shape and location of pillars when mining deposits with angles of incidence more than 22 degrees and overlapping deposits, numerical modeling of the stress-strain state of the rock massif was carried out [5]. According to the Technological Regulations for the use of a room-and-pillar mining system with columned pillars left in the underground mines of the Zhezkazgan deposit, when mining inclined deposits, the following conditions for the location of inter-chamber pillars must be observed:

- in the range of changing the angles of incidence of deposits of 15° to 25°, to place vertically the inter-chamber pillars;
- in the range of changing the angles deposit incidence of 25° to 35°, the inter-chamber pillars should be placed with an inclination towards the uplift at the angle $\beta = \alpha/2$ (where: α is the angle of the deposit incidence) relative to the normal to the bedding. At overlapping deposits, in order to ensure the vertical alignment of the inter-chamber pillars, to align the axes of the pillars along the roof of the deposits (Figure 1);
- based on the preparation schemes using ventilation-slit drifts or a diagonal ramp in the areas of cutting inter-chamber pillars, to ensure driving the development working of the a minimum cross-section and to leave braced pillars. The cross-sectional area of the braced pillars is checked by calculations to ensure the load-bearing capacity of the weight of the rock column falling on the supporting area of the roof within the location of these pillars;
- the width of the braced pillar in the narrowing areas should be at least 3-5 m, depending on the working height and the passage of technological equipment.

Table 1

Deformation-strength characteristics of rock samples, specimens 1-5 in the water-saturated state under uniaxial compression

Кесте 1

Бір осьті сығымдау кезінде суға қаныққан күйдегі 1-5 сынама тау жыныстары үлгілерінің деформациялық-беріктік сипаттамалары

Таблица 1

Деформационно-прочностные характеристики образцов горных пород проб 1-5 в водонасыщенном состоянии при одноосном сжатии

| Sample No. | Specimen No. | Break-down point, MPa | Deformation modulus, GPa | Shear strain rate ν | Break-down point, MPa (average) | Deformation modulus, GPa (average) | Shear strain rate ν (average) |
|---------------|--------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Red sandstone | 4-1-1v | 66.4 | 10.393 | 0.209 | 71.7 | 13.136 | 0.187 |
| | 4-1-2v | 83.4 | 10.740 | 0.190 | | | |
| | 4-1-3v | 61.6 | 13.479 | 0.182 | | | |
| | 4-1-4v | 68.1 | 12.103 | 0.159 | | | |
| | 4-1-5v | 76.7 | 9.069 | 0.192 | | | |
| | 4-1-6v | 73.8 | 23.029 | 0.188 | | | |
| Siltstone | 5-1-1v | 64.8 | 10.992 | 0.207 | 87.1 | 16.835 | 0.178 |
| | 5-1-2v | 122.3 | 20.385 | 0.149 | | | |
| | 5-1-3v | 56.9 | 14.423 | 0.201 | | | |
| | 5-1-4v | 53.9 | 10.499 | 0.158 | | | |
| | 5-1-5v | 109.7 | 19.079 | 0.185 | | | |
| | 5-1-6v | 115.2 | 25.631 | 0.168 | | | |

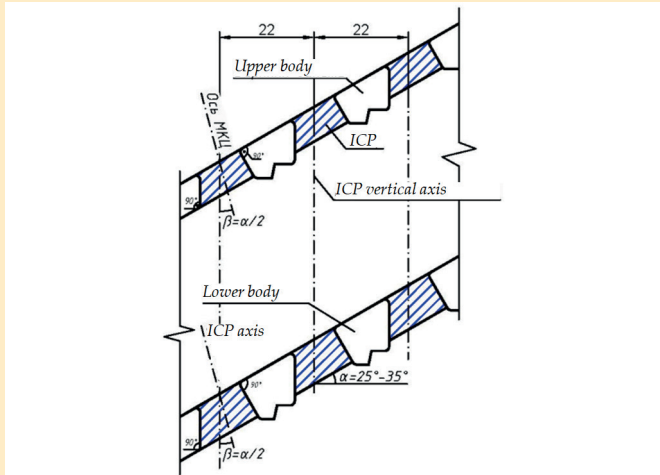


Figure 1. Diagram of inter-chamber pillars location when developing inclined deposits with the angle of incidence of 25°-35°.

Сурет 1. 25°-35° түсу бұрышы бар көлбеу кен орындарын пысықтау кезінде камералық целиктердің орналасу схемасы.

Рис. 1. Схема расположения междукамерных целиков при обработке наклонных залежей с углом падения 25°-35°.

To justify the parameters of the stope and pillars, numerical modeling was carried out with changing the width of the chambers and inter-chamber pillars for incidence angles of 20, 25, 30 and 35 degrees. When simulating, indicators of the safety factor (SF), as well as indicators of the main compressive (Sigma 1) and tensile (Sigma 3) stresses were determined. The main compressive and tensile stresses make it possible to determine the necessary areas, such as the zone of stress concentration and discharge [6].

When driving a working, redistribution of stresses occurs in the surrounding rocks: some of the components of the stress tensor increase, others decrease. According to the standards of the International Society for Rock Mechanics (ISRM), for safe mining operations, the safety factor for rock stability must be higher than 1.2.

For the mining conditions of the development of the Zhi-landy deposit, the location of the inter-chamber pillars is taken on a square grid with the distance between the axes equal to 20x20 m.

Figure 2 below show the results of numerical modeling with the ore body thickness of 5 meters and at incidence angles of 20 degrees. The modeling was carried out based on the analysis of the physical and mechanical properties and structural features of rocks.

Based on the modeling results presented in Figure 2, it can be seen that at the incidence angle of 20 degrees, the stope and pillars are as a whole in a stable state, as evidenced by the safety factor of the rock massif presented as a graph in Figure 3. The graph shows that the minimum safety factor is higher than the value of 1.2, from which it should be assumed that the inter-chamber pillar and the stope are in a stable state. The maximum permissible width of the stope is 13.0 meters with the minimum thickness of inter-chamber pillars of 7.0 meters.

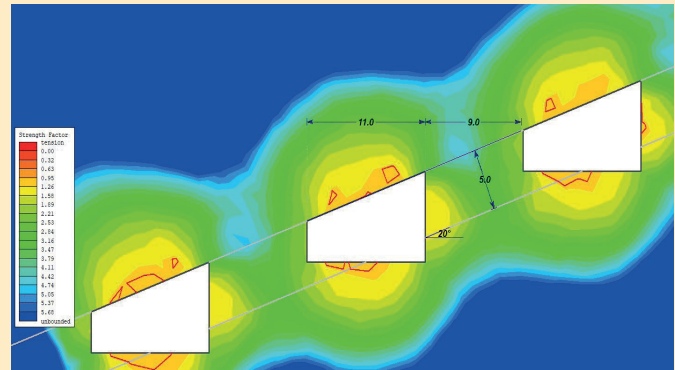


Figure 2. Safety factor of the edge massif with the parameters of the stope 11x9 m and at the angle of incidence of 20 degrees.

Сурет 2. Тазарту камерасының параметрлері 11x9 м және құлау бұрышы 20 градус болған кезде контурлық массивтің қауіпсіздік қорының коэффициенті.

Рис. 2. Коэффициент запаса прочности законтурного массива при параметрах очистной камеры 11x9 м и при угле падения 20 градусов.

With the stope width of 14 meters and the thickness of the inter-chamber pillar of 6 meters, the height of unstable areas on the roof of the stope is 2.5 meters, and the destruction of the inter-chamber pillar reaches up to 1.8 meters, from which it should be stated that the risks of rock collapse and the destruction of the inter-chamber pillars is great.

When mining ore reserves with the angle of incidence of 20 degrees using a room-and-pillar mining system, the boundary massif is stable, local destruction of rocks up to 0.5 meters is possible, mainly from the roof of the working in the form of delamination and chips [7]. The inter-chamber rear sight is in a stable state as evidenced by the safety factor of the inter-chamber rear sight of 1.3 or more.

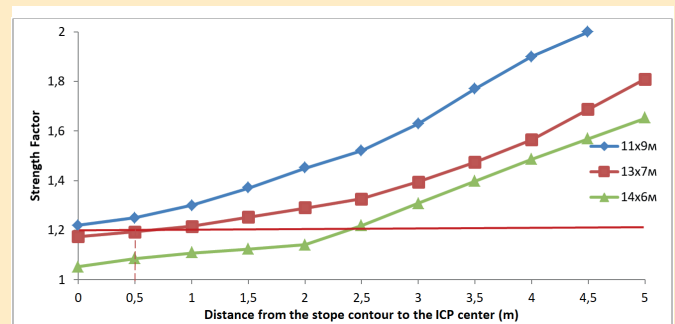


Figure 3. Changing the safety factor of the inter-chamber pillar depending on changing the width of the stope and the power of the inter-chamber pillar.

Сурет 3. Камераның ені мен камерааралық тұтастықтың қуатының өзгеруіне байланысты камерааралық тұтастықтың қауіпсіздік коэффициентінің өзгеруі.

Рис. 3. Изменение коэффициента запаса прочности междукамерного целика в зависимости от изменения ширины камеры и мощности междукамерного целика.

Table 2

Acceptable parameters of the stope and ICP, BP based on numerical modeling

Таблица 2

Допустимые параметры очистной камеры и междукammerных целиков, барьерных целиков на основе численного моделирования

Кесте 2

Сандық модельдеу негізінде тазарту камерасы мен камерааралық кентіректер, тосқауыл кентіректердің рұқсат етілген параметрлері

| Depth, m | Stope width, m | 20 degrees | | | 25 degrees | | | 30 degrees | | | 35 degrees | | |
|----------|----------------|------------|------------------|-------|------------|------------------|-------|------------|------------------|-------|------------|------------------|-------|
| | | ICP, m | chamber width, m | BP, m | ICP, m | chamber width, m | BP, m | ICP, m | chamber width, m | BP, m | ICP, m | chamber width, m | BP, m |
| 200 | 4 | 6 | 14 | 7,5 | 7 | 13 | 8 | 8 | 12 | 10 | 9 | 11 | 11 |
| | 5 | 6,5 | 13,5 | 8 | 8 | 12 | 9 | 9 | 11 | 11 | 10 | 10 | 12 |
| | 6 | 7 | 13 | 9 | 8,5 | 11,5 | 11 | 10 | 10 | 12 | 10 | 10 | 13 |
| | 7 | 8 | 12 | 11 | 9 | 11 | 13 | 10 | 10 | 14 | 10 | 10 | 15 |
| | 8 | 9 | 11 | 12 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 18 |
| | 10 | 10 | 10 | 13 | 10 | 10 | 17 | 11 | 9 | 18 | 11 | 9 | 20 |
| | 12 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 19 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 22 |
| 300 | 4 | 6,5 | 13,5 | 8 | 8 | 12 | 9 | 9 | 11 | 11 | 10 | 10 | 12 |
| | 5 | 7 | 13 | 9 | 8,5 | 11,5 | 11 | 10 | 10 | 12 | 10 | 10 | 13 |
| | 6 | 8 | 12 | 11 | 9 | 11 | 13 | 10 | 10 | 14 | 10 | 10 | 15 |
| | 7 | 9 | 11 | 12 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 18 |
| | 8 | 10 | 10 | 13 | 10 | 10 | 17 | 11 | 9 | 18 | 11 | 9 | 20 |
| | 10 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 19 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 21 |
| | 12 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 21 | 12 | 8 | 22 |
| 400 | 4 | 7 | 13 | 9 | 8,5 | 11,5 | 11 | 10 | 10 | 12 | 10 | 10 | 13 |
| | 5 | 8 | 12 | 11 | 9 | 11 | 13 | 10 | 10 | 14 | 10 | 10 | 15 |
| | 6 | 9 | 11 | 12 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 18 |
| | 7 | 10 | 10 | 13 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 18 | 11 | 9 | 20 |
| | 8 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 17 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 21 |
| | 10 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 19 | 12 | 8 | 21 | 12 | 8 | 22 |
| | 12 | 11 | 9 | 18 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 22 | 12 | 8 | 23 |
| 500 | 4 | 8 | 12 | 11 | 9 | 11 | 13 | 10 | 10 | 14 | 10 | 10 | 15 |
| | 5 | 9 | 11 | 12 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 18 |
| | 6 | 10 | 10 | 13 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 18 | 11 | 9 | 20 |
| | 7 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 17 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 21 |
| | 8 | 10 | 10 | 16 | 11 | 9 | 19 | 12 | 8 | 21 | 12 | 8 | 22 |
| | 10 | 11 | 9 | 18 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 22 | 12 | 8 | 23 |
| | 12 | 11 | 9 | 20 | 12 | 8 | 22 | 12 | 8 | 23 | 12 | 8 | 24 |

When mining ore reserves with the angle of incidence of 20 degrees, it is not necessary to change the shape of the inter-chamber pillar to trapezoidal, since the straight columned pillars can fully ensure the stability of the rock massif.

Based on the results of the analysis of the results obtained during the performed numerical modeling [8-9], Table 2 summarizes the recommended parameters of the ICP, BP and the panel width depending on the depth of development and the angle of incidence of the ore body [10].

The results summarized in Table 1 are recommended for use when mining inclined deposits (20-35°) with an ore body thickness of 4-7 meters.

The proposed technology of developing [11] inclined deposits with the incidence angle of 20-35 degrees using a room-and-pillar system in underground production by the example of the Zhilandy deposit can be described by the following sequence of operations.

The stoping in the panel is carried out according to the design documentation completed by a design institute or mine and according to the passports for supporting and controlling the roof of underground mine workings [12] that is approved by the chief engineer of the mine after driving transport and ventilation drifts.

Results

In the course of the work performed, the permissible parameters of the stope, inter-chamber and barrier pillars were determined when mining inclined deposits with the angle of incidence from 20 to 35 degrees.

Based on a set of studies carried out, it was found that a classic (vertical) ICP was only permissible if the ore body incidence angle is up to 25 degrees; in the other cases, the rock massif is unstable and the probability of ICP collapse is very high.

In the range of changing the incidence angles of deposits from 25 to 35 degrees, the inter-chamber pillars should be placed with an inclination towards the uprising at the angle $\beta = \alpha/2$ (α is the incidence angle of the deposits) relative to

the normal to the bedding, and the ICP takes on a trapezoidal shape, since with the columned form of the ICP, the probability of destruction of the ICP is higher.

Based on the results of modeling the stress state, it follows that zones of stress concentration and discharge appear in the rocks surrounding the working. It decreases quite quickly deep into the massif, and at the distance of 5-7 half-spans, the stresses are practically no different from those that operated in the massif before driving the working.

Acknowledgments

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19677938).

REFERENCES

- Balpanova M.Zh. Geomechanical justification of the parameters of the development system at the Zhaman-Aybat field. / Balpanova M.Zh., Zharaspaev M.A., Zhienbaev A., Tazhibaev D.K. // *Proceedings of the University, Karaganda: KarTU named after Abylkas Saginov*. 2022. №4. P. 149-156 (in Kazakh)
- 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)
- Takamoto H. Effect of Mine Water on the Stability of Underground Coal Mine Roadways. / Takamoto H., Takashi Sasaoka, Hideki Shimada, Kikuo Matsui, Ichinose J.M. // *Coal International*. 2012. №260 (3). P. 42-45 (in English)
- Takhanov D.K. Determining the parameters for the overlying stratum caving zones during re-peated 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)
- Imashev A.Zh. Problema razubozhivaniya rudy pri otrabotke malomoshchnykh rudnykh tel sistemoi podetazhnogo obrusheniya. / A.Zh. Imashev, D.K. Takhanov, A.A. Musin, A.E. Kuttybaev. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2019. №8. S. 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)
- Shichuan Zhang. Effective evaluation of pressure relief drilling for reducing rock bursts and its application in underground coal mines. / Shichuan Zhang, Yangyang Li, Baotang Shen, Xizhen Sun, Liqun Gao. // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2019. Vol. 114. P. 7-16 (in English)
- Ivadilina D.T. Development of a methodology for modeling the natural gas content of coal seams to select the type of support for mine workings. / D.T. Ivadilina, O.Sh. Shamshiev, Zh.K. Bogzhanova Zh.K. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2022. №7. P. 33-38 (in Kazakh)
- 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. // «*Journal of Mining Sciences*»: scientific journal. 2020. Vol. 56. P. 184-195 (in English)
- Zeitinova Sh.B. Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massiva gornyx porod vblizi vertikal'nogo stvola. / Sh.B. Zeitinova, T.K. Isabek, A.Zh. Imashev, A.E. Kuttybaev. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2018. №10. S. 18-22 [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)
- Kulzhabaeva D.S., Ivadilina D.T. Analiz primeneniya sistemy razrabotki podetazhnymi shtrekami na rudnikakh TOO «Korporatsiya Kazakhmys». // *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Integratsiya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizatsii Plana natsii» (Saginovskie chteniya №14), 2022, ch. 2. – S. 24-26 [Kulzhabaeva D.S., Ivadilina D.T. Analysis of the use of the development system by sublevel drifts at the mines of Kazakhmys Corporation LLP. // *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Integration of Science, Education and Production – the Basis for the Implementation of the Nation's Plan» (Saginov Readings №14), 2022, part 2. – P. 24-26] (in Russian)**
- Joel Loow. Understanding technology in mining and its effect on the work environment. // *Mineral Economics*. 2022. Vol. 35. P. 143-154 (in English)

12. Ivadilina D.T. Predicting underground mining impact on the earth's surface. / Ivadilina D.T., Issabek T.K., Takhanov D.K., Yeskenova G.B. // Scientific bulletin of National Mining University. 2023. №1. P. 32-37 (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Балпанова М.Ж. Жаман-Айбат кенорнында 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. 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)
3. Такамото Х. Шахта суларының көмір шахталарының жерасты жолдарының тұрақтылығына әсері. / Такамото Х., Такаши Сасаока, Хидеки Шимада, Кикую Мацуи, Ичиносе Дж.М. // Coal International. №260 (3). Б. 42-45 (ағылшын тілінде)
4. 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)
5. 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. Куттыбаев. // Қазақстан тау-кен журналы. 2019. №8. Б. 37-40 (орыс тілінде)
6. Шичуан Чжан. Тау жыныстарының бұзылуын азайту үшін қысымның төмендеуімен бұрғылау тиімділігін бағалау және оны жерасты көмір шахталарында қолдану. / Шичуан Чжан, Янган Ли, Баотан Шен, Сижен Сун, Ликун Гао. // Тау жыныстары механикасы және тау-кен ғылымдарының халықаралық журналы. 2019. Т. 114. Б. 7-16 (ағылшын тілінде)
7. Ивадилина Д.Т. Тау-кен қазбаларын бекіту түрін таңдау үшін көмір қабаттарының табиғи газдылығын модельдеу әдістемесін әзірлеу. / Д.Т. Ивадилина, О.Ш. Шамшиев, Ж.К. Богжанова Ж.К. // Қазақстан тау-кен журналы. 2022. №7. Б. 33-38 (қазақ тілінде)
8. Kozhagulov K.Ch. Шахталардың үстіндегі жер бетінің шөгюін тікелей есептеу әдістері. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Balpanova M.Zh. // «Тау-кен ғылымдары журналы»: ғылыми журнал. 2020. Т. 56. Б. 184-195 (ағылшын тілінде)
9. Зейтинова Ш.Б. Тік магистральға жақын тау жыныстары массивінің кернеулі деформацияланған күйін зерттеу. / Ш.Б. Зейтинова, Т.К. Исабек, А.Ж. Имашев, А.Е. Куттыбаев. // Қазақстан тау-кен журналы. 2018. №10. Б. 18-22 (орыс тілінде)
10. Құлжабаева Д.С., Ивадилина Д.Т. «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС кеніштерінде қабаттық қуақаздармен қазу жүйесін қолдануды талдау. // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері (Сағынов оқулары №14), 2022, бөл. 2. – Б. 24-26 (орыс тілінде)
11. Джоэл Лоу. Тау-кен өнеркәсібіндегі технологияларды және олардың жұмыс ортасына әсерін түсіну. // Mineral Economics. 2022. Т. 35. Б. 143-154 (ағылшын тілінде)
12. Ивадилина Д.Т. Жер асты тау-кен жұмыстарының жер бетіне әсерін болжау / Д.Т. Ивадилина, Т.К. Исабек, Д.К. Таханов, Г.Б. Ескенова. // Ұлттық тау-кен университетінің Ғылыми хабаршысы. 2023. №1. Б. 32-37 (ағылшын 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. 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)
3. Такамото Х. Влияние шахтных вод на устойчивость подземных дорог угольных шахт. / Такамото Х., Такаши Сасаока, Хидеки Шимада, Кикую Мацуи, Ичиносе Дж.М. // Coal International. 2012. №260 (3). С. 42-45 (на английском языке)
4. Takhanov D.K. Определение параметров зон обрушения вышележащего пласта при повторной отработке целиков. / Takhanov D.K., Zhienbayev A.B., Zharaspaev M.A. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 18. Вып. 2. С. 93-103 (на английском языке)
5. 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. Куттыбаев. // Горный журнал Казахстана. 2019. №8. С. 37-40 (на русском языке)

6. Шичуань Чжан. Оценка эффективности бурения с понижением давления для уменьшения разрушения горных пород и его применение в подземных угольных шахтах. / Шичуань Чжан, Яньян Ли, Баотан Шэнь, Сичжэнь Сун, Ликунь Гао. // Международный журнал механики горных пород и горных наук. 2019. Т. 114. С. 7-16 (на английском языке)
7. Ивадилина Д.Т. Разработка методики моделирования природной газонасти угольных пластов для выбора типа крепления горных выработок. / Д.Т. Ивадилина, О.Ш. Шамшиев, Ж.К. Богжанова Ж.К. // Горный журнал Казахстана. 2022. №7. С. 33-38 (на казахском языке)
8. Kozhagulov K.Ch. Методы прямого расчета оседания грунта над шахтами. / Kozhagulov K.Ch., Takhanov D.K., Imashev A., Kozhas A.K., Valrapova M.Zh. // «Журнал горных наук»: научный журнал. 2020. Т. 56. С. 184-195 (на английском языке)
9. Зейтинова Ш.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вблизи вертикального ствола. / Ш.Б. Зейтинова, Т.К. Исабек, А.Ж. Имашев, А.Е. Куттыбаев. // Горный журнал Казахстана. 2018. №10. С. 18-22 (на русском языке)
10. Кулжабаева Д.С., Ивадилина Д.Т. Анализ применения системы разработки подэтажными штреками на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс». // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №14), 2022, ч. 2. – С. 24-26 (на русском языке)
11. Джоэл Лоу. Понимание технологий в горнодобывающей промышленности и их влияние на рабочую среду. // Mineral Economics. 2022. Т. 35. С. 143-154 (на английском языке)
12. Ивадилина Д.Т. Прогнозирование воздействия подземных горных работ на земную поверхность. / Ивадилина Д.Т., Исабек Т.К., Таханов Д.К., Ескенова Г.Б. // Научный вестник Национального горного университета. 2023. №1. С. 32-37 (на английском языке)

Information about the authors:

Ivadinova D.T., Ph.D, acting docent of the Department «Development of mineral deposits» NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), dinulb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9731-0587>

Rymkulova A.B., Junior research assistant of Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan), arai-1995@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2116-6371>

Makasheva A.T., Engineer of the Department of Science of the NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), anara.makasheva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0477-0737>

Smirnov A., Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanical Basis of Open-Pit Technology, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM of the NAS of Ukraine), (Dnipro, Ukraine), sm.contur24@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2827-521X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ивадилина Д.Т., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының доцент м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

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

Макашева А.Т., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ Ғылым және инновация департаментінің инженері (Қарағанды қ., Қазақстан)

Смирнов А.Н., т.ғ.к., аға зерттеуші, кен орындарын ашық игеру технологияларының геомеханикалық негіздері бөлімінің аға ғылыми қызметкері, Украинаның Ұлттық Ғылым академиясының Н.С. Поляков атындағы геотехникалық механика институты (Украинаның ҰҒА ИГТМ), (Днепр қ., Украина)

Сведения об авторах:

Ивадилина Д.Т., и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

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

Макашева А.Т., инженер Департамента науки и инноваций НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Смирнов А.Н., к.т.н., старший исследователь, старший научный сотрудник отдела Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), (г. Днепр, Украина)