

Код МРНТИ 86.40.00

*A.G. Akpanbayeva, T.K. Isabek, B. Tolovkhan

The Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

BASIC MEASURES TO ENSURE SAFE MINING OPERATIONS AT THE ZHOMART MINE

Abstract. The implementation of the technology risk management system is one of the basic measures to ensure the safe mining operations at the underground mines. The operating Zhomart underground mine has been studied as a pilot facility to research, implement and test the efficiency of the proposed technology risk management system. Thus, the research and implementation of the technology risk management system is required due to the deep occurrence, the detailed exploration of the physical and mechanical properties of rocks of the ore-bearing strata and the geomechanical processes during the mining operations. This exploration has assessed the existing high technology risks, in particular, the loss of the roof stability and signs of deterioration in the mined-out area such as spalling, distortion bending and displacement of the sides of drilled wells in the pillars, etc. The general regulations of the safe mining operations focused on reducing of the rock pressure have been explored and determined during the dynamic forms of rock pressure. The main actions aimed to the technology improvement of the safe mining operations at the mine have been developed.

Key words: the operational safety, mining operations, technology risk, management system, support, mine workings, mining pressure, system element.

Жомарт кенесіндегі қауіпсіз өндіруді қамтамасыз етудің негізгі шаралары

Аннотация. Технологиялық тәуекелдерді басқару жүйесін құру жерасты кеніштеріндегі тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ететін негізгі шаралардың бірі болып табылады. Ұсынылып отырған технологиялық тәуекелдерді басқару жүйесінің өміршеңдігін зерттеу, енгізу және тексеру бойынша тәжірибелік нысан ретінде жұмыс істеп тұрған Жомарт жерасты кеніші қарастырылады. Кен орнының тереңде жатқанын ескере отырып, сондай-ақ тау-кен жұмыстарын жүргізу, ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу және тәуекелдерді басқарудың технологиялық жүйесін енгізу кезінде кенді қабаттардың жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін және геомеханикалық процестерді неғұрлым толық зерделеу мақсатында талап етіледі. Зерттеу барысында қолданыстағы жоғары технологиялық тәуекелдер бағаланды, атап айтқанда, шатырдың тұрақтылығының бұзылуы және пышақтау, шымшу және жылжу түріндегі гоф жағдайының нашарлау белгілерінің көрінісі. тіректердегі бұрғыланған ұңғымалардың қабырғалары және т.б. Тау жыныстары қысымының динамикалық формаларының көрінісімен тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізудің жалпы ережелері зерттеліп, тау-кен қысымын төмендетуге бағытталған. Кеніште тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу технологиясын жетілдіруге бағытталған негізгі шаралар әзірленді.

Түйінді сөздер: қауіпсіз өткізу, тау-кен жұмыстары, технологиялық тәуекел, басқару жүйесі, бекіту, қазу, тау жыныстарының қысымы, жүйе элементі.

Основные меры обеспечения безопасного ведения горных работ на руднике Жомарт

Аннотация. Выстраивание системы управления технологическими рисками является одной из основных мер обеспечения безопасного ведения горных работ на подземных рудниках. В качестве пилотного объекта для исследования, внедрения и проверки жизнеспособности предлагаемой системы управления технологическими рисками рассмотрен функционирующий подземный рудник Жомарт. Учитывая глубокое залегание месторождения, а также с целью более полного изучения физико-механических свойств горных пород рудоносной толщи и геомеханических процессов при ведении горных работ, требуется проведение исследований и внедрение системы управления технологическими рисками. В процессе исследования оценены существующие высокие технологические риски, в частности, нарушение устойчивости кровли и проявление признаков ухудшения состояния выработанного пространства в виде заколообразования, пережима и смещения стенок пробуренных скважин в целиках и др. При проявлении динамических форм горного давления исследованы и определены общие положения безопасного ведения горных работ, направленные на снижение горного давления. Разработаны основные мероприятия, направленные на улучшение технологии безопасного ведения горных работ на руднике.

Ключевые слова: безопасность ведения, горные работы, технологический риск, система управления, крепление, горная выработка, горное давление, элемент системы.

Introduction

The exploring and implementing system of the technology risk management as part of the system of the safe mining operations at the Kazakhmys Corporation LLC underground mines is a cycle of the continuous process improvement of making and implementing the new technological decisions. Thus, these decisions can affect the occurrence of the negative consequences during the second working and first mining operations.

The main stages for an effective process of the technology risk management at the underground mines are illustrated in Figure 1:

- 1) the hazard identification of technology risks;
- 2) the systematization of assessment of technology risks;
- 3) classification and ranking of the technology risks;
- 4) development of measures and actions for technology risk management;
- 5) the progress monitoring of measures and actions;
- 6) the performance evaluation of measures of the technology risk management [1].

The implementation of the technology risk management system is one of the basic measures to ensure the safe mining operations at the underground mines. The operating Zhomart underground mine has been studied as a pilot facility to research, implement and test the efficiency of the proposed tech-

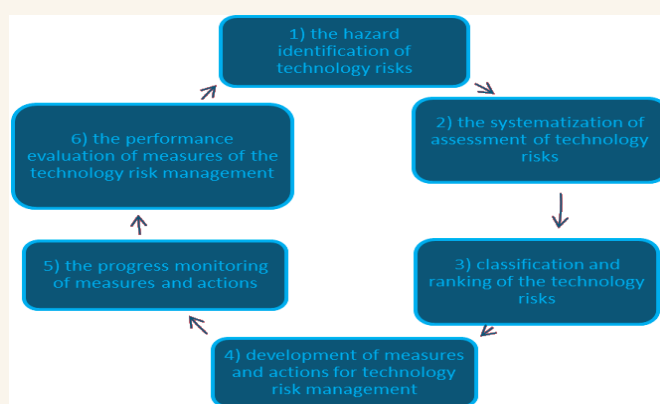


Figure 1. Algorithm for identifying hazards, assessing and managing risks.

Сурет 1. Қауіптерді анықтау, тәуекелдерді бағалау және басқару алгоритмі.

Рис. 1. Алгоритм идентификации опасностей, оценки и управления рисками.

nology risk management system. The mine develops the reserves of the Zhaman-Aybat occurrence, allocated to the first stage of the mining.

Reserves of the first stage of the mining have been opened by the shafts located in the central part such as «load-lifting» and

«skip-cage» shafts, boundary shafts: «ventilation 1» and «ventilation 2». Since 2006 the mining operations have been conducting. The effected performance is 4.0 million tons of ore per year due to involvement of the chambered reserves in the mining.

Therefore, the research and implementation of the technology risk management system is required due to the deep occurrence, the detailed exploration of the physical and mechanical properties of rocks of the ore-bearing strata and the geomechanical processes during the mining operations [2].

For the safe and rational field exploitation, the main directions of the exploration operations have been defined:

- the zoning of the occurrence by stability of the roof and development of a group of actions for the safe mining operations;
- the exploration to establish the optimal parameters of the approved variants of systems for development and support;
- the examination of the effective technology to manage the rock pressure at the underground mines;
- the study of the geomechanical processes during the mining operations;
- the geomonitoring of status of the mined-out area, the overlying strata and the earth's surface [3].

Research methods

The literature review, study of the scientific and technical documentation on issues of the safe mine workings, calculations and results of the Zhomart mine, analysis and synthesis of research results with their critical evaluation can substantiate the need for further development and improvement of the technology risk management system [4-6].

Results and discussions

At the Zhomart mine, the cross-sectional areas of the horizontal mine workings are used for haulage of some mobile mining equipment in view of the facilities, clearance spaces, and the supply or delivery of the required amount of air to ventilate the mine workings. Type of the support of mine workings has been determined on the basis of strength and stability of rocks.

In order to design the supports for mine workings, the following proportions have been applied: without support (stable rocks) – 10%; the reinforced concrete (steel-polymer) rods with sprayed-concrete coating (medium stable rocks) – 60%; and concrete (unstable rocks) – 30%.

The junction of the horizontal mine workings, the chambered workings and their junctions are supported with concrete. The strong and stable rocks are anchored by bars with the sprayed concrete. The roof of the mined-out area is anchored with the diesel-hydraulic drilling and bolting machines such as Sandvik DS410-40 and Sandvik DS210L [7].

Number of the working shifts of the drilling and bolting machine for anchoring of the mined-out area is resented below:

$$N_{sup.} = \frac{n_{sup.}}{Q_{shift}}$$

where, $n_{sup.}$ – a required number of bars for anchoring of the mined-out area, pcs.;

Q_{shift} – the shift capacity of the drilling and bolting machine according to the actual data of the Zhomart mine. Results of the calculation are presented in Table 1.

Table 1

Calculation of capacity for anchoring of roof

Кесте 1

Шатырды бекіту өнімділігін есептеу

Таблица 1

Расчет производительности крепления кровли

No.	Name of indicators	Unit	Mining of reserves with capacity more 4 m	Mining of low-capacity areas
1	Type of machine	–	Sandvik DS 511-C	Sandvik DS 210-L
2	Required number of bars	pcs.	190	140
3	Number of the working shifts of machine for anchoring of roof	–	1.0	2.0
4	Required number of machines for anchoring of roof	pcs.	1	2

A Norment Spraymec 1050 WPC special diesel-powered self-propelled mobile machine is used for concrete spraying of the roof of the mined-out area.

Number of the working shifts of the Normet Spraymec 1050 WPC special machine for concrete spraying of the roof is resented below:

$$N_{concr.spray.} = \frac{S_{concr.spray.}}{Q_{shift}}$$

where, $S_{concr.spray.}$ – a roof area for concrete spraying, m²;

Q_{shift} – the shift capacity of the machine according to the actual data of the Zhomart mine, $Q_{shift} = 350 \text{ m}^2/\text{a shift}$.

Results of the calculation are demonstrated in Table 2.

Due to the fact that at a depth of the mining of the occurrence exceeding 400 m, the occurrence of the dynamic forms of the rock pressure can be observed. Thus, it is necessary to comply with the general regulations of the safe mining operations to reduce the mining pressure:

- It is not allowed to conduct the mining operations with leaving the pillars not included in the project, i.e. they are concentrates of tension in the rock mass;

- The limitation of the mine workings along the greatest tension in the rock massif;

- Application of the perimeter blasting technique in order to obtain the most stable shape for the cross-sectional area of the mine workings [8-9].

Table 2
Calculation of capacity for concrete spraying of the roof

Кесте 2
Шатырлы бетонның өнімділігін есептеу

Таблица 2
Расчет производительности торкретирования кровли

No.	Name of indicators	Unit	Normet Spraymec 1050 WPC
1	A roof area for concrete spraying	m ²	330
2	the shift capacity of the machine	m ² /cm	350
3	Number of the working shifts of the machine	–	0,9
4	Required number of machines	pcs.	1

In parallel, the Zhomart mine is implementing a process of the risk management system. Thus, based on it the technology risks have been assessed, and measures to reduce them have been developed (Table 3).

Conclusion

The basic measures to improve the technology of the safe mining operations during the mine workings have been defined:

1. The implementation of the mentioned technology risk management system;
2. The provision to apply the modern self-propelled and other equipment in all technological processes during the mining operations;

3. The application of the mechanized special-purpose diesel-powered scalers to secure the roof;

4. The predrilling to prevent the possible spalling of roof and sides along the entire length of the mine workings. The broken ore is removed from the danger zone by the load-haul-dump machine;

5. The monitoring of the uncontrolled fall of the roof in the face space of the mine workings and application of the forced rock fall with observance of safety measures and strengthening of anchoring in this area;

6. The subdrilling rocks of the roof of the mine workings for the forced landing in case of delay of the uncontrolled fall of the superincumbent rocks [10].

In order to effectively manage the rock pressure during the mine workings in the underground mines and to ensure the safety of the mining operations, it is proposed to strengthen the roof of the mined-out area by the sprayed concrete supports with the advanced types of setting accelerators and superplasticizers.

The article was prepared on the basis of pilot tests carried out by the commission of the Zhomart underground mine of Kazakhmys Corporation LLP and the Lead Design Institute of Kazakhmys Corporation LLP.

Мақала «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС Жомарт жерасты кенішінің комиссиясы мен «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС «Жетекші жобалау институты» жүргізген тәжірибелік сынақтар негізінде дайындалған.

Статья подготовлена на основе опытно-промышленных испытаний, выполненных комиссией подземного рудника Жомарт ТОО «Корпорация Казахмыс» и Головным проектным институтом ТОО «Корпорация Казахмыс».

Table 3
The basic high technology risks and measures to reduce them during the mine workings

Кесте 3
Негізгі технологиялық тәуекелдер және тау-кен жұмыстары кезінде оларды азайту шаралары

Таблица 3
Основные технологические риски и мероприятия по их снижению при проведении горных выработок

Potential risks	Consequences	Measures to stop risks
Loss of roof stability and signs of deterioration in the mined-out area such as spalling, distortion bending and displacement of the sides of drilled wells in the pillars etc.	Uncontrolled rock fall, creating a threat to human life due to deterioration of the geomechanical conditions of the site.	1. Stoppage of the mining operations until the geomechanical situation is stabilized in compliance with the industrial safety requirements. 2. Technological advancement and facilities of the anchoring process.
Insufficient efficiency of combined support, including concrete spraying, which widely used at the mine, can lead to the local rock falls out from the roof and sides of the mine workings and to rock bumps. Thus, it can traumatize the miners of the working and drifting faces.	Uncontrolled rock fall, creating a threat to human life due to deterioration of the geomechanical conditions of the site.	Application of the new technological solutions related to strengthening of the roof stability based on the advanced types of setting accelerators and superplasticizers for the sprayed concrete.

Table 3 continued
 3-кесте жалғасы
 Продолжение таблицы 3

Standing of a miner during the marking and gadding in the face space.	Spalling of rock blocks from the roof and sides of the mine workings during the gadding, anchoring and loading.	Automation of the marking and gadding in the face space.
Spalling of roof and sides along the entire length of the mine workings.	Threat to human life due to the spalling of roof and sides along the entire length of the mine workings.	1. The drilling and breaking ground of roof and sides of the mine workings. 2. Additional strengthening of the sides of the mine workings with sprayed concrete supports and/or anchoring.
Overhang of roof and sides in the face space of the mine workings	Threat to human life due to sudden rock slide	1. If the roof and side of rocks in the face space of the mine workings do not fall by themselves, they will be forced to fall out. 2. Strengthening of the support in the face space and application of the temporary anchoring.

REFERENCES

1. *ST RK ISO 31000-2020 «Risk management. Guidelines» (in Russian)*
2. *Kazakhmys Corporation LLP. Instruction on arched support in mine workings at the Zhomart mine. – 2020 (in Russian)*
3. *A practical guide for a mining engineer. – Karaganda, Kazakhmys Corporation LLP. – 2019. – P. 365 (in Russian)*
4. *Alejano, R. Rock engineering and rock mechanics: structures in and on rock masses/ R. Alejano, Áurea Perucho, Claudio Olalla, Rafael Jiménez. – CRC Press. – 2015. – P. 372 (in English)*
5. *Barton, Nick. Shear strength criteria for rock, rock joints, rockfill and rock masses: Problems and some solutions / Nick Barton // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2016. Vol. 5(4). – P. 249-261 (in English)*
6. *Bidgoli, Majid Noorian. Numerical evaluation of strength and deformability of fractured rocks / Majid Noorian Bidgoli, Zhihong Zhao, Lanru Jing // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2016. – Vol. 5(6). – P. 419-430 (in English)*
7. *«Mining plan for the development of reserves at the Zhaman-Aibat deposit», Kazakhmys Corporation LLP, Lead Design Institute, Zhezkazgan. – 2022 (in Russian)*
8. *«Industrial Safety Rules for Hazardous Production Facilities Conducting Mining and Geological Exploration». – Astana, 2015 (in Russian)*
9. *«The project of industrial development of the Zhaman-Aibat field. Opening and development of reserves of the II stage (adjustment of the stripping scheme)», LLP «Corporation Kazakhmys», Head Design Institute. – Astana, 2017 (in Russian)*
10. *«Calculation of ore reserve standards based on the degree of preparedness of underground mines of Kazakhmys Corporation LLP, Lead Design Institute. – Astana, 2020 (in Russian)*

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *ҚР СТ ИСО 31000-2020 «Тәуекелдерді басқару. Әдістемелік нұсқаулар» (орыс тілінде)*
2. *«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС. Жомарт кенішіндегі тау-кен қазбаларын бекіту жөніндегі Нұсқаулық. – 2020 (орыс тілінде)*
3. *Тау-кен инженеріне практикалық нұсқаулық. – Қарағанды, «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС. – 2019. – Б. 365 (орыс тілінде)*
4. *Alejano, R. Тау жыныстары инженериясы және тау жыныстары механикасы: тау жыныстарының ішіндегі және массивтеріндегі құрылымдар / R. Alejano, Áurea Perucho, Claudio Olalla, Rafael Jiménez. – CRC Press. – 2015. – Б. 372 (ағылшын тілінде)*
5. *Barton, Nick. Тау жыныстары, тау жыныстары, тау жыныстары және жыныс массалары үшін ығысу беріктігі критерийлері: мәселелер және кейбір шешімдер / Nick Barton // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. – 2016. – Т. 5(4). – P. 249-261 (ағылшын тілінде)*
6. *Bidgoli, Majid Noorian. Жарылған жыныстардың беріктігі мен деформацияланғыштығын сандық бағалау/ Majid Noorian Bidgoli, Zhihong Zhao, Lanru Jing // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. – 2016. – Т. 5(6). – P. 419-430 (ағылшын тілінде)*

7. «Жаман-Айбат кен орнындағы қорларды игерудің тау-кен жұмыстарының жоспары», «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Жезқазған қ., Жетекші жобалау институты. – 2022 (орыс тілінде)
 8. «Тау-кен және геологиялық барлау жұмыстарын жүргізетін қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік ережелері». – Астана, 2015 (орыс тілінде)
 9. «Жаман-Айбат кен орнын өнеркәсіптік игеру жобасы. II кезеңдегі қорларды ашу және игеру (аршу сұлбасын түзету)», «Қазақмыс» Корпорациясы» ЖШС, Бас жобалау институты. – Астана, 2017 (орыс тілінде)
 10. «Корпорация «Қазақмыс» ЖШС жерасты кеніштерінің дайындық дәрежесіне негізделген кен қоры нормативтерін есептеу, Жетекші жобалау институты. – Астана, 2020 (орыс тілінде)
- СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**
1. СТ РК ISO 31000-2020 «Менеджмент риска. Руководящие указания» (на русском языке).
 2. ТОО «Корпорация Казахмыс». Инструкция по креплению горных выработок на руднике «Жомарт». – 2020 (на русском языке)
 3. Практическое пособие горного инженера. Караганда, ТОО «Корпорация Казахмыс». – 2019. – С. 365 (на русском языке)
 4. Alejano, R. Горная инженерия и горная механика: конструкции в горных массивах / R. Alejano, Aurea Perucho, Claudio Olalla, Rafael Jiménez. – CRC Press. – 2015. – С. 372 (на английском языке)
 5. Barton, Nick. Критерии прочности на сдвиг для горных пород, швов горных пород, каменной наброски и горных массивов: проблемы и некоторые решения / Nick Barton // Журнал горной механики и геотехнической инженерии. – 2016. – Т. 5(4). – С. 249-261 (на английском языке)
 6. Bidgoli, Majid Noorian. Численная оценка прочности и деформируемости трещиноватых горных пород / Majid Noorian Bidgoli, Zhihong Zhao, Lanru Jing // Журнал горной механики и геотехнической инженерии. – 2016. – Т. 5(6). – С. 419-430 (на английском языке)
 7. «План горных работ отработки запасов месторождения Жаман-Айбат», ТОО «Корпорация Казахмыс», Головной проектный институт. – Жезказған, 2022 (на русском языке)
 8. «Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы». – Астана, 2015 (на русском языке)
 9. «Проект промышленной разработки месторождения Жаман-Айбат. Вскрытие и отработка запасов II очереди (корректировка схемы вскрытия)», ТОО «Корпорация Казахмыс», Головной проектный институт. – Астана, 2017 (на русском языке)
 10. «Расчет нормативов запасов руды по степени подготовленности подземных рудников», ТОО «Корпорация Казахмыс», Головной проектный институт. – Астана, 2020 (на русском языке)

Information about the authors:

Ақпанбаева А.Г., PhD, student at The Department «Development of Mineral Deposits» of The Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), 777a88@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5848-8115>

Исабек Т.К., doctor of technical sciences, professor at The Department «Development of Mineral Deposits» of The Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), tyiak@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7718-933X>

Толовхан Б., PhD, student at The Department «Development of Mineral Deposits» of The Non-profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan), baur_999@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8961-9170>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ақпанбаева Ә.Г., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Исабек Т.К., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының т.ғ.д., профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Толовхан Б., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Ақпанбаева А.Г., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский Технический Университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Исабек Т.К., д.т.н., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский Технический Университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

Толовхан Б., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский Технический Университет им. Абылқаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)