

Код МРНТИ 52.13.15

Б. Хусан, А.Ж. Имашев, *Д.Т. Ивадилинова, Р.Ж. Искаков

Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан)

КЕНОРЫНДАРДЫ ЖЕРАСТЫ ҚАЗУҒА КӨШКЕНДЕ КЕНДЕ ӨЗДІГІНЕН ҚҰЛАТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ӘЛЕМДІК ТӘЖІРИБЕНІҢ ТАЛДАУЫ

Аннотация. Мақалада кенорындарды жерасты игеру технологиясын таңдау проблемасына нарықтық көзқарас, кенорындарды игеру қарқындылығын арттыру, пайдалы компоненттері аз кенорындарын игеруге арзан технологияларын іздеу сұрақтары көрсетілген. Оған қоса күрделі және төмен сұрыпты кен денелерін тиімді игеру, кенорындардың қорларын ашық тәсілмен қазғаннан кейін жерасты қазу мүмкіндіктерін іздеу жолдарына талдау жүргізілді. Әлемдік тәжірибе көрсетіп отырғандай, кеннің өздігінен құлауы бар жүйенің қуатты кен орындарын игеру кезінде осы талаптарға барынша сәйкес келеді. Мақалада белгілі бір жағдайларда кенді құлату арқылы жүйелерді қолдану мүмкіндігін негіздеу бойынша шетелдік компаниялардың тәжірибелеріне көңіл бөлінеді. Жүргізілген зерттеулер мен алынған деректерді талдау нәтижесінде өздігінен қопарылатын қақпақ жүйелерін тау-кен өнеркәсібінде қолдану экономикалық көрсеткіштерінің артықшылықтары көрсетілген.

Түйінді сөздер: жерасты қазу, кенді өздігінен құлату, аралас тәсіл, жерасты игеру технологиясы, рудалы кен орындары, тау-кен өнеркәсібі.

Analysis of world experience of self-regulating mining systems in the transition to underground mining of ore deposits

Abstract. The article considers the issues of choosing a technology for underground mining of ore deposits from a market point of view, increasing the intensity of mining, developing deposits with a low content of useful components, and searching for cheap technologies for mining. It also analyzes the ways of efficient development of low-grade ore bodies, and searches for opportunities for underground mining after opening deposits by open-pit mining. World experience shows that the self-caving system of ore at powerful ore deposits best meets these requirements. The article focuses on the experience of foreign companies in substantiating the possibility of using systems with self-caving of ore. The results of the studies and the analysis of the data obtained make it possible to determine the economic advantages of using self-caving systems in the mining industry.

Key words: underground mining, self-caving of ore, combined method, underground mining technology, ore deposits, mining industry.

Анализ мирового опыта систем разработки с самообрушением при переходе к подземной разработке рудных месторождений

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы выбора технологии подземной разработки рудных месторождений с рыночной точки зрения, увеличения интенсивности разработки месторождений, разработки месторождений с низким содержанием полезных компонентов, поиска дешевых технологий для добычи полезных ископаемых. Также проводится анализ путей эффективной разработки низкосортных рудных тел, поиск возможностей подземной разработки после вскрытия месторождений открытым способом. Мировой опыт показывает, что система самообрушения руды на мощных рудных месторождениях наиболее соответствует этим требованиям. В статье уделяется внимание опыту зарубежных компаний по обоснованию возможности применения систем с самообрушением руды. Результаты проведенных исследований и анализ полученных данных дают возможность определить экономические преимущества использования систем самообрушения в горнодобывающей промышленности.

Ключевые слова: подземная разработка, самообрушение руды, комбинированный способ, технология подземной разработки, рудные месторождения, горнодобывающая промышленность.

Кіріспе

Рудалы кен орындарын жерасты игеру технологиясын таңдау проблемасына нарықтық көзқарас, кен орындарын игеру қарқындылығын арттыру, пайдалы компоненттері аз кен орындарын игеруге тарту [1], кенді өндірудің арзан технологияларын іздеу, өндіру мен байыту кезінде жаңа техникалық шешімдерді енгізуге әкелді. Күрделі және төмен сұрыпты кен денелерін тиімді игеру, кен орындарының қорларын ашық тәсілмен қазудан кейін жерасты игеру мүмкіндіктерін іздеу жүргізілуде.

Кенді өздігінен бұзатын технологиясы қуатты кен орындарын, сондай-ақ кен денелерін өңдеу кезінде орташа қуаттылықта және күрт құлдыраумен, полиметалл, мыс, темір және кендердің басқа түрлерін өндіру кезінде қолданылуы мүмкін.

Кенді өздігінен құлату – шығынды азайтатын және өнімділігі жоғары әрі ашық тау-кен жұмыстарымен бәсекелесе алатын кенді жерасты қазу тәсілі [2]. Тау-кен кәсіпорнында жерасты тау-кен жұмыстарында жоғарғы қауіпсіздіктік қамтамасыз етумен жылдық өнімділікті, өзіндік құнын артыру жолында кенді өздігінен құлату параметрлерін дәл табу, кендерді тасымалдау және жеткізу кезінде заманауи қуатты өздігінен жүретін өзіжүргі техникаларын, ұсату жабдықтарын таңдау үшін зерттеу жұмыстары белсенді жалғасуда. Кенді өздігінен құлату қазу жүйесін қабылдаған компаниялар металл нарығында бәсекеге қабілетті, өндіріс және экономика бойынша ең тиімді болып табылады.

Өздігінен құлату жүйелері – бұл тау-кен өнеркәсібінде, әсіресе шахталар мен карьерлерде қауіпті жағдайларды басқару және жұмысшылардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қолданылатын заманауи технологиялар [3]. Бұл жүйелер жер қыртысының үстіңгі қабаттарының бақылаулы түрде қопарылуын қамтамасыз етеді, осылайша кен қазу жұмыстарында үлкен апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Әдістер/зерттеулер

Ең ірі және табысты тау-кен компанияларының қызметін талдау өздігінен құлату жүйелер бүгінгі таңда ең арзан және өнімділігі жоғары әзірлеу жүйелері екенін көрсетеді. Олардың ерекшелігі бұл табиғи, мәжбүрлі жарылыссыз, кенді түбінен қиғаннан кейін массивтің құлауы – массивте қажетті өлшемдердің көлденең әсерін жасау.

Әлемдік ірі тау-кен компанияларының тәжірибелеріне сараптама жасасақ, кенді өздігінен құлату жүйесі бүгінде жер асты қазудың ең арзан әрі жоғары өнімділікті екеніне көз жеткізуге болады. Оның ерекшелігі кен массивтерін табиғи, жару жұмыстарынсыз, өздігінен құлату болып табылады. Сол себепті бұл жүйе бойынша бірнеше мемлекеттер бет бұруда (1 сурет).

Кенді өздігінен құлату технологиясы өздігінен құлауға бейім полиметаллды, мыс, темір сияқты кеннің басқа түрлерін өндіргенде қуатты кенорындарын, сонымен қатар орташа қуатты және тік құлауымен кен денелерін қазу кезінде қолданылады. Кенді өздігімен құлатумен қазу жүйесі



Сурет 1. Кенді өздігінен құлатумен қазу жүйесін қолданатын кеніштер (жоспарланған қазбалар және жұмыс істеп тұрған және жабық кеніштер).
Figure 1. Mines using the self-caving system with the use of planned workings and existing, as well as closed mines.
Рис. 1. Шахты, использующие систему самообрушения с применением планируемых выработок и действующих, а также закрытых шахт.

сінің тобы профессор В.Р. Именитовтың класстар бойынша қазу жүйесінің үшінші классына жатады [4].

Негізгі артықшылықтар – төмен шығындар және жоғары өнімділік.

Кен орнын өздігінен құлату әдісімен ашуға және өңдеуге арналған күрделі шығындар айтарлықтай болуы мүмкін болса да, жоғары өнімділік пен өндіру көлемі кез келген басқа әдіспен кен орнын игеруге қарағанда әлдеқайда жоғары [5–6]. 1 кестеде кенді өздігінен құлату жүйесі бойынша қазу жұмыстарын жүргізген кеніштерге шолу жасаймыз.

Кесте 1

Кенді өздігінен құлату жүйесі бойынша қазу жұмыстарын жүргізген кеніштердің нәтежиелері

Table 1

Results of mining operations in mines using the self-caving system

Таблица 1

Результаты горных работ на шахтах, использующих систему самообрушения

Кеніштің атауы	Кен түрі	Жылдық өнімділігі т/жыл
«Нортпаркс» Австралия (1997)	мыс-алтын	5
«Хендерсон» США	молибден	10
«Коффифентейн» ЮАР	алмаз	1,5
«Финч» ЮАР (1990)	алмаз	5,5
«Палабора» ЮАР (1996)	мыс	2
«Эль-Тениенте» Чили	мыс	10,9
«Фрипорт» Индонезия	мыс-алтын	2,5-3

Өздігінен құлату әдісінің кемшіліктері:

• кен орнын игерудің бастапқы кезеңдеріндегі миллиондаған долларлық шығындар;

- өндірістің баяу өсуі;
- болжамдық дәлсіздік. Құлау жағдайларын алдын ала болжау технологиялары әлі де толық жетілдірілмеген. Сондықтан кейде қонарылу болатыны туралы мәліметтер дұрыс болмауы мүмкін;
- тұрақты бақылау қажеттілігі. Құрылыс жұмыстарын қауіпсіз жүргізу үшін әрдайым бақылау мен арнайы білімі бар мамандарды қажет етеді, бұл қосымша шығындар тудырады;
- тау жыныстары мен өндіру жағдайларының болжау қиын жоғары инвестициялық тәуекелді білдіреді.

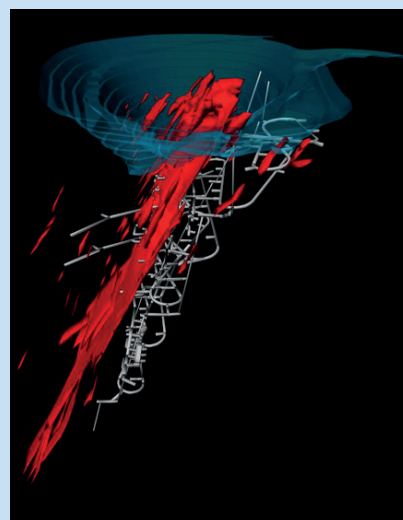
Өздігінен құлату әдісінің артықшылықтары:

- Қауіпсіздікті арттыру. Өздігінен құлау әдісі үлкен және күтпеген құлаулардың алдын алу арқылы жұмысшылардың өмірін сақтап қалуға көмектеседі.
- Өндірістік тиімділік. Мұндай жүйелер пайдалы қазбаларды алу кезінде жоғалтуларды азайтып, жұмыс тиімділігін арттырады.
- Шығындарды азайту. Құлату мен апаттардың алдын алу жүйелері апаттық жағдайларды қалпына келтіруге кететін шығындарды азайтады.

Ашық қазбалар экономикалық тұрғыдан тиімді кәсіпорын болып табылады, өйткені өндірілген ресурстардың бағасы бос жынысты іріктеу шығындарынан асып түседі. Кез-келген ашық даму сыни тереңдікке жетеді және рентабельділігін жоғалтады. Минералды ресурстардың елеулі қорлары қолданыстағы игеруге қарағанда тереңірек болған жағдайда, жерасты өндіру әдістері қолданылады (2 сурет).

Ең терең ашық игеру ~1200 м, ал жер асты тау-кен жұмыстары 3000 м-ден астам тереңдікке жетуі мүмкін [7].

Көптеген қолданыстағы ашық қазбалар жер асты әдісіне көшуді жоспарлануда немесе қазірдің өзінде көшті. Үнемді және тиімді бола отырып, өздігінен құлату әдісі мұндай жобаларда жиі қолданылады.



Сурет 2. Ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу.

Figure 2. Transition from open-pit mining to underground mining.

Рис. 2. Переход от открытого способа добычи к подземному способу добычи.

Ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу кезінде [8–10] туындайтын қиындықтар:

- Кен денесінің оңтайлы биіктігін таңдау;
- Кеннің барлық биіктігіне құлау қамтамасыз етілмеуі мүмкін;
- Карьерде және жерасты дамуында қауіпсіз бір мезгілде жұмыс істеуді қамтамасыз ету үшін төбенің ең аз қалыңдығы;
- Карьердегі жұмыс пен жерасты дамуын қанша уақыт біріктіруге болады;
- Топырақ деформациясының сипаты, олардың пайда болу уақыты және жер үсті және жер асты инфрақұрылымына әсері;
- Геотехникалық тәуекелдерді және оларды азайту жолдарын талдау.

Ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу кезіндегі негізгі мәселелер:

- Өздігінен құлауы сейсмиканың жоғарылауына әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде кенеттен құлауға әкеледі;
- Құлау фронтында айтарлықтай ауа қабатының дамуы тұтас құлаған жағдайда ауа жарылысына әкелуі мүмкін;
- Төбенің ерте құлауы жобаның сәтті аяқталуына күмән келтіруі мүмкін;
- Өздігінен құлауынан туындаған топырақтың деформациясы карьер беткейлерінің құлауын тудыруы мүмкін (3 сурет);
- Карьер еріген және жаңбыр суларын жинай алады, бұл қазудың су басу қаупін арттырады [11].

Дегенмен, бүгінде өздігінен құлатумен жерасты қазу жүйесіне көшкен ашық қазу кеніштері біршама (2 кесте).

Палабора кенішінің ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу үлгісі (3 сурет). Жер асты қазу айтарлықтай топырақ массивінің қозғалысын тудырды. Жер бетіндегі жауын-шашын 2.5 метрге жетті, жарықтардың пайда болуы карьерден 300 метр қашықтықта байқалды [12]. Көлбеудің ішінара құлауы болды.

Өздігінен құлату жүйелерін қолдану тәжірибесі:

– Тау-кен өндірісіндегі жер асты жұмыстары:

Қауіпті қопару аймақтарында шахталарда және карьерлерде өздігінен құлату әдісі қолданылады, мұнда жыныстың үстіңгі қабатының қопарылуы алдын ала бақыланып, кеншілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін басқарылуы тиіс. Бұл әдіс қопарылатын қабаттарды бақылап, шағын апаттардың болуын алдын алады.

Кейбір шахталарда пайдалы қазбаларды алу өте қиын болған жағдайда, қопарылуға дайын емес аймақтарды «толық емес» әзірлеу әдісі қолданылады. Бұл әдіс қопарылатын қабаттың тұрақтылығын сақтау үшін, жерді алдын ала дайындықсыз қопаруға мүмкіндік береді.

– Геодинамикалық зерттеулер арқылы әдістер:

Қопарылудың алдын алу үшін геодинамикалық зерттеулер жүргізіледі, олардың негізінде қопарылудың ықтималдығын болжауға және геотехникалық басқару схемаларын құруға болады.

Қопарылу жағдайының болуына алдын ала болжам жасау үшін сейсмикалық және қысым датчиктері сияқты бақылау жүйелері қолданылады.

Кесте 2

Өздігінен құлатумен жерасты қазу жүйесіне көшкен ашық қазу кеніштері

Table 2

Quarries and opencast mines that have switched to underground mining using a self-caving system

Таблица 2

Карьеры, разрезы, перешедшие на подземную добычу с использованием системы самообрушения

Ел	Тау-кен өндірісі	Карьердің максимальды тереңдігі	ВРС тау-кен өндірісінің басталуы
Аустралия	Аргайль	300	2008
	Маунт Кейт кеніші	350	2015
	Нортпаркс	100	1996
Чили	Чукикамата	1100	2016
	Манса-Мина	400	2014
Индонезия	Грасберг	1000	2016
Оңтүстік Африка	Финч	420	2014
	Коффинтейн	240	1997
	Палабора	830	2001
	Премьер	190	1970
	Венетия	360	2011
АҚШ	Бингем каньоны	900	2012



Сурет 3. Палабора кенішінің ашық қазу әдісінен жерасты қазу әдісіне көшу үлгісі.

Figure 3. Model of the transition of the Palabora mine from open pit mining to underground mining.

Рис. 3. Модель перехода рудника Палабора от открытого способа добычи к подземному способу добычи.

– Технологиилар мен жабдықтар:

Қопарылатын қабаттың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін арнайы қазу жабдықтары, мысалы, бұрғылау қондырғылары мен көтергіш құрылғылар пайдаланылады. Бұл құралдар жерді қопарғанда қабаттың қирауын алдын алу мақсатында пайдаланылады.

Қазіргі кезде қопарылуды бақылап, дабыл жүйелерімен жұмыс жасайтын автоматты бақылау жүйелері қолданылады, бұл жұмысшыларды қауіптен құтқарып қалуға мүмкіндік береді.

– Карьерлердегі қолдану тәжірибесі:

Ашық жерлерде қолданылатын әдістер, мысалы, «қорғаныш қабаттар» немесе «құлаудың алдын алу қабаттары» әдістері, жерді қазу кезінде тұрақты бақылауды қамтамасыз етеді. Бұл әдістер қабаттардың біркелкі қопарылуын қамтамасыз ету арқылы кеніштің қауіпсіздігін арттырады.

Оңтүстік Африка Республикасында тау-кен өнеркәсібі саласындағы қауіпсіздікке ерекше назар аударылады. Мұнда жер қыртысының өзгерістерін бақылайтын технологияларды қолдану арқылы үлкен қопарылулар мен апаттардың алдын алу жүзеге асырылады. Бұл тәжірибе жұмысшылардың қауіпсіздігін арттыруға және апаттардың санын азайтуға мүмкіндік береді.

Нәтижелер

Өздігінен құлау (қопарылатын қақпақ) жүйелерін қолданудың экономикалық көрсеткіштері

Өздігінен қопарылатын қақпақ жүйелерін тау-кен өнеркәсібінде қолдану экономикалық көрсеткіштермен тығыз байланысты. Бұл жүйелер қауіпсіздікті арттырып, шығындарды азайтуға мүмкіндік береді, сондай-ақ өндіріс тиімділігін арттырып, кәсіпорынның жалпы экономикасына оң әсер етеді.

1. Апаттық жағдайлар мен қалпына келтіру шығындарын азайту

Апаттар шығындарын төмендету. Өздігінен қопарылатын қақпақ технологияларын енгізу кеніштерде кенеттен қопарылу жағдайларын азайтады. Бұл құрылымдардың зақымдалуына және жұмысшылардың жарақат алуына байланысты шығындарды азайтуға көмектеседі.

Құтқару жұмыстарына кететін шығындарды азайту. Бақылау мен мониторинг жүйелері алдын ала қопарылу қауіпін болжауға мүмкіндік береді, бұл жұмысшыларды эвакуациялау уақытын қысқартады және құтқару операцияларына кететін шығындарды азайтады.

2. Шығын материалдары мен еңбек шығындарын оңтайландыру

Ресурстарды тиімді пайдалану. Өздігінен қопарылу жүйелері қопаруды тұрақтандыруға қажетті қосымша жұмыстарды азайтуға мүмкіндік береді, бұл құрылыс материалдары, мысалы, анкерлеу қондырғылары, металл құрылымдары және басқа да материалдарға кететін шығындарды оңтайландырады.

Еңбек шығындарын азайту. Бұл технологиялар қақпақтың жағдайын бақылауды және тұрақтандыруды азайтуға

мүмкіндік береді, бұл жұмысшылардың санын қысқартуға және өнімділікті арттыруға әкеледі.

3. Өндірістік тиімділікті арттыру

Шахтаның немесе карьердің жұмыс мерзімін ұзарту. Өздігінен қопарылу әдістері жұмыс жағдайларын тұрақтандырып, шахталардың және карьерлердің пайдалану мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Алдын ала болжау мен бақылау қабаттардың қауіпсіздігіне оң әсер етеді, бұл кен орнын игерудің тиімділігін арттырады.

Қазбаны шығару кезіндегі жоғалтуларды азайту. Қопарылуды бақылау арқылы кенді өндіру кезінде үлкен шығындарды болдырмауға болады, бұл пайдалы қазбалардың жоғалуын азайтып, қайта өңдеу және қалпына келтіру шығындарын төмендетеді.

4. Технологиилар мен жабдықтарға инвестициялар

Құрылғыларды енгізу және техникалық қамтамасыз ету шығындары. Өздігінен қопарылу жүйелерін енгізу үшін бастапқыда қымбат жабдықтар мен мониторинг жүйелеріне инвестиция салу қажет. Алайда бұл шығындар ұзақ мерзімді экономикалық пайдамен өтеледі, өйткені апаттар саны азайып, қауіпсіздік пен өндірістің тиімділігі арттырады.

Құрылғылардың амортизациясы. Қазіргі заманауи технологиялар, мысалы, сейсмографтар, қысым және температура датчиктері, тұрақты техникалық қызмет көрсетуді және ауыстыруды қажет етеді. Бұл қосымша шығындарға әкеледі, бірақ бұл технологиялар жүйенің үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етіп, қымбатқа түсу ықтималдығын азайтады.

5. Жанама экономикалық артықшылықтар

Репутацияны арттыру және инвестициялар тарту. Қауіпсіз және заманауи технологияларды енгізетін компаниялар инвесторлардың назарын аударады және халықаралық нарықтарда өздерінің имиджін жақсартады. Бұл капиталды төмен пайызбен алу және сыртқы қаржыландыруға қол жеткізу мүмкіндіктерін арттырады.

Сақтандыру шығындарын азайту. Қауіпсіздік шараларын енгізген компаниялар әдетте сақтандыру компанияларынан арзан сақтандыру шарттарын алады, себебі тәуекелдер азаяды.

6. Ұзақ мерзімді экономикалық пайда

Ұзақ мерзімді шығындарды үнемдеу. Өздігінен қопарылу жүйелері қақпақтың тұрақтылығын қамтамасыз ету және геологиялық зерттеулер жүргізу шығындарын азайтады, бұл шахталар мен карьерлердің ұзақ мерзімді эксплуатациясында тиімді болады.

7. Экологиялық шығындарды азайту

Өздігінен қопарылуды бақылау экологиялық тәуекелдерді, мысалы, су көздерінің ластануын немесе экожүйелердің бұзылуын азайтады. Бұл экологиялық апаттармен күресуге арналған шығындарды айтарлықтай төмендетеді.

Нәтижелерді талқылау

Экономикалық есептеулер мысалдары:

Апаттық шығындарды азайту: Оңтүстік Африкада жүргізілген зерттеуде, өздігінен қопарылу жүйесін енгізу

апаттар санын 30%-ға төмендетіп, жылына 5 миллион доллар үнемдеуге мүмкіндік берді.

Өндіріс тиімділігін арттыру: Қақпақ жағдайын бақылау жүйесі енгізілген шахтада өндіріс көлемі 15%-ға артты, бұл жылына 3 миллион доллар қосымша пайда әкелді.

Қорытынды

Қорыта айтқанда, өздігінен қопару жүйелері тау-кен өнеркәсібінде үлкен қауіп-қатерлерді басқару және ресурстарды тиімді пайдалану үшін маңызды элемент болып табылады.

Кенді өздігінен бұзатын игеру жүйелері дамыған тау-кен өндіру елдерінің қуатты кен орындарында негізгі болып табылады. Жеке топқа бөліну, олар өндіріс көрсеткіштері бойынша да қарқынды дамыды. Ашық тау-кен жұмыстарының өзіндік құны мен өнімділігімен салыстыруға болады.

Өздігінен құлайтын жүйелер қолдану мүмкіндігін жасайды, ең қуатты заманауи техниканы жеткізу, тасымалдау, ұсақтау кезінде, бұл да өте тартымды: машиналар мен жабдықтардың шағын паркі жылына миллиондаған тонна тауарлық кен өндіруді қамтамасыз етеді.

Шығарылымды дұрыс жоспарлау және бақылау кезінде шығару көрсеткіштері жоғары деңгейде: шығындар мен разубоживание айтарлықтай қымбат даму жүйелерін қолданумен салыстыруға болады.

Төмен шығынды технологиялар рудалы кен орындарын, кен орындарының жоғары экономикалық учаскелерін игеруге мүмкіндік береді, ал қымбат жүйелерде олар тиімсіз пайда болады.

Қорытынды: Өздігінен құлату әдісін қолдану бірқатар күрделі геотехникалық мәселелермен байланысты, дегенмен, тәжірибе көрсеткендей, олар шешіледі. Ең басты кілті сапалы геологиялық және геомеханикалық ізденістер болып табылады.

Өздігінен қопарылу жүйелері тау-кен өнеркәсібінде үлкен экономикалық пайда әкелетін технологиялар болып табылады. Бастапқыда қымбат тұратын инвестициялар мен жабдықтарды ескере отырып, апаттар мен апаттық жағдайлардан үнемдеу, қауіпсіздік пен өнімділікті арттыру және материалдық шығындарды азайту осы технологиялардың экономикалық тиімділігін айқын көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Упадхай Р. Пайдалы қазбалар кен орындары: Сингапур: Springer, 2025. Б. 423–494 (ағылшын тілінде)
2. Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р. Жерасты өндірісі кезінде кеннің өздігінен жойылуы: М.: МГМУ, 2006. Б. 200–220 (орыс тілінде)
3. Сандық кескіндердің корреляциясына негізделген жақын қашықтықтағы көмір қабаттарының дамуындағы шатырдың деформациясы мен бұзылу заңын зерттеу / Ян С. [және т. б.] // Эксперименттік әдістер. 2024. Т. 48. 1005–1026 (ағылшын тілінде)
4. Стариков Н.А. Кен орындарын игеру жүйелері: М.: Металлургиздат, 1967. Б. 528–536 (орыс тілінде)
5. Өндірілген кеңістіктегі құлаған шатырдың дизайн формасы мен эволюциясының сипаттамалары / Ли Ю. [және т. б.] // Мейтан Сюебао. Қытай көмір қоғамының журналы. 2021. Т. 46. Б. 3771–3780 (ағылшын тілінде)
6. АҚШ-тың тау-кен өнеркәсібінде шатыр якорьлерін қолданумен байланысты жазатайым оқиғалар мен жарақаттарды талдау / Саммарко Дж.Дж. [және т. б.] // Транзакциялар. 2016. Т. 340. Б. 11–20 (ағылшын тілінде)
7. Именитов В.Р. Қуатты кен орындарын игеру жүйелері: М.: Металлургиздат, 1955. Б. 92–95 (орыс тілінде)
8. Ашық тау-кен жұмыстарынан жерасты жұмыстарына өту кезінде тау жыныстарының құлауын бақылау әдісі / Ли Х.Ю. [және т. б.] // Солтүстік-шығыс университетінің журналы (жаратылыстану ғылымдары). 2015. Т. 36. Б. 419–422, 447 (ағылшын тілінде)
9. Кешенді ашық және жерасты тау-кен жұмыстарының экологиялық таза технологиялары / Ступник Н. [және т. б.] // Тау-кен шолуы. 2024. Б. 25–31 (орыс тілінде)
10. Верма Чандрани, Сони Абхай. Ашық дамудан жер астына өту кезінде тәж бағанының тұрақтылығы: IntechOpen, 2024. Б. 3–14 (ағылшын тілінде)
11. Тау-кен жөніндегі анықтамалық. Жерасты жұмыстары / Ред. А.М. Терпигорев, Р.П. Каплунов. М.: Тау-кен жөніндегі әдебиеттің мемлекеттік ғылыми-техникалық баспасы, 1961. Б. 808 (орыс тілінде)
12. Доусон Л.Р. Австралияда Нортпаркес шахталарында алғашқы блокты үңгірді игеру-Индевор кен орны: Австралия тау-кен және металлургия институты, 1995. Б. 155–164 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Upadhyay R. Mineral Deposits: Singapore: Springer, 2025. 423–494 pp. (in English)
2. Kuzmin E.V., Uzbekova A.R. Samoobrushing rudy pri podzemnoi dobyche [Self-caving of ore during underground mining], Moscow: MG MU, 2006. 200–220 pp. (in Russian)

3. *Study on Roof Deformation and Failure Law of Close Distance Coal Seams Mining Based on Digital Image Correlation* / Yang S. [et al.] // *Experimental Techniques*. 2024. V. 48. 1005–1026 pp. (in English)
4. Starikov N.A. *Sistemy razrabotki mestorozhdenii* [Systems of deposit development], Moscow: Metallurgizdat, 1967. 528–536 pp. (in Russian)
5. *Structure form and evolution characteristics of collapsed roof in goaf* / Li Y. [et al.] // *Meitan Xuebao. Journal of the China Coal Society*. 2021. V. 46. 3771–3780 pp. (in English)
6. *An analysis of roof bolter fatalities and injuries in U.S. mining* / Sammarco J.J. [et al.] // *Transactions*. V. 340. 11–20 pp. (in English)
7. Imenitov V.R. *Sistemy razrabotki moshchnykh mestorozhdenii* [Systems for developing powerful deposits], Moscow: Metallurgizdat, 1955. 92–95 pp. (in Russian)
8. *Control method of rock caving hazard during transition from open pit to underground mining* / Li H.Y. [et al.] // *Journal of Northeastern University (Natural Science)*. 2015. V. 36. 419–422, 447 pp. (in English)
9. *Ekologicheski chistye tekhnologii kompleksnoi otkrytoi i podzemnoi dobychi poleznykh iskopaemykh* [Environmentally friendly technologies of integrated open and underground mining], Stupnik, N. [et al.], *Gornoe obozrenie* [Mining Review]. 2024. 25–31 pp. (in Russian)
10. Verma Chandrani, Soni, Abhay. *Stability of Crown Pillar during Transition from Open Pit to Underground Mining: IntechOpen*, 2024. 3–14 pp. (in English)
11. *Spravochnik po gornorudnomu delu. Podzemnye raboty* [Handbook of Mining. Underground Works], Edited by A.M. Terpigorev, R.P. Kaplunov. Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo gornoj literatury, 1961. 808 p. (in Russian)
12. Dawson L.R. *Developing Australia's First Block Cave Operation at Northparkes Mines – Endeavour Deposit: The Australian Institute of Mining and Metallurgy*, 1995. 155–164 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Упадхьяй Р. Месторождения полезных ископаемых: Сингапур: Springer, 2025. С. 423–494 (на английском языке)
2. Кузьмин Е.В., Узбекова А.Р. Самообрушение руды при подземной добыче: М.: МГМУ, 2006. С. 200–220 (на русском языке)
3. Исследование закона деформации и разрушения кровли при разработке угольных пластов на близком расстоянии на основе корреляции цифровых изображений / Ян С. [и др.] // *Экспериментальные методы*. 2024. Т. 48. С. 1005–1026 (на английском языке)
4. Стариков Н.А. Системы разработки месторождений: М.: Металлургиздат, 1967. С. 528–536 (на русском языке)
5. Форма конструкции и характеристики эволюции обрушившейся кровли в выработанном пространстве. / Ли Ю. [и др.] // *Мэйтан Сюэбао. Журнал Китайского угольного общества*. 2021. Т. 46. С. 3771–3780 (на английском языке)
6. Анализ несчастных случаев и травм, связанных с применением кровельных анкеров в горнодобывающей промышленности США. / Саммарко Дж.Дж. [и др.] // *Транзакции*. 2016. Т. 340. С. 11–20 (на английском языке)
7. Именитов В.Р. Системы разработки мощных месторождений: М.: Металлургиздат, 1955. С. 92–95 (на русском языке)
8. Метод контроля опасности обрушения горных пород при переходе с открытого на подземный способ добычи / Ли Х.Й. [и др.] // *Журнал Северо-Восточного университета (естественные науки)*. 2015. Т. 36. С. 419–422 (на английском языке)
9. Экологически чистые технологии комплексной открытой и подземной добычи полезных ископаемых. / Ступник Н. [и др.] // *Горное обозрение*. 2024. С. 25–31 (на русском языке)
10. Верма Чандрани, Сони Абхай. Устойчивость колонны короны при переходе от открытой разработки к подземной: *IntechOpen*, 2024. С. 3–14 (на английском языке)
11. *Справочник по горнорудному делу. Подземные работы* / Под ред. А.М. Терпигорева, Р.П. Каплунова. М.: Государственное научно-техническое издательство горной литературы, 1961. 808 с. (на русском языке)
12. Доусон Л.Р. Разработка первой в Австралии блочной пещерной разработки на шахтах Нортпаркес – месторождение Индевор: Австралийский институт горного дела и металлургии, 1995. С. 155–164 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Хусан Б., ПҚКӨ кафедрасының аға оқытушысы, Ph.D, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), husanb@mail.ru; 0000-0003-0996-348X

Имашев А.Ж., ПҚКӨ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Ph.D, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), a.imashev@kstu.kz; 0000-0002-9799-8115

Ивадилина Д.Т., Ph.D, ПҚКӨ кафедрасының доцент м.а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), dinulb@mail.ru; 0000-0002-9731-0587

Искаков Р.Ж., ПҚКӨ кафедрасының 2 курс докторанты, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ (Қарағанды қ., Қазақстан), Rusik91R@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1261-4921>

Information about the authors:

Khussan B., senior lecturer of the Department of Working out of mineral deposits, Ph.D, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Imashev A.Zh., Associate Professor of the Department of Working out of mineral deposits, Ph.D, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Ivadinova D.T., Ph.D, Acting docent of the Department of Working out of mineral deposits, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Iskakov R.Zh., 2nd year doctoral student of the Department of Working out of mineral deposits, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Хусан Б., старший преподаватель кафедры РМПИ, Ph.D, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

Имашев А.Ж., ассоциированный профессор кафедры РМПИ, Ph.D, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

Ивадилина Д.Т., Ph.D, и.о. доцента кафедры РМПИ, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

Искаков Р.Ж., докторант 2 курса кафедры РМПИ, НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

МЕТИЛ ИЗОБУТИЛ КАРБИНОЛ МИБК (МIBC)

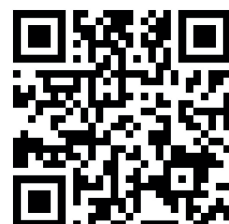
- Напрямую от производителей
- Оптимальное соотношение цены и качества
- В наличии со склада
- Доставка до двери

Ксантогенаты

- Калий бутиловый (PBX)
- Калий амиловый (PAX)
- Натрий изобутиловый (SIBX)

**TOO "VICTORIA FORTRESS ALMATY"**

050059, Республика Казахстан,
г. Алматы, пр. Аль-Фараби 13,
БЦ «Нурлы-тау» 2В, 601



Tel: + 7 701 796 88 55/ + 7 771 796 88 88

Email: almaty@vf-chem.com

www.vfchemical.com