YER OSTI RUDA KONLARIDA SHAKLLANADIGAN TAYANCH BOSIMI ZONALARINING KON LAHIMLARI XAVFSIZLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH

[1]Salyamova K. D., [2]Bakirov G'.X., [3]Nurxonov X. A., [4]Zuxritdinov D.X.
[1]O'zR FA Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti, Toshkent, O'zbekiston
[2]Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O'zbekiston
[3]Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston
[4]Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Doi: 10.5281/zenodo.23663691

ANNOTATSIYA Ushbu maqolada yuqori tektonik kuchlanish sharoitlari bilan ifodalanadigan «Qizil-Olma» konining quyi gorizontlarida joylashgan nimqavatlarni qazib olish jarayonida yuzaga keladigan tayanch bosim zonalarining shakllanishini raqamli modellashtirish asosida tadqiq etilgan. Tadqiqot natijalari chuqurlik va qazib olish frontining o'lchami ortishi bilan siqilish kuchlanishlarining sezilarli darajada ortishini hamda ularning maksimal qiymatlari pastki nimqavat shtreki va qazib olish kamerasining shift qismida konsentratsiyalanishini ko'rsatdi. Hisoblash natijalari asosida ruda tanasi atrofida siquvchi va tangensial kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi, yuqori kuchlanish konsentratsiyasi kuzatiladigan uchastkalar hamda relaksatsiyalangan zonalarning o'zaro joylashish xususiyatlari aniqlangan. Olingan natijalar kon lahimlari turg'unligini baholash, kon lahimi bo'ylab xavfli zonalarni aniqlash va qazib olish parametrlarini optimallashtirish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

KALIT SO'ZLAR kon lahimlari, tayanch bosimi zonasi, kuchlanish konsentratsiyasi, kuchlanish-deformatsiya holati, kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi, relaksatsiya zonasi, sonli modellashtirish, tog' bosimi, geomexanik holat, tektonik gorizontal kuchlanishlar.

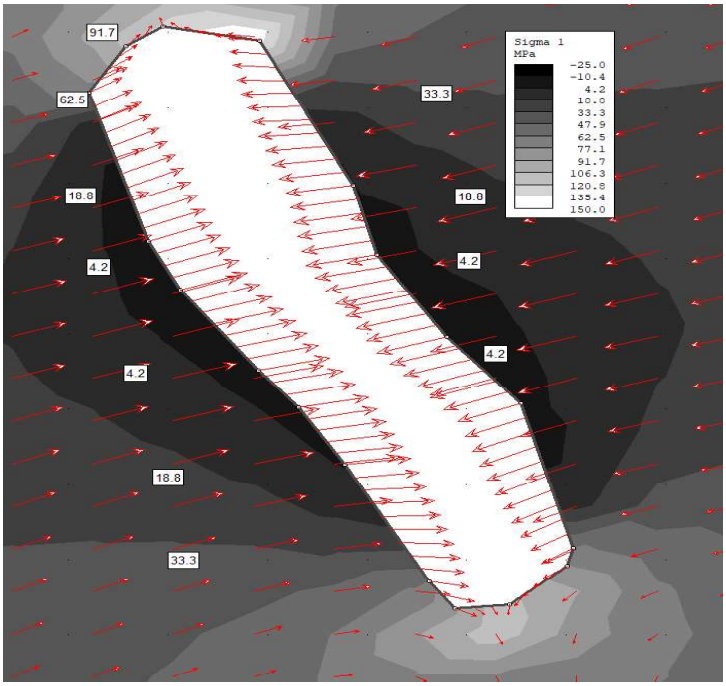
«Angren» kon boshqarmasi tarkibidagi «Qizil-Olma» koni sharoitida tog' jinslari massivida ta'siri yuqori bo'lgan siquvchi tektonik gorizontal kuchlanishlar maydoni asosan shimoli-g'arbiy yo'nalishda yo'naltirilganligi aniqlangan. Ushbu regional tektonik kuchlanishlar kon maydonida keng tarqalgan geologik buzilishlar, yoriqlar va kontakt zonalari bilan o'zaro ta'sirlashib, massivning geodinamik holatini sezilarli darajada murakkablashtiradi. Natijada tog' jinslari massivida kuchlanishlarning fazoviy qayta taqsimlanishi, mahalliy kuchlanish konsentratsiya zonalarining shakllanishi hamda elastik energiyaning to'planishi kuzatiladi.

Bunday murakkab geologik-tektonik sharoitlarda yer osti kon ishlari olib borilishi qazib olish bo'shlig'i atrofidagi massivning kuchlanish-deformatsiya holatini uzluksiz monitoring qilishni, kon bosimining xavfli dinamik namoyon bo'lish ehtimolini prognozlashni hamda maxsus geomexanik profilaktika chora-tadbirlarini ishlab chiqish va joriy etishni talab etadi. Mazkur zarurat yer osti inshootlarining asosiy qismi bevosita qazib olingan bo'shliqlar yaqinida joylashganligi, bu esa ularni texnogen kuchlanish maydonining maksimal ta'sir zonalariga tushib qolish ehtimolini oshirishi bilan izohlanadi. «Qizil-Olma» konida olib borilgan kon qazish ishlari natijasida qazib olish bo'shlig'i atrofidagi tog' jinsi massivida tayanch bosimi bilan bog'liq yuqori kuchlanish konsentratsiyasi zonalarining shakllanishi murakkab sharoitlarni yuzaga keltirmoqda [1].

Tadqiqot ishlarida tog' jinslari massivining kuchlanish-deformatsiya holatini aniqlash uchun matematik modellashtirish usuli qo'llanildi. Matematik modellashtirish chekli elementlar usuli asosida EXAMINE 2D kompyuter dasturi yordamida amalga oshirildi, hisoblash modeli tekis deformatsiya (plane strain) sharoitida qaraldi. Modelda qazib olish bo'shlig'i, nimqavat shtreklari va atrof tog' jinsi massivi hisobga olindi. Kon ishlari ta'siri yetib bormagan tabiiy massiv sharoitida maksimal asosiy kuchlanish (σ_1) ruda tanasining cho'zilish (tarqalish) yo'nalishi bo'ylab yo'naltirilgan bo'lsa, qazib olish bo'shlig'i atrofidagi massivda asosiy gorizontal kuchlanishlar maydoni ruda tanasining tarqalish yo'nalishiga deyarli perpendikulyar yo'nalishda shakllanadi [2]. Ushbu holat tog' jinslari massivining kuchlanish-deformatsiya holatining anizotrop xarakterini hamda kon ishlari natijasida yuzaga keladigan texnogen kuchlanish maydonining murakkab fazoviy tuzilishini tasdiqlaydi (1-rasm).

Kon ishlari chuqurligining ortib borishi bilan tog' jinslari massivida siqish kuchlanishlarining o'rtacha qiymatlari izchil ravishda oshib borishi aniqlangan. Xususan, «Qizil-Olma» koni maydonida 450 m chuqurlikda gorizontal siqish kuchlanishining o'rtacha qiymati 95 MPa ni, tayanch bosim zonasida esa maksimal kuchlanish qiymati 110 MPa ga yetishi qayd

etilgan. Ushbu qiymatlar kernli disklanish usuli bo‘yicha olingan natijalar bo‘yicha hisoblab topilgan va aniqligi boshqa tadqiqot natijalari bilan taqqoslangan. Natijada xatolik ko‘rsatkichi 3-5% ni tashkil qildi. Mazkur chuqurlik sharoitida atrof tog‘ jinslarining siqilishdagi o‘rtacha chegaraviy mustahkamligi σ_s = 120–160 MPa, rudaning siqilishdagi chegaraviy mustahkamligi esa σ_s = 130–180 MPa diapazonda ekanligi aniqlangan. Bu ko‘rsatkichlar tog‘ jinslari va ruda tanalarida elastik energiya to‘planishi hamda mo‘rt sinish jarayonlarining potensial rivojlanish ehtimoli mavjudligini ko‘rsatadi [3].



1-rasm. Qazib olish bo‘shlig‘i atrofidagi va kon ishlari ta’siri yetib bormaydigan massivlarda gorizontal kuchlanishlarning ta’sir yo‘nalishlari.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, tayanch bosim zonasida maksimal kuchlanish konsentratsiyasining joylashish chuqurligi ($h_{t.b}$) qazib olinayotgan ruda tanasining qalinligi, tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari (siqilishdagi mustahkamlik, elastiklik moduli, Puasson koeffitsienti) hamda dastlabki tektonik kuchlanish holatiga bevosita bog‘liqdir. Mazkur bog‘liqlik quyidagi empirik ifoda bilan aniqlanadi:

$$h_{t.b} = m\left(1{,}174 - \frac{0{,}00033 \cdot C \cdot \cos\beta}{1-\sin\beta}\right) \ [m] \qquad (1)$$

Bunda: m-ruda tanasi qalinligi, m; C – tog‘ jinslarining ilashish ko‘rsatkichi, β – tog‘ jinsining ichki ishqalanish burchagi, grad.

$$h_{t.b} = m\left(1{,}174 - 0{,}000165 \cdot \left(\sigma_1 - \frac{1+\sin\beta}{1-\sin\beta} \cdot \sigma_3\right)\right) [m] \qquad (2)$$

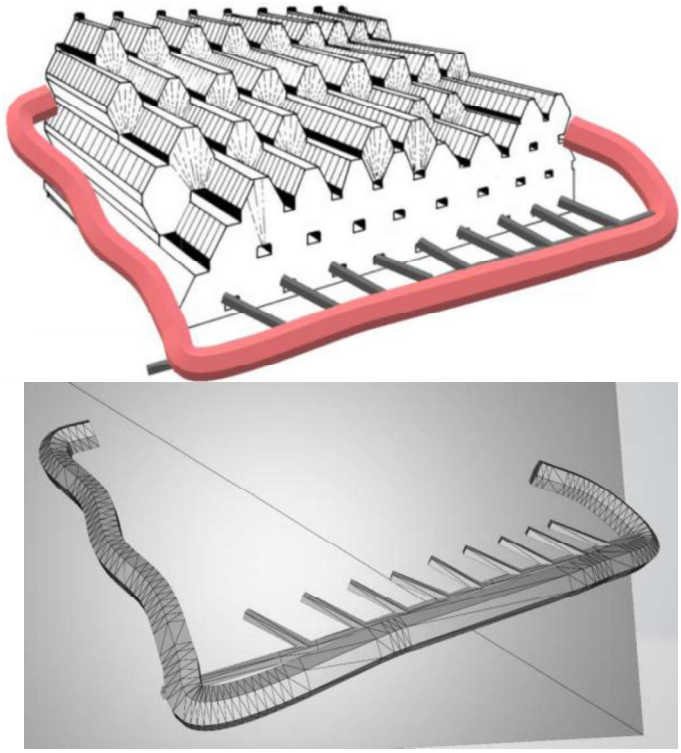
Bunda: m-ruda tanasi qalinligi, m; σ1 va σ3 – asosiy kuchlanishlar, MPa; β – tog‘ jinsining ichki ishqalanish burchagi, grad;

«Qizil-Olma» koni sharoitida nimqavatlarda qazib olish frontining turli yo‘nalishlarda rivojlanishi, nimqavatlar bo‘yicha ruda tanasining qalinligi, ruda hamda atrof tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari, shuningdek qo‘llanilayotgan qazib olish tizimining konstruktiv elementlari ta’sirini kompleks hisobga olgan holda tayanch bosim zonalarining fazoviy joylashuv chuqurligini aniqlash uchun empirik bog‘lanish ifodasi ishlab chiqildi. Ushbu bog‘lanish qazib olish jarayonining texnologik va geomexanik parametrlariga bog‘liq holda tog‘ jinslari massivida shakllanadigan kuchlanish konsentratsiyasi zonalarining chuqurlik bo‘yicha tarqalishini baholash imkonini beradi hamda tayanch bosim zonasining prognozlash modeli sifatida taklif etiladi [4].

$$h_{t.b} = 8.54 \cdot \ln L_{q.f} - 8.85 \ [\text{m}] \qquad (3)$$

bunda: $h_{t.b}$ –qazib olinayotgan gorizontdagi kon lahimidan tayanch bosim zonasigacha bo‘lgan chuqurlik, m., $L_{q.f}$ – nimqavatda qazib olish frontining ruda tanasi cho‘ziqligi bo‘yicha uzunligi, m.

«Qizil-Olma» konining +925 gorizontida joylashgan 10B ruda tanasi nimqavatlarida qazib olish bo‘shlig‘i atrofida shakllangan tayanch bosim zonalarining fazoviy konfiguratsiyasi 2-rasmda keltirilgan bo‘lib, u qazib olish ishlari natijasida yuzaga keladigan texnogen kuchlanish maydonining murakkab tuzilishini aks ettiradi.



a) b)

2-rasm. «Qizil-Olma» koni +925 m gorizontida tayanch bosim zonasi hosil bo‘lish sxemasi:
a-umumiy holat; b-tayanch bosim zonasi.

Hozirgi vaqtda «Qizil-Olma» konining +865 m gorizontida joylashgan nimqavatda qazib olish frontining ruda tanasi cho‘ziqligi bo‘yicha uzunligi $L_{q.f}$ = 35 m dan 80 m gacha o‘zgarishi mumkin. Shu bilan birga, +805 gorizontdagi nimqavatda qazib olish frontining ruda tanasi bo‘ylab cho‘zilish uzunligi $L_{q.f}$= 40–60 m diapazonda ekanligi aniqlangan. Mazkur uzunliklarda qazib olish ishlari nimqavatning turli uchastkalarida bir vaqtning o‘zida olib borilmoqda, bu esa qazib olish frontining fazoviy rivojlanishining murakkabligini ko‘rsatadi. Qazib olish frontining ruda tanasi bo‘ylab cho‘zilish uzunligining bunday o‘zgaruvchanligi nimqavatda bir vaqtda faoliyat yuritayotgan qazib olish ortlari (zaboylar) soni bilan bog‘liq bo‘lib, front oldi tog‘ jinslari massivida buzilishlar rivojlanishiga olib keladi. Nimqavatdagi qazib olish ortlari orasidagi o‘rtacha masofa 14–17 m ni tashkil etishi aniqlangan bo‘lib, bu ko‘rsatkich tog‘ jinslari massivida kuchlanishlarning lokal qayta taqsimlanishi hamda tayanch bosim zonalarining shakllanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

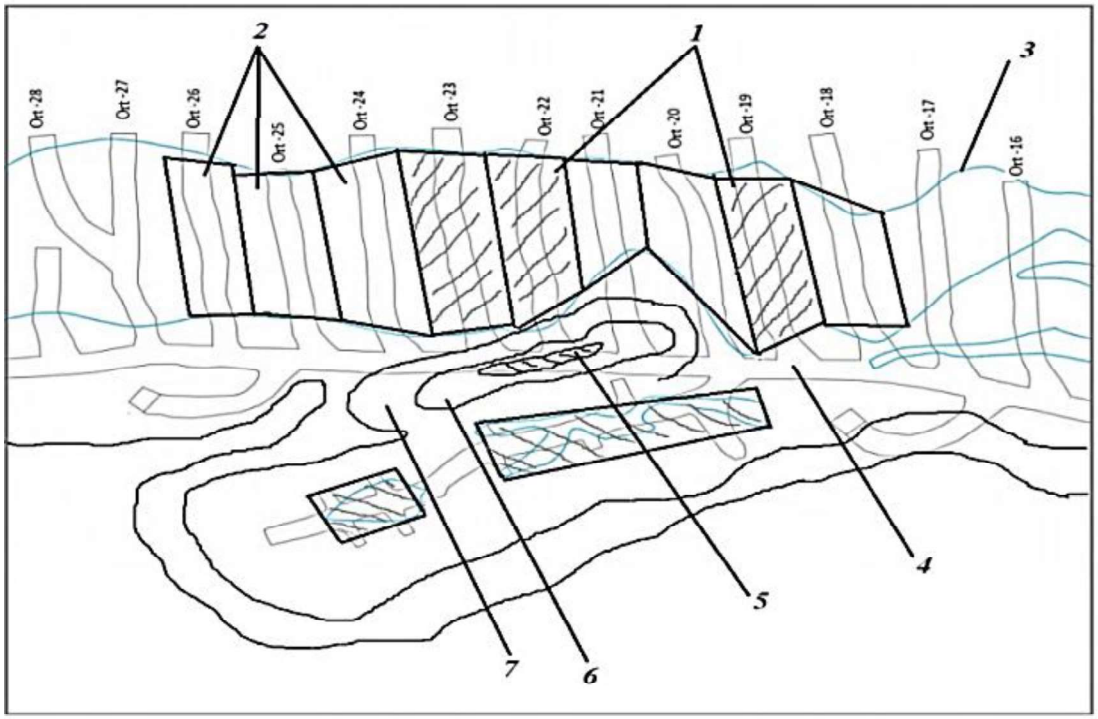
Shu sababli, qazib olish frontining ruda tanasi bo‘ylab cho‘zilish uzunligi va ortlar orasidagi masofa tayanch bosim zonalarining makon bo‘yicha joylashuvini prognozlashda, shuningdek kon lahimlari va qazib olish kameralarining turg‘unligini baholashda muhim geomexanik parametrlar sifatida qaraladi. Ushbu gorizontlardagi nimqavatlarda ruda tanasining qalinligi 25 dan 40 m gacha o‘zgarib turadi, nimqavat balandligi esa barcha gorizontlarda 12 m ni tashkil etadi [5].

Odatda, tayanch bosim zonasida maksimal kuchlanish holati yuzaga keladi va uning fazoviy joylashish chuqurligi bir qator geomexanik va texnogen omillarga bog‘liq bo‘ladi. Ushbu omillarning asosiylari quyidagilardir:

1. Qazib olish bo‘shlig‘i atrofidagi tog‘ jinslari massividagi maksimal gorizontal kuchlanishlar (σ_{tb}, MPa) – u ruda tanasiga perpendikulyar va parallel yo‘nalishlar bo‘yicha tarqaladi;
2. Vertikal kuchlanishlar (γH, MPa) – tog‘ jinslarining og‘irligi va chuqurlikdan kelib chiqadigan gravitatsion komponentlar natijasida yuzaga keladi;
3. Ruda tanasining qalinligi (m, m) – qalin ruda tanalarida tayanch bosim zonasining chuqurligi odatda ortadi, chunki yuklamaning dispergatsiya maydoni kengroq bo‘ladi;
4. Kon ishlari olib borilayotgan chuqurlik (H, m) – chuqurlik ortishi bilan tog‘ jinslari ustki qatlamlari ostida hosil bo‘ladigan siquvchi kuchlar kuchayadi;
5. Tog‘ jinslarining siqilishdagi chegaraviy mustahkamligi (σ_{sq}, MPa) – tog‘ jinslarining mexanik xususiyatlari tayanch bosim zonasining joylashish chuqurligi va kuchlanish konsentratsiyasi qiymatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Shunday qilib, kon ishlarining rivojlanishi va front yo‘nalishining o‘zgarishi tayanch bosim zonasi va undagi maksimal kuchlanish konsentratsiyasi

markaziy va chekka qismlarda doimiy ravishda o‘zgarishini ta’minlaydi. Atrofdagi tog‘ jinsi massividagi dinamik hodisalar konsentratsiyasi, asosan, ruda tanasidagi nimqavatlarni qazib olishdan keyin, puch tog‘ jinslarining mo‘rt buzilib, qazib olish bo‘shlig‘ini to‘ldirish jarayonida hosil bo‘ladi. Shu bilan birga, turli o‘lchamdagi nimqavatlardan tashkil topgan qavatlar ruda tanalarida joylashganligi sababli, bu zonalarga ta’sir qiladigan tektonik buzilishlar yuzaga keladi. Ko‘pincha tog‘ jinslari massividagi kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi portlatish ishlari natijasida yuzaga keladigan mikro silkinishlar (razgruzka) hisobiga amalga oshadi, bu esa massivning ayrim qismlarida qisqa muddatli yengillashishga olib keladi. Keyinchalik vaqt o‘tishi bilan boshqa qismlarda kuchlanish konsentratsiyasi ortadi, natijada tayanch bosimi zonasi dinamik hodisalar konsentratsiyasi kuzatiladigan uchastkaning markaziy qismida, navbatdagi nimqavatning bir qismi qazib olinganidan so‘ng hosil bo‘ladi (3-rasm).



3-rasm. Qazib olish ishlarining tayanch bosim zonalarining shakllanishiga va dinamik hodisalarning konsentratsiyasiga ta’siri*: 1- qazib olingan ort, tayanch bosim zonasi, 2- qazib olishga tayyorlangan ort; 3-ruda tanasi, 4-nimqavat shtreki; kuchlanish ko‘payish zonasi; 5- dinamik hodisalarning konsentratsion zonasi; 6- tayanch bosim zonasining dastlabki joylashuvi; 7-tayanch bosim zonasining keyingi joylashuvi;*

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, 10B ruda tanasida joylashgan +1045 gorizontdagi qazib olinayotgan nimqavat uchun tayanch bosim zonasi qazib olish bo‘shlig‘idan taxminan 30 m pastda shakllanganligi aniqlanib, ushbu zona uchta pastki nimqavatni (+933 m gorizont, +921 m gorizont va +909 m gorizont) qamrab olgan. Shuningdek, qazib olinayotgan maydonga tutash qazib olish uchastkalarida qazib olish fronti rivojlanishi jarayonida qazib olinayotgan nimqavatdan 5–6 ort oldinda hamda ruda tanasining qalinligiga bog‘liq holda pastki nimqavatlarda kuchlanishning ortib boruvchi yuklama zonasi, ya’ni tayanch bosim zonasi shakllanishi kuzatildi. Ushbu zonalarda tog‘ jinsi massivining kuchlanish-deformatsiya holati keskin kuchayganligi qayd etildi.

Kon ishlarini olib borish jarayonida dinamik hodisalar konsentratsiyasi zonalari va tayanch bosimi zonalarining shakllanish qonuniyatlarini aniqlash, loyihalash bosqichida ularning kelajakda ehtimoliy joylashishi va texnologik jarayonga ta’sirini oldindan baholash imkonini beradi. Ushbu ma’lumotlar asosida yangi nimqavatlar va pastki gorizontlarni qazib olish uchun geotexnologik sxemalar va parametrlar ishlab chiqish mumkin bo‘ladi.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗОН ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В ПОДЗЕМНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ, НА БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

[1]Салямова К. Д., [2]Бакиров Г. Х., [3]Нурхонов Х. А., [4]Зухритдинов Д. Х.

[1]Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан.
[2]Алмалыкский государственный технический институт, Алмалык, Узбекистан.
[3]Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан.
[4]Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан.

АННОТАЦИЯ В статье на основе численного моделирования исследовано формирование зон опорного давления, возникающих при отработке подэтажей, расположенных на нижних горизонтах месторождения «Кызыл-Алма», характеризующегося высокими тектоническими напряжениями. Результаты исследований показали, что с увеличением глубины и размеров фронта горных работ происходит существенное возрастание сжимающих напряжений, при этом их максимальные значения концентрируются в области выработки нижнего подэтажного штрека и в кровельной части очистной камеры. На основе результатов расчётов установлены особенности перераспределения сжимающих и тангенциальных напряжений в массиве горных пород вокруг рудного тела, а также определено пространственное взаиморасположение участков с повышенной концентрацией напряжений и релаксированных зон. Полученные результаты имеют важное научно-практическое значение для оценки устойчивости горных выработок, выявления потенциально опасных зон вдоль горных выработок и оптимизации параметров ведения горных работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА горные выработки, зона опорного давления, концентрация напряжений, напряжённо-деформированное состояние, перераспределение напряжений, зона релаксации, численное моделирование, горное давление, геомеханическое состояние, тектонические горизонтальные напряжения.

REFERENCES

1. Bakirov G. Kh., Nurxonov X.A., Qoraboyev X.A., Metall romli mustahkamlagich egiluvchan qismining ish sharoitlarini baholash va uning rejimini boshqarish // Sanoatda raqamli texnologiyalar. – Qarshi, 2023. – Vol.1 – №1. – 64-70 b.
2. Bakirov G. Kh., Nurxonov X.A., Kon lahimi mustahkamlagichiga ta’sir qiladigan yuklamani hisoblash, hisoblash natijalarini qayta ishlash va tahlil qilish // Sanoatda raqamli texnologiyalar. – Qarshi, 2023. – Vol.1 – №2. – 56-63 b.
3. Melikulov A.D., Bakirov G. Kh., Alimov Sh.M. Qazib olinayotgan va istiqbolli oltin ruda konlarining geologik va tektonofizik sharoitlarining geotexnologiyalarga ta’sir etishining tahlili // Sanoatda raqamli texnologiyalar. – Qarshi, 2023. – Vol.1 – №2. – 62-97 b.
4. Bakirov G‘.X., Nurxonov X.A., Bo‘riyev F.M., Ravshanov A.A., Kon lahimlarini ankerli mahkamlashda qo‘llaniladigan kimyoviy ampulalarning o‘rni // Sanoatda raqamli texnologiyalar. – Qarshi, 2026. – Vol.2. – №4,1. – 31-36 b.
5. Салямова К.Д., Меликулов А.Д., Уралбаев А.Д., Бакиров Г.Х., Зухритдинов Д.Х. Численная оценка развития зон концентрации напряжений в массиве горных пород при влиянии процессов добычи в условиях рудника «Кызыл-Алма» // Muhandislik va iqtisodiyot. – Namangan, 2026. – Vol. – №7.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Salyamova Klara Djabbarovna – Chief Researcher at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 100125, Tashkent, Durmon Yuli Str., 40, Uzbekistan.
E-mail: klara_51@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7908-1186

Bakirov Gayrat Kholikberdiyevich – PhD, Associate Professor of the Department of Mining; Almalyk State Technical Institute, 110100, Almalyk, Mirzo Ulugbek Str., 45, Uzbekistan.
E-mail: gayratbakirov3004@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-5471-6340

Nurkhonov Khusan Almirza ugli – PhD, Associate Professor of the Department of Geology and Mining; Karshi State Technical University, Karshi, Nasaf Str., 6, Uzbekistan.
E-mail: nurxonovxusan@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4526-7211

Zukhritdinov Davronbek Khusniddin ugli – PhD Student; Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan.
E-mail: zuxritdinovdavronbek@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-4079-3225

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С УЧЁТОМ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ РУДЫ

Раимжанов Б.Р., Косимов М.О.
Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в г. Алмалык, Узбекистан.

Doi: 10.5281/zenodo.23663831

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен выбор систем разработки золоторудных месторождений с позиции рационального использования запасов и снижения потерь и разубоживания руды. Проанализирована взаимосвязь геологических условий, устойчивости массива, способов подготовки и очистной выемки с полнотой извлечения полезного ископаемого. Выделены контролируемые технологические факторы, связанные с точностью геолого-маркшейдерской информации, параметрами буровзрывных работ, последовательностью отработки, организацией выпуска и доставки руды, а также природные факторы, ограничивающие управляемость процесса. Рассмотрены системы разработки с магазинированием руды, горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства, подэтажными штреками и с использованием проходческого комплекса КПВ-1. Для сопоставления сформирован сравнительно-аналитический подход, учитывающий основные источники потерь, вероятные причины разубоживания и степень их технологической управляемости. Показано, что рациональный выбор системы разработки не может основываться только на производительности или капитальных затратах: необходимо одновременно учитывать геометрические параметры рудного тела, устойчивость руды и вмещающих пород, качество выпуска и объем оставляемых в недрах запасов. Предложенные положения могут использоваться при выборе и корректировке технологии отработки отдельных блоков золотосодержащих рудных месторождений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

система разработки, золоторудное месторождение, потери руды, разубоживание, рациональное использование недр, магазинирование, закладка, подэтажные штреки, буровзрывные работы, выпуск руды, геолого-маркшейдерское сопровождение.

Введение.

Выбор системы разработки является одним из основных технологических решений при подземной добыче золоторудных месторождений. От него зависят порядок подготовки запасов, размеры очистных блоков, способ поддержания выработанного пространства, параметры буровзрывных работ, условия выпуска и доставки руды, а также возможности управления потерями и разубоживанием. Поэтому сравнение вариантов систем разработки должно проводиться не только по производительности и капитальным затратам,