

Код МРНТИ 52.31.01

Б.Р. Ракишев, *А.А. Орынбай, Т.С. Ибырханов

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)

ДОБЫЧА РУД БЕЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ИЗ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ БЛОКОВ УСТУПОВ

Аннотация. Предложена аналитическая зависимость сложности геологического строения блока. С использованием координатных сеток взрываемого и взорванного блока уступа разработана новая методика определения горно-технологических характеристик взорванных сложноструктурных рудных блоков. Выведены теоретические зависимости для определения основных показателей обогащения полезных ископаемых. Предложена аналитическая зависимость определения содержания полезного компонента в отгружаемой руде a' . По значениям содержания ПК в отгружаемой руде определены относительные отклонения извлечения ПК в концентрат при различных вариантах изменения параметров примешиваемого слоя некондиционных руд в зависимости от содержания ПК в кондиционной руде. При предлагаемом новом варианте разработки сложноструктурных блоков предполагаемая разубоживающая часть некондиционных руд переходит в категорию извлекаемых запасов.

Ключевые слова: сложноструктурные блоки уступов, типы блоков, горно-геологические характеристики, содержание полезных компонентов, примешиваемые слои некондиционных руд, координатная сетка.

Кемерлердің күрделі құрылымдық блоктарынан пайдалану шығындарынсыз кендерді өндіру

Аңдатпа. Блоктардың геологиялық құрылымының күрделілік көрсеткішінің аналитикалық тәуелділігі ұсынылған. Жарылатын және жарылған кемер блогының координаталық торларын пайдалана отырып, жарылған күрделі құрылымды кен блоктарының тау-кен-технологиялық сипаттамаларын анықтаудың жаңа әдістемесі әзірленді. Пайдалы қазбаларды байытудың негізгі көрсеткіштерін анықтау үшін теориялық тәуелділіктер анықталды. Жөнелтілетін a' кеніндегі пайдалы компоненттің құрамын анықтаудың аналитикалық тәуелділігі ұсынылған. Жөнелтілетін кендегі ПК мазмұнының мәндері бойынша кондициялық кендегі ПК құрамына байланысты кондициялық емес кендердің аралас қабатының параметрлерін өзгертудің әртүрлі нұсқаларында ПК-ны концентратқа шығарудың салыстырмалы ауытқулары анықталды. Күрделі құрылымдық блоктарды әзірлеудің ұсынылған жаңа нұсқасымен кондицияланбаған кендердің болжамды ыдырайтын бөлігі алынатын қорлар санатына өтеді.

Түйінді сөздер: кемердің күрделі құрылымдық блоктары, блок түрлері, тау-кен геологиялық сипаттамалары, пайдалы компоненттердің құрамы, кондицияланбаған кендердің аралас қабаттары, координаталық тор.

Ore mining without operational losses from complex-structured blocks of benches

Abstract. Analytical dependence of complexity of geological structure of block is proposed. Using coordinate grids of blasting and blasted bench block, a new method for determining mining and technological characteristics of blasted complex-structured ore blocks is developed. Theoretical dependencies are derived for determining main indicators of mineral enrichment. Analytical dependence for determining content of useful component in shipped ore a' is proposed. Based on values of the UC content in shipped ore, relative deviations in extraction of UC into concentrate are determined for different options for changing parameters of admixed layer of substandard ores depending on UC content in the standard ore. With proposed new option for developing complex-structured blocks, expected diluting part of substandard ores passes into category of recoverable reserves.

Key words: complex structural blocks of benches, types of blocks, mining and geological characteristics, content of useful components, mixed layers of substandard ores, coordinate grid.

Введение

Месторождения руд цветных, благородных и редких металлов Казахстана, как и других стран мира в своем большинстве являются сложноструктурными. Рудные участки имеют сложное геолого-морфологическое строение, неравномерное оруденение, визуально неразличимые границы с вмещающими породами. Они характеризуются различной формой, неодинаковыми размерами рудных тел, их пространственным размещением в рассматриваемом пространстве, различным оруденением и физико-механическими свойствами пород [1–3]. Совокупность этих признаков определяет степень сложности геолого-морфологического строения сложноструктурных участков полезных ископаемых. Их доля на предприятиях цветной металлургии стран СНГ составляет 60–90%, а эксплуатационные потери руды могут достигнуть 20–35% [2].

Основными причинами появления высокого уровня потерь и разубоживания при открытой разработке сложноструктурных полезных ископаемых (ПИ) являются недостаточная изученность геолого-морфологического строения сложноструктурных блоков уступов, несоответствие применяемых технологий выемочно-погрузочных работ реальным горно-геологическим условиям залегания сложноструктурных полезных ископаемых в массиве и во взорванном состоянии, использование частных методов определения и нормирования потерь и разубоживания, ориентированных на горно-геологические объекты с четкими геологическими

границами – жилы, линзы, пласты и пластообразования залежи. Причем количественные и качественные потери полезных ископаемых в них обычно устанавливаются для приконтурных участков рудных блоков.

Разработка инновационных методов оценки сложности таких участков и их использование для существенного уменьшения потерь и разубоживания при разработке сложноструктурных полезных ископаемых является актуальной и приоритетной задачей горной науки и промышленности.

Типизация сложноструктурных рудных блоков уступов

Анализ литературных источников по типизации сложноструктурных блоков, их теоретическое осмысление показывает [4–7], что их определяющими параметрами являются размеры площадей отдельных рудных тел и линий их контактов с вмещающими породами (некондиционными рудами) в рассматриваемом объеме (рис. 1, 2). Этот признак может быть оценен коэффициентом сложности геолого-морфологического строения блока (k_{cl}), определяемым по зависимости:

$$k_{cl} = \sum_{i=1}^n l_i t' / \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1)$$

где l_i – длина контактных линий i -го рудного тела с вмещающими породами (или некондиционными рудами) на данном разрезе, м;

t' – толщина слоя вмещающих пород или руд, попадающих при экскавации в рудную массу (или в отгружаемую породу), м;

S_i – площадь сечения i -го рудного тела на данном разрезе блока, м²;

n – число рудных тел.

Как видно из равенства (1), показатель сложности строения блока ($k_{сн}$) выражает отношение суммарной площади приконтактного слоя примешиваемой породы или теряемой руды к суммарной площади рудных тел на данном разрезе. Иначе говоря, уравнение (1) определяет уровень количественных и качественных потерь руды при извлечении ее из сложноструктурных рудных блоков (ССРБ) уступа в долях единицы. Чем больше сумма примешиваемого слоя и меньше сумма площадей рудных тел, тем больше коэффициент сложности геолого-морфологического строения блока и наоборот. Это обстоятельство достаточно полно отражает реальное состояние дел на горных предприятиях.

Если толщина приконтактного слоя примешиваемой породы или теряемой руды для всех рудных тел ССРБ величина постоянная, то ее можно вынести за знак суммы. Тогда количественные и качественные потери будут пропорциональны отношению сумм длин контактных линий к суммарной площади рудных тел на данном разрезе блока, т. е.:

$$k_{сн} = \mu (\sum_{i=1}^n l_i / \sum_{i=1}^n S_i), \quad (2)$$

где μ – некоторый коэффициент пропорциональности, м. В частном случае $\mu = t'$.

Для аналитического определения $k_{сн}$ одним из авторов статьи предложена новая типизация сложноструктурных рудных блоков, содержащая только два типа таких блоков [7]. Первый тип представляет блоки, сложенные из разрозненных сплошных рудных тел, второй тип – блоки, сложенные из рассредоточенных рудных тел. Они приведены на рис. 1 и 2 и служат базой для определения их технологических характеристик, аналитически взаимосвязывающих между собой все выявленные геометрические параметры геолого-морфологического строения блоков.

Расчеты показывают, что для сложноструктурных месторождений рассматриваемый критерий при значении t' , равном 0,25 м (десятой части наименьшей мощности рудного слоя), колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 [7]. По характеру геолого-морфологического строения ССРБ можно подразделить на:

- сложноструктурные ($k_{сн} = 0,1 - 0,2$);
- более сложноструктурные ($k_{сн} = 0,2 - 0,3$).

Следует отметить, что большинство месторождений руд цветных, редких и благородных металлов являются более сложноструктурными. При значении этой характеристики, превышающем 0,3, селективная выемка полезного ископаемого из ССРБ по экономическим соображениям становится весьма проблематичной, так как текущие затраты на добычу достигают невосполнимых размеров.

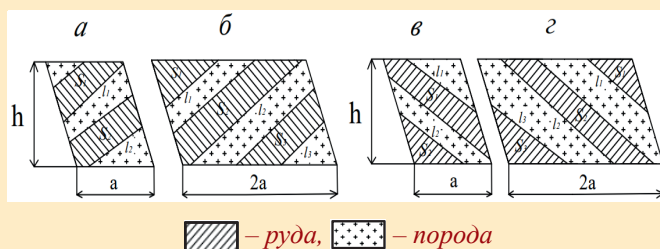


Рис. 1. Виды сложноструктурных блоков уступов, сложенных из разрозненных сплошных рудных тел: а, б – при угле падения тел от 0 до $\pi/2$; в, г – при угле падения тел от $\pi/2$ до π : h – высота блока, a и $2a$ – ширина блока, S_i – площадь i -го рудного тела, l_i – длина линий контактов i -го рудного тела с вмещающими породами.

Сурет 1. Шашыраңқы қатты кенді денелерден тұратын кендердің күрделі құрылымдық блоктарының түрлері: а, б – 0-ден $\pi/2$ -ге дейінгі денелердің түсу бұрышында; в, г – $\pi/2$ -ден π -ге дейінгі денелердің түсу бұрышында: h – блоктың биіктігі, a және $2a$ – блоктың ені, S_i – i -ші кен денесінің ауданы, l_i – негізгі жыныстары бар денелер i -ші кеннің байланыс сызықтарының ұзындығы.

Figure 1. Types of complex structural blocks of benches composed of disparate solid ore bodies: а, б – at the angle of incidence of bodies from 0 to $\pi/2$; в, г – at the angle of incidence of bodies from $\pi/2$ to π : h – block height, a and $2a$ – block width, S_i – area of the i -th of the ore body, l_i – is the length of the contact lines of the i -th ore body with the host rocks.

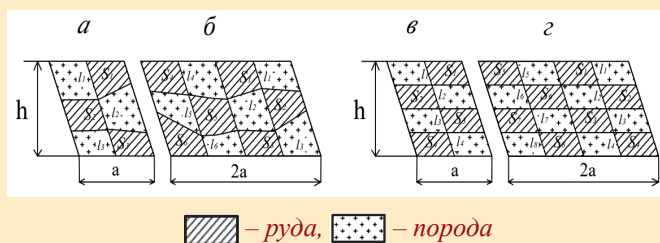


Рис. 2. Виды сложноструктурных блоков, сложенных из рассредоточенных рудных тел: а, б – трапецевидные тела, в, г – параллелограммные тела: h – высота блока, a и $2a$ – ширина блока, S_i – площадь i -го рудного тела, l_i – длина линий контактов i -го рудного тела с вмещающими породами.

Сурет 2. Дисперсті кен денелерінен құралған күрделі құрылымдық блоктардың түрлері: а, б – трапеция тәрізді денелер, в, г – параллелограммдық денелер: h – блоктың биіктігі, a және $2a$ – блоктың ені, S_i – i -ші кен денесінің ауданы, l_i – негізгі жыныстары бар денелер i -ші кеннің байланыс сызықтарының ұзындығы.

Figure 2. Types of complex structural blocks composed of dispersed ore bodies: а, б – trapezoid bodies, в, г – parallelogram bodies: h – block height, a and $2a$ – block width, S_i – area of the i -th of the ore body, l_i – is the length of the contact lines of the i -th ore body with the host rocks.

Геометрические характеристики элементов взорванного сложноструктурного блока уступа

Определение коэффициентов сложности геолого-морфологического строения ССРБ реализуется с помощью координатных сеток взрываемого и взорванного блока. При этом взрываемый блок разбивается на определенное число частей виртуальными плоскостями, проведенными параллельно откосу уступа и горизонту [8] (рис. 3а). Следы горизонтальных разбивающих плоскостей в разрезе уступа представляют собой горизонтальные оконтуривающие линии элементов уступа. В их число входят также следы кровли и подошвы уступа. Аналогично следы наклонных разбивающих плоскостей представляют собой наклонные оконтуривающие линии рассматриваемых элементов уступа. Они включают в свой состав линию откоса уступа и линию отрыва взрываемого блока от массива пород (рис. 3а). Положения отмеченных оконтуривающих линий во взорванном состоянии блоков уступов показаны на рис. 3б, в.

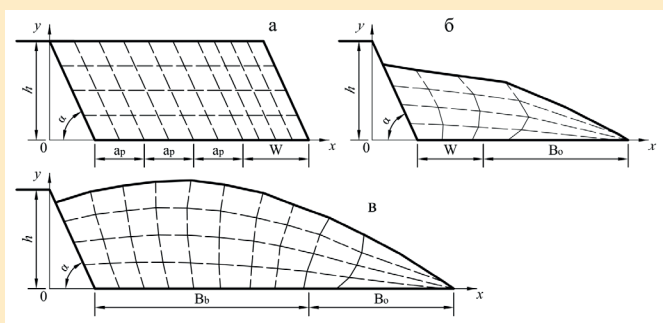


Рис. 3. Схема размещения элементов уступа во взрываемом (а) и взорванных блоках при однорядном (б) и четырехрядном КЗВ на свободную поверхность (в).

Сурет 3. Бір қатарлы (б) және төрт қатарлы ҚЖ кезінде бос бетке жарылтатын (а) және жарылған (в) блоктардағы кемер элементтерін орналастыру схемасы.

Figure 3. Layout of bench elements in blasting (a) and blasted blocks with single-row (b) and four-row SLE on a free surface (c).

Совокупность взаимно пересекающихся горизонтальных и наклонных оконтуривающих линий элементов взрываемого блока в разрезе названа координатной сеткой взрываемого блока. Совокупность взаимно пересекающихся деформированных горизонтальных и наклонных оконтуривающих линий элементов уступа в развале названа координатной сеткой взорванного блока.

К геометрическим характеристикам элементов взорванного блока относятся их площади, оконтуривающие линии, коэффициенты разрыхления элементов по горизонтальным и наклонным слоям и координаты узловых точек координатной сетки взорванного блока [9]. Узловыми точками координатной сетки взорванного блока являются точки пересечения горизонтальных и наклонных оконтуривающих линий элементов взрываемого блока.

Нумерация слоев по вертикали y ($y = 1, 2 \dots 4$) ведется снизу вверх, а по горизонтали δ ($\delta = 1, 2 \dots 10$) сле-

ва направо. Этому порядку соответствуют индексы рассматриваемых характеристик элементов (площадей, коэффициента разрыхления) взорванного блока ($S_{1,1}^*, S_{1,2}^*, \dots, S_{4,10}^*; k_{p1,1}, k_{p1,2}, \dots, k_{p4,10}$).

Координаты узловых точек координатной сетки взорванного блока определяются по следующим формулам:

$$x_{ij} = k_{ij}^x (\epsilon_\lambda + m_j); y_{ij} = k_{ij}^y * l_i, \quad (3)$$

где x_{ij}, y_{ij} – координаты узловых точек координатной сетки, т. е. точек пересечения i -ой и j -ой оконтуривающих линий элементов взорванного блока уступа, i ($i = 1, 2 \dots 5$), j ($j = 1, 2 \dots 11$); k_{ij}^x, k_{ij}^y – коэффициенты пропорциональности изменения координат узловых точек соответственно по горизонтальному и вертикальному направлениям;

$\epsilon_\lambda, m_j, l_i$ – константы уравнения.

Константа ϵ_λ одинакова для однорядного и многорядного расположения скважин и определяется по зависимости:

$$\epsilon_\lambda = (h - l_i) \cdot ctg\alpha. \quad (4)$$

Здесь индексы ϵ_λ обозначают номера узловых точек на линии отрыва пород от массива снизу вверх ($\lambda = 1, 2 \dots 5$), h – высота уступа, α – угол откоса уступа, l_i – ордината i -ой оконтуривающей горизонтальной линии взрываемого блока.

$$l_1 = 0; l_2 = \frac{h}{4}; l_3 = \frac{h}{2}; l_4 = \frac{3h}{4}; l_5 = h. \quad (5)$$

Константа m_j – расстояние (по горизонтали) между рассматриваемой оконтуривающей наклонной линией и линией отрыва пород от массива во взрываемом блоке.

При однорядном взрывании:

$$m_1 = 0; m_2 = \frac{W}{4}; m_3 = \frac{W}{2}; m_4 = \frac{3W}{4}; m_5 = W; \quad (6)$$

при четырехрядном КЗВ:

$$m_1 = 0; m_2 = \frac{ap}{2}; m_3 = ap; m_4 = \frac{3ap}{2}; m_5 = 2ap; \\ m_6 = \frac{5ap}{2}; m_7 = 3ap; m_8 = 3ap + \frac{w}{4}; \\ m_9 = 3ap + \frac{w}{2}; m_{10} = 3ap + \frac{3w}{4}; m_{11} = 3ap + W. \quad (7)$$

Коэффициенты пропорциональности изменения координат узловых точек связаны с интегральной характеристикой состояния развала – с коэффициентом разрыхления пород в соответствующих слоях развала и с соотношением, учитывающим длину отброшенной части развала B_0 , константы l_i, m_j , т. е. с параметрами:

$$p_{y\delta}^x = k_{p(y\delta)} \sqrt{\frac{B_0}{m_j}}, p_{y\delta}^y = k_{p(y\delta)} \sqrt{\frac{B_0}{l_i}}, \quad (8)$$

где $y = 1, 2, 3, 4$;
 $\delta = 1, 2 \dots 10$;
 $i = y + 1$;
 $j = \delta + 1$.

Аппроксимирующие полиномиальные уравнения для определения искомых коэффициентов пропорциональности точек координатной сетки развала пород выглядят следующим образом:

$$k_{ij}^x = a_i^x p_{\gamma\delta}^x 5 + b_i^x p_{\gamma\delta}^x 4 + c_i^x p_{\gamma\delta}^x 3 + d_i^x p_{\gamma\delta}^x 2 + e_i^x p_{\gamma\delta}^x + f_i^x, \quad k_{ij}^y = a_j^y p_{\gamma\delta}^y 2 + b_j^y p_{\gamma\delta}^y + c_j^y, \quad (9)$$

где $a_i^x, b_i^x, c_i^x, d_i^x, e_i^x, f_i^x$ – константы первого уравнения (9), связанные с i -ой горизонтальной оконтуривающей линией;

a_j^y, b_j^y, c_j^y – константы второго уравнения (9), связанные с j -ой наклонной оконтуривающей линией. Также стоит учесть, что индексы слоев и оконтуривающих линий нумеруются следующим образом, если $i = 1$, то $y = i$, если же $i > 1$, то $y = i - 1$; аналогично, если $j = 1$, то $\delta = j$, если же $j > 1$, то $\delta = j - 1$.

По предложенной методике аналитического определения узловых точек координатной сетки блока была создана компьютерная программа в среде Microsoft Visual Studio 2019 [9]. Она позволяет проводить удобный и гибкий расчет координат узловых внутренних точек и построить профиль развала взорванных пород. Примеры расчетов и автоматизированного построения профиля развала горных пород и расположения разрозненных рудных тел представлены на рис. 4 б и в. Они подтверждают работоспособность разработанного аналитического метода определения координат узловых внутренних точек координатной сетки взорванного блока и автоматизированного прогнозирования размещения различных элементов уступа во взорванной горной массе в различных условиях взрывания.

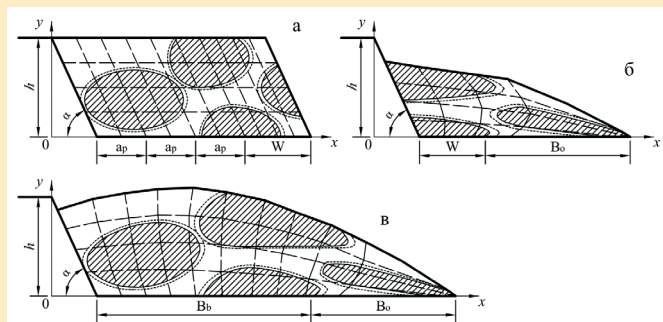


Рис. 4. Схема размещения рудных тел во взрываемом (а) и взорванных блоках при однорядном (б), четырехрядном КВЗ (в) на свободную поверхность.

Сурет 4. Бір қатарлы (б) және төрт қатарлы ҚЖ кезінде бос бетке жарылатын (а) және жарылған (в) блоктардағы кенді денелер орналасуы схемасы.
Figure 4. Layout of ore bodies in blasting (a) and blasted blocks with single-row (b) and four-row SLE on a free surface (c).

Аналитическое определение основных показателей обогащения полезных ископаемых

Для горно-технологического обоснования полного извлечения руд из сложноструктурных блоков без потерь и разубоживания рассмотрим основные показатели процес-

са обогащения руд. Содержание полезного компонента в концентрате (β), в хвостах обогащения (δ), в руде (α), выход концентрата (γ_k), выход хвостов (γ_x), извлечение полезного компонента в концентрат (ε_k), в хвосты (ε_x) обычно устанавливаются путем непосредственных измерений и вычислений [10, 11].

Для их теоретического определения из уравнения баланса массы руды, поступившей на фабрику, и продуктов обогащения и уравнения баланса полезных компонентов в руде, концентрате и хвостах получены следующие формулы:

$$\gamma_k = \frac{M_k}{M_p} = \frac{\alpha - \delta}{\beta - \delta}, \quad \gamma_x = \frac{M_x}{M_p} = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \delta}, \quad (10)$$

$$\varepsilon_k = \frac{M_k \beta}{M_p \alpha} = \frac{\alpha - \delta}{\beta - \delta} \frac{\beta}{\alpha}, \quad \varepsilon_x = \frac{M_x \delta}{M_p \alpha} = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \delta} \frac{\delta}{\alpha}, \quad (11)$$

Поскольку массы руды, концентрата и хвостов можно измерить, то извлечение и выходы продуктов обогащения можно считать известными, т. к. они рассчитываются по формулам (10), (11).

Извлечение полезного компонента в продукты обогащения и его выходы взаимосвязываются соотношениями:

$$\varepsilon_k = \gamma_k \frac{\beta}{\alpha}, \quad \varepsilon_x = \gamma_x \frac{\delta}{\alpha}. \quad (12)$$

Из формул (10), (11) следует, что

$$\gamma_k + \gamma_x = 1, \quad \varepsilon_k + \varepsilon_x = 1. \quad (13)$$

Эти результаты вполне естественны и подтверждают справедливость выражений (10), (11).

Пример расчета технологических показателей обогащения полиметаллических руд месторождений приведен в таблице 1.

Для решения поставленной задачи обратим внимание на принципы оконтуривания кондиционных руд. Оно осуществляется на основе принятого по технологическим, экономическим мотивам предельно допустимого минимального значения полезных компонентов (ПК) в руде, α .

Объемы руды с содержанием ПК ниже указанного уровня ($< \alpha$) считаются некондиционными. Они включаются в состав вмещающих горных пород. В то же время из геологии месторождений, в частности, руд цветных, благородных и редких металлов [12] известно, что снижение содержания ПК с удалением от центра рудного тела происходит постепенно, плавно. Это значит, в части некондиционных руд, непосредственно контактирующей с кондиционными рудами, содержание ПК незначительно отличается от нормативного. Однако с увеличением указанного объема уменьшается ПК в общей отгружаемой руде. Содержание ПК в такой рудной массе (α') в 3D формате определяется по формуле:

$$\alpha' = \frac{V_{кр} + \lambda V_{нр}}{V_{кр} + V_{нр}} \cdot \alpha, \quad (14)$$

где $V_{кр}$ – объем кондиционной руды, м³;

$V_{нр}$ – объем примешиваемого слоя некондиционной руды, м³;

Таблица 1
Показатели обогащения медной (а), свинцовой (б) и цинковой (в) руд при различном содержании ПК в руде
Кесте 1
Кендегі әртүрлі ПК құрамындағы мыс (а), қорғасын (б) және мырыш (в) кендерін байыту көрсеткіштері
Table 1
Enrichment rates of copper (a), lead (b) and zinc (c) ores with different UC content in the ore

| Руды | α | ε_k | γ_k | ε_x | γ_x | α | ε_k | γ_k | ε_x | γ_x |
|------|----------|-----------------|------------|-----------------|------------|----------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| а | 0,40 | 85,26 | 1,71 | 14,74 | 98,29 | 0,75 | 92,28 | 3,46 | 7,72 | 96,54 |
| | 0,45 | 86,93 | 1,96 | 13,07 | 98,04 | 0,80 | 92,78 | 3,71 | 7,22 | 96,29 |
| | 0,50 | 88,26 | 2,21 | 11,74 | 97,79 | 0,85 | 93,22 | 3,96 | 6,78 | 96,04 |
| | 0,55 | 89,36 | 2,46 | 10,64 | 97,54 | 0,90 | 93,61 | 4,21 | 6,39 | 95,79 |
| | 0,60 | 90,27 | 2,71 | 9,73 | 97,29 | 0,95 | 93,97 | 4,46 | 6,03 | 95,54 |
| | 0,65 | 91,04 | 2,96 | 8,96 | 97,04 | 1,00 | 94,28 | 4,71 | 5,72 | 95,29 |
| | 0,70 | 91,70 | 3,21 | 8,30 | 96,79 | 1,10 | 94,83 | 5,22 | 5,17 | 94,78 |
| б | 0,80 | 91,39 | 1,62 | 8,61 | 98,38 | 2,00 | 96,65 | 4,30 | 3,35 | 95,70 |
| | 1,00 | 93,14 | 2,07 | 6,86 | 97,93 | 2,20 | 96,97 | 4,74 | 3,03 | 95,26 |
| | 1,20 | 94,31 | 2,52 | 5,69 | 97,48 | 2,40 | 97,23 | 5,19 | 2,77 | 94,81 |
| | 1,40 | 95,15 | 2,96 | 4,85 | 97,04 | 2,60 | 97,46 | 5,63 | 2,54 | 94,37 |
| | 1,60 | 95,77 | 3,41 | 4,23 | 96,59 | 2,80 | 97,65 | 6,08 | 2,35 | 93,92 |
| | 1,80 | 96,26 | 3,85 | 3,74 | 96,15 | 3,00 | 97,82 | 6,52 | 2,18 | 93,48 |
| | в | 1,00 | 92,18 | 2,30 | 7,82 | 97,70 | 3,80 | 98,09 | 9,32 | 1,91 |
| 1,40 | | 94,47 | 3,31 | 5,53 | 96,69 | 4,20 | 98,29 | 10,32 | 1,71 | 89,68 |
| 1,80 | | 95,75 | 4,31 | 4,25 | 95,69 | 4,60 | 98,46 | 11,32 | 1,54 | 88,68 |
| 2,20 | | 96,56 | 5,31 | 3,44 | 94,69 | 5,00 | 98,60 | 12,32 | 1,40 | 87,68 |
| 2,60 | | 97,12 | 6,31 | 2,88 | 93,69 | 5,40 | 98,72 | 13,33 | 1,28 | 86,67 |
| 3,00 | | 97,53 | 7,31 | 2,47 | 92,69 | 5,50 | 98,74 | 13,58 | 1,26 | 86,42 |
| 3,40 | | 97,84 | 8,32 | 2,16 | 91,68 | 5,60 | 98,77 | 13,83 | 1,23 | 86,17 |

λ – относительное содержание ПК в примешиваемом объеме некондиционных руд. По прикидочным данным на расстоянии от контура рудного тела, равном 0,25; 0,4; 0,5 м λ составляет соответственно 0,75; 0,6; 0,5.

Рассмотрено три варианта полного извлечения кондиционных запасов ПИ совместно с некоторой частью НР сложноструктурных блоков при минимальной мощности рудного тела 2,5 м. Значения переменных t' и λ принимались равными: в I варианте $t' = 0,25$ м, $\lambda = 0,75$; во II варианте $t' = 0,4$, $\lambda = 0,6$; в III варианте $t' = 0,5$, $\lambda = 0,5$. Численные значения содержания полезных компонентов в отгружаемой руде и извлечения их в концентрат для медных, свинцовых и цинковых руд приведены в таблицу 2. Абсолютные и относительные отклонения этих показателей представлены в таблице 3.

Данные таблицы 2 показывают, что содержание ПК в отгружаемой медной руде с увеличением его содержания в кондиционной руде во всех вариантах увеличивается и уменьшается с удалением от контура рудного тела. Аналогичная тенденция характерна и для извлечения меди в концентрат. Однако эти изменения не существенны. Для оценки их влияния на конечный результат – извлечение

полезного компонента в концентрат рассмотрим эти отклонения в трех рассматриваемых случаях.

Как видно из таблицы 3, относительное отклонение содержания ПК в отгружаемой руде в зависимости от содержания ПК в кондиционной руде при всех вариантах остается на одном уровне (4,17%), (9,7%), (14,29%). Относительное отклонение извлечения ПК в концентрат в первом варианте изменяется от 0,67 до 0,29%, во втором варианте от 1,65 до 0,72%, в третьем варианте от 2,56 до 1,1%. Эти показатели с изменением параметров примешиваемых слюев некондиционных руд в зависимости от содержания ПК в кондиционной руде (0,45; 0,60; 0,75 и 0,95) соответственно достигают значений 0,67, 1,65, 2,50%; 0,48, 1,19, 1,85%; 0,38, 0,93, 1,45%; 0,29, 0,72, 1,12%. Соответствующие показатели имеют свинцовые и цинковые руды. Они свидетельствуют, что относительное отклонение извлечения ПК в концентрат от требуемого не значительно и лежит в допустимых пределах. Это означает, что при полном извлечении кондиционных руд из сложноструктурных блоков уступов путем примешивания слоя некондиционных руд определенных размеров обеспечивается требуемое качество отгружаемой рудной массы и увеличение ее объема.

Таблица 2

Содержание ПК в отгружаемой руде и их извлечение в концентрат при различных размерах
примешиваемых слоев некондиционных руд

Кесте 2

Жөнелтілетін кендегі ПК мазмұны және оларды кондициялық емес кендердің араласқан қабаттарының
әртүрлі мөлшерінде концентратқа алу

Table 2

The content of UC in the shipped ore and their extraction into concentrate at various sizes of mixed layers of substandard ores

| Металл | Варианты | | | | | | | |
|--------|----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | Исходный | | I | | II | | III | |
| | α | ϵ_k | α' | ϵ_k | α' | ϵ_k | α' | ϵ_k |
| Медь | 0,45 | 86,93 | 0,43 | 86,35 | 0,41 | 85,49 | 0,39 | 84,70 |
| | 0,60 | 90,27 | 0,58 | 89,83 | 0,54 | 89,19 | 0,51 | 88,60 |
| | 0,75 | 92,28 | 0,72 | 91,93 | 0,68 | 91,42 | 0,64 | 90,94 |
| | 0,95 | 93,97 | 0,91 | 93,69 | 0,86 | 93,29 | 0,81 | 92,91 |
| Свинец | 1,00 | 93,14 | 0,96 | 92,84 | 0,90 | 92,39 | 0,86 | 91,98 |
| | 1,60 | 95,77 | 1,53 | 95,58 | 1,44 | 95,30 | 1,37 | 95,04 |
| | 2,20 | 96,97 | 2,11 | 96,83 | 1,99 | 96,63 | 1,89 | 96,44 |
| | 2,80 | 97,65 | 2,68 | 97,54 | 2,53 | 97,38 | 2,40 | 97,23 |
| Цинк | 1,40 | 94,47 | 1,34 | 94,23 | 1,26 | 93,86 | 1,20 | 93,52 |
| | 2,60 | 97,12 | 2,49 | 96,98 | 2,35 | 96,79 | 2,23 | 96,60 |
| | 4,20 | 98,29 | 4,03 | 98,21 | 3,79 | 98,09 | 3,60 | 97,97 |
| | 5,40 | 98,72 | 5,18 | 98,65 | 4,88 | 98,56 | 4,63 | 98,47 |

Таблица 3

Отклонения исследуемых показателей от кондиционных при различных размерах примешиваемых слоев
некондиционных руд

Кесте 3

Зерттелетін көрсеткіштердің кондициялық емес кендердің араласқан қабаттарының әртүрлі мөлшеріндегі
кондициялық көрсеткіштерден ауытқуы

Table 3

Deviations of the studied indicators from the conditioned ones at different sizes of the mixed layers of substandard ores

| Металл | Варианты | | | | | |
|--------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| | I | | II | | III | |
| | $\Delta\alpha'$ | $\Delta\epsilon_k$ | $\Delta\alpha'$ | $\Delta\epsilon_k$ | $\Delta\alpha'$ | $\Delta\epsilon_k$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Медь | <u>0,02</u> | <u>0,58</u> | <u>0,04</u> | <u>1,44</u> | <u>0,06</u> | <u>2,23</u> |
| | 4,17 | 0,67 | 9,70 | 1,65 | 14,29 | 2,56 |
| | <u>0,03</u> | <u>0,44</u> | <u>0,06</u> | <u>1,08</u> | <u>0,09</u> | <u>1,67</u> |
| | 4,17 | 0,48 | 9,70 | 1,19 | 14,29 | 1,85 |
| | <u>0,03</u> | <u>0,35</u> | <u>0,07</u> | <u>0,86</u> | <u>0,11</u> | <u>1,34</u> |
| | 4,17 | 0,38 | 9,70 | 0,93 | 14,29 | 1,45 |
| | <u>0,04</u> | <u>0,28</u> | <u>0,09</u> | <u>0,68</u> | <u>0,14</u> | <u>1,06</u> |
| | 4,17 | 0,29 | 9,70 | 0,72 | 14,29 | 1,12 |
| Свинец | <u>0,04</u> | <u>0,30</u> | <u>0,10</u> | <u>0,75</u> | <u>0,14</u> | <u>1,17</u> |
| | 4,17 | 0,33 | 9,70 | 0,81 | 14,29 | 1,25 |
| | <u>0,07</u> | <u>0,19</u> | <u>0,16</u> | <u>0,47</u> | <u>0,23</u> | <u>0,73</u> |
| | 4,17 | 0,20 | 9,70 | 0,49 | 14,29 | 0,76 |
| | <u>0,09</u> | <u>0,14</u> | <u>0,21</u> | <u>0,34</u> | <u>0,31</u> | <u>0,53</u> |
| | 4,17 | 0,14 | 9,70 | 0,35 | 14,29 | 0,55 |
| | <u>0,12</u> | <u>0,11</u> | <u>0,27</u> | <u>0,27</u> | <u>0,40</u> | <u>0,42</u> |
| | 4,17 | 0,11 | 9,70 | 0,28 | 14,29 | 0,43 |

| Металл | Варианты | | | | | |
|--------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| | I | | II | | III | |
| | $\Delta\alpha'$ | $\Delta\epsilon_k$ | $\Delta\alpha'$ | $\Delta\epsilon_k$ | $\Delta\alpha'$ | $\Delta\epsilon_k$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Цинк | 0,06 | 0,25 | 0,14 | 0,61 | 0,20 | 0,95 |
| | 4,17 | 0,26 | 9,70 | 0,65 | 14,29 | 1,01 |
| | 0,11 | 0,13 | 0,25 | 0,33 | 0,37 | 0,51 |
| | 4,17 | 0,14 | 9,70 | 0,34 | 14,29 | 0,53 |
| | 0,18 | 0,08 | 0,41 | 0,20 | 0,60 | 0,32 |
| | 4,17 | 0,08 | 9,70 | 0,21 | 14,29 | 0,32 |
| | 0,23 | 0,06 | 0,52 | 0,16 | 0,77 | 0,25 |
| | 4,17 | 0,07 | 9,70 | 0,16 | 14,29 | 0,25 |

Примечание: в числителе дроби приведены абсолютные, а в знаменателе дроби – относительные отклонения в процентах

Таким образом, при новом подходе к разработке сложноструктурных блоков предполагаемая разубоживающая часть некондиционных руд переходит в категорию извлекаемых запасов. Вследствие этого увеличивается как объем извлекаемой руды, так и расширенное извлечение полезных компонентов в концентрат. Такое приращение полезных компонентов может достичь 10,0–15,0% от общего объема добычи.

Заключение

В результате проведенных исследований:

1. Проведена новая типизация сложноструктурных рудных блоков уступа. К первому типу отнесены блоки, сложенные из разрозненных сплошных рудных тел различной формы и размеров с прямолинейными контактами с породными прослоями. Второй тип уступов представлен блоками, сложенными из рассредоточенных рудных тел в виде многоугольников с прямолинейными контактами с вмещающими породами.

2. В качестве определяющей горно-геологической характеристики сложноструктурных рудных блоков рассмотрен показатель сложности геологического строения блока. Предложена аналитическая зависимость этой характеристики. Анализ ее численных значений показывает, что большинство месторождений руд цветных, благородных и редких металлов являются более сложноструктурными.

3. С использованием координатных сеток взрываемого и взорванного блока уступа разработана новая методика определения горно-технологических характеристик взорванных сложноструктурных рудных блоков. Создана компьютерная программа автоматизированного построения размещения разрозненных рудных тел в развале пород.

4. Выведены теоретические зависимости для определения основных показателей обогащения полезных ископаемых. Для обоснования полного извлечения руд из сложноструктурных блоков уступов предложена аналитическая зависимость определения содержания полезного компонента в отгружаемой руде α' . Последняя представляет собой смесь кондиционной руды с содержанием ПК α и примешиваемого слоя некондиционной руды с содержанием ПК α'' .

5. По значениям содержания ПК в отгружаемой руде определены относительные отклонения извлечения ПК в концентрат при различных вариантах изменения параметров примешиваемого слоя некондиционных руд в зависимости от содержания ПК в кондиционной руде.

6. При предлагаемом новом варианте разработки сложноструктурных блоков предполагаемая разубоживающая часть некондиционных руд переходит в категорию извлекаемых запасов. Увеличивается как объем извлекаемой руды, так и расширенное извлечение полезных компонентов в концентрат.

7. Приращение извлечения полезных компонентов из сложноструктурных рудных блоков может достичь 10,0–15,0% от проектных.

Благодарность

Статья подготовлена в рамках проекта, финансируемого министерством науки и высшего образования Республики Казахстан 2023/AP19676591. «Разработка инновационных технологий полного извлечения разрозненных кондиционных руд из сложноструктурных блоков уступов».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шабаров А.Н. Основные направления развития горнодобывающей отрасли в усложняющихся горнотехнических условиях ведения горных работ. / А.Н. Шабаров, А.Д. Куранов. // Горный журнал. 2023. № 5. С. 5–10 (на русском языке)
2. Кантемиров В.Д. Совершенствование методов учета повышенных потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче. / В.Д. Кантемиров, Р.С. Титов, А.В. Тимохин, А.М. Яковлев. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 3–1. С. 453–464 (на русском языке)
3. Лобынцев А.К. Оценка степени влияния горнотехнических факторов на норматив готовых к выемке запасов при проектировании открытой разработки сложноструктурных рудных месторождений. / А.К. Лобынцев, С.И. Фомин. // Рациональное освоение недр. 2021. № 5 (61). С. 40–43 (на русском языке)
4. Коуэн Э.Дж. Структурная архитектура месторождения золота Сигма-Ламак, Канада, в масштабе месторождения – выводы из недавно предложенного трехмерного метода оценки

- структурного контроля по данным буровых скважин. // *Miner Deposita*. 2020. № 55. С. 217–240 (на английском языке)
5. Син Цзинь. 3D-геологическое моделирование и анализ неопределенностей для 3D-нацеливания на золоторудное месторождение Шангун (Китай). / Син Цзинь, Гунвэнь Ван, Пин Тан, Чанмяо Ху, Яовэнь Лю, Сукунь Чжан. // *Journal of Geochemical Exploration*. 2020. № 210. С. 106442 (на английском языке)
 6. Шове А. Структурный контроль рудных месторождений: роль ранее существовавших структур в формировании систем минерализованных жил. // *Minerals*. 2019. № 9 (1). С. 56 (на английском языке)
 7. Ракишев Б.Р. Горно-геологические модели виртуальных комплексных рудных блоков уступа // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. № (4). С. 11–17 (на английском языке)
 8. Ракишев Б. Автоматизированное определение зон дробления горных пород в развале. / Б. Ракишев, З. Ракишева, А. Ауэзова, А. Орынбай. // *Mining of Mineral Deposits*. 2022. № 16 (3). С. 109–114 (на английском языке)
 9. Ракишев Б.Р. Автоматизированное определение координатной сетки взорванного блока массива пород / Б.Р. Ракишев, З.Б. Ракишева, А.А. Орынбай // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2020. № 8. С. 40–51 (на русском языке)
 10. Ракишев Б.Р. Технологические ресурсы повышения качества и полноты использования минерального сырья. // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2017. № 2. С. 116–124 (на английском языке)
 11. Пелих В.В. Модель извлечения бадделита из отвальных продуктов апатито-бадделитовой обогатительной фабрики на концентраторе CVD6. / В.В. Пелих, В.М. Салов, А.Е. Бурдонов, Н.Д. Лукьянов. // *Записки Горного института*. 2021. Т. 248. С. 281–290 (на русском языке)
 12. Туртыгина Н. А. Количественная оценка природной изменчивости качества медистых руд, залегающих в кровле интрузива. / Н.А. Туртыгина, А.В. Охрименко. // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2019. Т. № 8. С. 146–156 (на русском языке)
- ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**
1. Шабаров А.Н. Тау-кен жұмыстарын жүргізудің күрделі тау-кен техникалық жағдайларында тау-кен өндіру саласын дамытудың негізгі бағыттары. / А.Н. Шабаров, А.Д. Куранов. // *Тау-кен журналы*. 2023. № 5. Б. 5–10 (орыс тілінде)
 2. Кантемиров В.Д. Пайдалы қазбаларды өндіру кезінде ұлғайған жоғалтуларды және сұйылтуды есепке алу әдістерін жетілдіру. / В.Д. Кантемиров, Р.С. Титов, А.В. Тимохин, А.М. Яковлев. // *Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетень*. 2020. № 3–1. Б. 453–464 (орыс тілінде)
 3. Лобынцев А.К. Күрделі құрылымды кен кен орындарын ашық игеруді жобалау кезінде кен өндіруге дайын қорлардың нормативіне тау-кен факторларының әсер ету дәрежесін бағалау. / А.К. Лобынцев, С.И. Фомин. // *Жер қойнауын ұтымды игеру*. 2021. № 5 (61). Б. 40–43 (орыс тілінде)
 4. Коуэн Э.Дж. Сигма-Ламаке алтын кен орнының кен орны масштабындағы құрылымдық архитектурасы, Канада – бұрғылау ұңғымаларының деректерінен құрылымдық бақылауларды бағалауға арналған жаңадан ұсынылған 3D әдісінен алынған түсініктер. // *Miner Deposita*. 2020. № 55. Б. 217–240 (ағылшын тілінде)
 5. Xing Jin. 3D геологиялық модельдеу және Shanggong алтын кен орнында (Қытай) 3D нысанаға алу үшін белгісіздік талдауы. / Xing Jin, Gongwen Wang, Ping Tang, Changmiao Hu, Yaowen Liu, Sukun Zhang. // *Journal of Geochemical Exploration*. 2020. № 210. Б. 106442 (ағылшын тілінде)
 6. Шове А. Кенді кен орындарын құрылымдық бақылау: минералданған тамыр жүйелерінің қалыптасуындағы бұрыннан бар құрылымдардың рөлі. // *Minerals*. 2019. № 9 (1). Б. 56 (ағылшын тілінде)
 7. Рақышев Б.Р. Кемердің виртуалды күрделі кен блоктарының тау-кен-геологиялық үлгілері. // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. № (4). Б. 11–17 (ағылшын тілінде)
 8. Рақышев Б. Шөгү кезіндегі тау жыныстарының ұсақтау аймақтарын автоматтандырылған анықтау. / Б. Рақышев, З. Рақышева, А. Әуезова, А. Орынбай. // *Mining of Mineral Deposits*. 2022. № 16 (3). Б. 109–114 (ағылшын тілінде)
 9. Рақышев Б.Р. Жарылған тау жынысы блогының координаталық торын автоматтандырылған анықтау / Б.Р. Рақышев, З.Б. Рақышева, А.А. Орынбай. // *Тау-кен ақпараттық-аналитикалық бюллетень*. 2020. № 8. Б. 40–51 (орыс тілінде)
 10. Рақышев Б.Р. Минералды шикізаттың сапасын және күрделілігін арттырудың технологиялық ресурстары. // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2017. № (2). Б. 116–124 (ағылшын тілінде)

11. Пелих В.В. CVD6 концентраторындағы апатит-бадделейт байыту фабрикасының үйінді өнімдерінен бадделейтті алу моделі. / В.В. Пелих, В.М. Салов, А.Е. Бурдонов, Н.Д. Лукьянов. // Тау-кен институтының жазбалары. 2021. № 248. Б. 281–290 (орыс тілінде)
12. Туртыгина Н.А. Интрузив шатырында жатқан мыс кендері сапасының табиғи өзгергіштігін сандық бағалау. / Туртыгина Н.А., Охрименко А.В. // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. 2019. №8. Б. 146–156 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Shabarov A.N. Osnovnye napravleniya razvitiya gornodobyvayushchei otrasli v uslozhnyayushchikhsya gornotekhnicheskikh usloviyakh vedeniya gornykh работ. / A.N. Shabarov, A.D. Kuranov. // Gornyi zhurnal. 2023. № 5. С. 5–10 [Shabarov A.N. The main directions of development of the mining industry in the increasingly complex mining conditions of mining operations. / Shabarov A.N., Kuranov A.D. // Gornyi Zhurnal. 2023. № 5. P. 5–10] (in Russian)
2. Kantemirov V.D. Sovershenstvovanie metodov ucheta povyshennykh poter' i razubozhivaniya poleznogo iskopaemogo pri dobyche. / V.D. Kantemirov, R.S. Titov, A.V. Timokhin, A.M. Yakovlev. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2020. № 3–1. S. 453–464 [Kantemirov V.D. Improvement of methods of accounting for increased losses and dilution of minerals during production. / Kantemirov V.D., Titov R.S., Timokhin A.V., Yakovlev A.M. // MIAB. 2020. № 3-1. P. 453–464] (in Russian)
3. Lobytsev A.K. Otsenka stepeni vliyaniya gornotekhnicheskikh faktorov na normativ gotovykh k vyemke zapasov pri proektirovanii otkrytoi razrabotki slozhnostrukturnykh rudnykh mestorozhdenii. / A.K. Lobytsev, S.I. Fomin. // Ratsional'noe osvoenie nedr. 2021. № 5 (61). S. 40–43 [Lobytsev A.K. Assessment of the degree of influence of mining factors on the standard of reserves ready for excavation in the design of open-pit mining of complex-structured ore deposits. / Lobytsev A.K., Fomin S.I. // Rational development of mineral resources. 2021. № 5 (61). P. 40–43] (in Russian)
4. Cowan E.J. Deposit-scale structural architecture of the Sigma-Lamaque gold deposit, Canada –insights from a newly proposed 3D method for assessing structural controls from drill hole data. // Miner Deposita. 2020. № 55. P. 217–240 (in English)
5. Xing Jin. 3D geological modelling and uncertainty analysis for 3D targeting in Shangong gold deposit (China). / Xing Jin, Gongwen Wang, Ping Tang, Changmiao Hu, Yaowen Liu, Sukun Zhang. // Journal of Geochemical Exploration. 2020. V. 210. P. 106442 (in English)
6. Chauvet A. Structural Control of Ore Deposits: The Role of Pre-Existing Structures on the Formation of Mineralised Vein Systems. // Minerals. 2019. № 9 (1). P. 56 (in English)
7. Rakishev B.R. Mining and geological models of virtual complex ore blocks of the bench. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2023. № 4. P. 11–17 (in English)
8. Rakishev B. Automated determination of rock crushing zones in the collapse. / Rakishev B., Rakisheva Z., Auezova A., Orynbay A. // Mining of Mineral Deposits. 2022. № 16 (3). P. 109–114 (in English)
9. Rakishev B.R. Avtomatizirovannoe opredelenie koordinatnoi setki vzorvannogo bloka massiva porod / B.R. Rakishev, Z.B. Rakisheva, A.A. Orynbai // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2020. № 8. S. 40–51 [Rakishev B.R. Computer-aided creation of coordinate grid for blasted rock block. / Rakishev B.R., Rakisheva Z.B., Orynbay A.A. // Mining Information and Analytical Bulletin. 2020. № 8. P. 40–51] (in Russian)
10. Rakishev B.R. Technological resources for improving the quality and completeness of use of the mineral raw materials. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2017. № (2). P. 116–124 (in English)
11. Pelikh V.V. Model' izvlecheniya baddeleyita iz otval'nykh produktov apatito-baddeleyitovoi obogatitel'noi fabriki na kontsentratore CVD6. / V.V. Pelikh, V.M. Salov, A.E. Burdonov, N.D. Luk'yanov. // Zapiski Gornogo instituta. 2021. T. 248. S. 281–290 [Pelikh V.V. A model for extracting baddeleyite from the waste products of an apatite-baddeleyite concentrator at the CVD6 concentrator. / Pelikh V.V., Salov V.M., Burdonov A.E., Lukyanov N.A. // Journal of Mining Institute. 2021. V. 248. P. 281–290] (in Russian)
12. Turtygina N. A. Kolichestvennaya otsenka prirodnoi izmenchivosti kachestva medistyykh rud, zalegayushchikh v krovle intruziva. / N.A. Turtygina, A.V. Okhrimenko. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2019. T. № 8. S. 146–156 [Turtygina N.A. Quantitative assessment of the natural variability of the quality of copper ores deposited in the roof of the intrusive. / Turtygina N.A., Okhrimenko A.V. // Mining information and analytical bulletin. 2019. V. № 8. P. 146–156] (in Russian)

Сведения об авторах:

Ракишев Б.Р., академик НАН РК, д.т.н., профессор кафедры «Горное дело» НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), b.rakishev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-5445-070X>
Орынбай А.А., Ph.D, ВНС кафедры «Горное дело» НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), a.orynbay@aes.kz; <https://orcid.org/0000-0002-3720-7625>
Ибырханов Т.С., докторант, МНС кафедры «Горное дело», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), ibir.tem@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-6344-8270>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ракишев Б.Р., академик НАН РК, т.ғ.д., НАО «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)
Орынбай А.А., Ph.D, «Тау-кен ісі» кафедрасының ЖҒК, КеАҚ «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» (Алматы қ., Қазақстан)
Ибырханов Т.С., «Тау-кен ісі» кафедрасының КҒК, докторанты, КеАҚ «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Rakishev B.R., Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Mining Department of the NJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)
Orynbay A.A., Ph.D, LR of the Mining Department of the NJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)
Ibyrkanov T.S., JR, doctoral student of the Mining Department of the NJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)



**TECH MINING
СИБИРЬ**

www.techmining.ru

**ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ ДЛЯ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**4-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, ВЫСТАВКА И ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВИЗИТ НА НОВОАНГАРСКИЙ ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ**



**НОВОАНГАРСКИЙ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ
КОМБИНАТ**

**12-14 марта 2025
Красноярск**



16+