

# Характеристика дискретности и мозаичности блоков оруденения и безрудных блоков штокверкового золоторудного месторождения Джеруй

К.Э. Чуприн<sup>1</sup>, В.А. Еременко<sup>2</sup>, А.К. Зарлыков<sup>3</sup>, К.З. Курманалиев<sup>4</sup>✉

<sup>1</sup> Альянс Алтын, г. Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup> Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>4</sup> Геолэкспертпроект, г. Бишкек, Кыргызская Республика

✉ grfgeology@gmail.com

**Резюме:** Изучены дискретность и мозаичность рудных, прерывистых и некондиционных блоков оруденения штокверкового типа. Проведена эксплуатационная разведка верхней части штокверка Северо-Западный бурением разведочных скважин по сети 20×20 м (10 профилей, 66 разведочных скважин) с уступа разрабатываемого карьера 3600 м на глубину до 60–120 м с отбором керновых проб в 1 пог. м и аналитическими работами на золото, определение до 0,05 г/т (более 5200 проб). Создана каркасная модель оруденения по градации: <2,4 г/т; > 2,4 г/т; > 3 г/т; > 5 г/т. Для исследования модели дискретности, мозаичности характеристик оруденения представленные данные выделены по бортовому содержанию до 1,46 г (подземные ресурсы), и по градации 1,46–2,99 г/т; 3,0–5,99 г/т; 6,0–11,9 г/т; 12,0–23,9 г/т; 24,0–48,0 г/т и >48,0 г/т. Интервалы представленных классов содержаний выделены с включением некондиционных перерывов с содержанием менее 1,46 г/т до 2–4 м. Некондиционные интервалы более 4 м выделены как безрудные перерывы. Объем перечисленных морфологических и концентрационных образований соответственно составляет 50,2–22 и 27%. Оценка концентраций золота по выделенным морфологическим блокам позволяет оценивать и обосновывать геотехнические и геотехнологические параметры подземного рудника каркасного типа.

**Ключевые слова:** иерархические подсистемы блоков оруденения, дискретное оруденение, мозаичность рудных контуров, мозаичность безрудных контуров, золоторудное оруденение

**Для цитирования:** Чуприн К.Э., Еременко В.А., Зарлыков А.К., Курманалиев К.З. Характеристика дискретности и мозаичности блоков оруденения и безрудных блоков штокверкового золоторудного месторождения Джеруй. *Горная промышленность*. 2024;(4):155–164. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-155-164>

## Discreteness and mosaic characteristics of mineralization and ore-free blocks of the Jeruy stockwork gold deposit

K.E. Chuprin<sup>1</sup>, V.A. Eremenko<sup>2</sup>, A.K. Zarlykov<sup>3</sup>, K.Z. Kurmanaliev<sup>4</sup>✉

<sup>1</sup> Altyn Alliance, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup> National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>4</sup> Geolekspertproekt LLC, Bishkek, Kyrgyz Republic

✉ grfgeology@gmail.com

**Abstract:** Discreteness and mosaic characteristics of the ore, discontinuous and substandard blocks of a stockwork-type mineralization are studied. In-mine exploration of the upper part of the North-West Stockwork was carried out by drilling exploration boreholes using a 20×20 m grid (10 profiles, 66 exploration boreholes) from the 3600-meter bench of the developed open pit to a depth of 60–120 m with core sampling per 1 linear meter and analytical work for gold, determination up to 0.05 g/t (over 5200 samples). A wireframe model of the mineralization was created based on the following grading: <2.4 g/t; >2.4 g/t; >3 g/t; >5 g/t. In order to investigate the discrete, mosaic model of the mineralization characteristics, the presented data are segregated by cutoff grade up to 1.46 g/t (underground resources), and by grading: 1.46–2.99 g/t; 3.0–5.99 g/t; 6.0–11.9 g/t; 12.0–23.9 g/t; 24.0–48.0 g/t and >48.0 g/t. The intervals of the represented grade classes are identified with the inclusion of substandard intervals with the grades below 1.46 g/t up to 2–4 meters. The substandard intervals above 4 m are defined as the ore-free intervals. The volume of the listed morphological and concentration formations is 50.2%–22% and 27%, respectively. Assessment of gold concentrations in the selected morphological blocks allows to evaluate and justify geotechnical and geotechnological parameters of the underground mine of the frame type.

**Keywords:** hierarchical subsystems of mineralization blocks, discrete mineralization, mosaic character of ore contours, mosaic character of ore-free contours, gold mineralization

**For citation:** Chuprin K.E., Eremenko V.A., Zarlykov A.K., Kurmanaliev K.Z. Discreteness and mosaic characteristics of mineralization and ore-free blocks of the Jeruy stockwork gold deposit. *Russian Mining Industry*. 2024;(4):155–164. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-155-164>

## Введение

Облично-иерархическое строение горных пород, массивов по концепции М.А. Садовского: «ключевая роль отведена линейному коэффициенту вложения геоблоков смежных иерархических уровней» [1–3]. Статистические характеристики средних расстояний между трещинами, разделяющими структурные блоки между собой, к диаметрам этих блоков определяются как нелинейный процесс оруденения. Математическое развитие и детализация определяются фрактальностью, дискретностью распределения блоков и оруденения, мозаичностью-инвариантностью рудных и безрудных блоков [4–7].

К основным характеристикам и закономерностям развития оруденения изучаемого месторождения Джеруй относятся следующие факторы-задачи исследования:

1. В зоне оруденения выделяются ядра морфологического оруденения – штокверковые зоны в пределах полей развития окварцевания с продуктивной минерализацией. Имеют размеры  $L_n L$ , отмечено сдвоенное морфологическое ядро- Северо-Западный штокверк, могут иметь усеченные пространственные характеристики (Апофиз, Глубинное, Западное).

2. Концентрационные ядра оруденения штокверковых зон являются зонами интенсивной трещиноватости, вероятно, с наложенным и/или переотложенным золото-кварцевым оруденением. Концентрационные ядра оруденения определяются размерами  $L_n L$ . Вероятно, морфологические и концентрационные ядра оруденения имеют дискретный характер развития, проявленный в масштабированной иерархии самоподобия (фрактальности). На основе этого возможна разработка инструмента прогноза локализации и размерности морфологических и концентрационных ядер оруденения на основе скейлинга.

«По вещественному составу руды месторождения Джеруй относятся к единому промышленному типу – кварц-золоторудному убого сульфидному. Количество сульфидов не превышает 1%. По геологическим данным рудные тела представлены кварцевыми жилами, прожилками в измененных вмещающих гранодиоритах. Основной рудный компонент – золото – распределен в рудном кварце в виде мельчайших вкрапленностей. Поэтому содержание металла в рудах, как правило, прямо пропорционально степени окварцевания. В центральных сильно окварцованных участках рудных тел и в кварцевых ядрах содержание золота обычно колеблется от 5 до 30 г/т, очень редко достигая 50–100 г/т. В слабо окварцованных периферийных участках рудных тел снижается до 1–5 г/т, а сами рудные тела окружены широким ореолом слабо окварцевания с содержанием золота до 1 г/т [17].

3. Установленный размер фрактальности:

$$N \sim r^{-D}$$

где  $r$  – масштаб рассмотрения;  $N$  – количество элементов;

$D = 1,4$  – исчисленный по иерархии ряда от блока месторождения – участков (штокверков) – рудных блоков-ядра оруденения: разведочных и подсчетных блоков запасов-линзы (гнезда) оруденения (по морфологии и концентрациям содержаний золота).

4. Установить морфологическую дискретность закономерно прерывистой концентрационной модели последовательно входящих в общий рудный контур иерархических ниспадающих по размерности подсистем оруденения.

5. Установить дискретность распределения золота исходя из сравнения распределения классов содержаний золота по влиянию этих классов на сумму запасов, определенных по контуру оруденения изученных на основе статистики 2146 бороздовых проб (по двум горным горизонтам шт. 8 и шт. 11) в виде закономерности: до 45% некондиционные и безрудные интервалы имеют влияние в 7,2% по золоту (или содержания золота до 1,99 г/т); 55% прерывистых контуров оруденения (по классам содержаний 2–3,99 г/т, 4–16 г/т, 16–32 г/т и >32 г/т) соответственно локализуют: 10,3, 39,6, 17,9 и 25% золота.

## Методы

Компанией проведена эксплуатационная разведка верхней части штокверка Северо-Западный бурением разведочных скважин по сети  $20 \times 20$  м (10 профилей, 66 разведочных скважин) с уступа разрабатываемого карьера 3600 м на глубину до 60–120 м с отбором керновых проб в 1 пог. м и аналитическими работами на золото, определение до 0,05 г/т (более 5200 проб). Создана каркасная модель оруденения по градации: <2,4 г/т; > 2,4 г/т; > 3 г/т; >5 г/т.

Для исследования модели дискретности, мозаичности характеристик оруденения представленные данные выделены по бортовому содержанию до 1,46 г/т (подземные ресурсы) и по градации 1,46–2,99 г/т; 3,0–5,99 г/т; 6,0–11,9 г/т; 12,0–23,9 г/т; 24,0–48,0 г/т и >48,0 г/т. Интервалы представленных классов содержаний выделены с включением некондиционных перерывов с содержанием менее 1,46 г/т до 2–4 м. Некондиционные интервалы более 4 м выделены как безрудные перерывы. Рудные и безрудные блоки в проекции на вертикальную плоскость по профилям, по вертикали и простиранию между профилями – морфологически изучены на развитие контуров блоков оруденения по классам содержания золота и по классу некондиционных содержаний.

Изучались и характеристики распределения золота по содержаниям внутри объединенных блоков по отдельным пробам и интервалам указанных классов содержания [8].

Исходя из наблюдений оруденение и безрудные интервалы создаются зонами развития интенсивной трещиноватости или «теневыми зонами» – с минимальной трещиноватостью и приуроченностью золото-кварцевой минерализации к зонам интенсивной трещиноватости. Границы указанных зон создаются секущими зонами

разломов, которые на проекции выделяются как параллелепипеды, поддающиеся измерению [8].

Классы содержаний и размерности блоков логарифмированы:  $L_n C$  – содержание золота;  $L_n L = L = \sqrt[3]{L_1 \times L_2 \times L_3}$ , соответственно – простирание, мощность, по падению блоков [2].

Контуры и интенсивность оруденения и безрудных блоков изучались в среде программ AutoCad, Excel, PDF, оценка проводилась по интервальным фотографиям керна, документации керна.

Оценка размерности и содержания блока логарифмированы в связи необходимостью усреднения по причине недостоверности интервалов, контуров и содержаний в результате эксплоразведки 20×20 м, вследствие отсутствия визуальных и геологических контуров оруденения и погрешности собственной модели при выводе среднего содержания, невозможностью достоверного прогнозирования блоков и их параметров для эксплуатации.

Усредненные логарифмированные показатели позволяют определить общую агломерированную модель оруденения по блокам, параметрам, затратам и системе добычных работ, закладкам и ожидаемым результатам, рассчитать и принять по общей модели объемы, методы, системы затрат и ожидаемые результаты [4; 6].

Контуры и интенсивность оруденения и безрудных блоков изучались в среде программ AutoCad, Excel, PDF.

Цель работы – изучение наличия закономерности распределения и дискретности, инвариантной мозаичности блоков руды и безрудных интервалов для обоснования каркасной геотехнологии разработки подземных запасов. Задача – получение цифровых характеристик развития оруденения и безрудных интервалов [9; 10].

## Результаты

**1. Структурно-тектонические предпосылки формирования дискретной блочности штокверка месторождения Джеруй.** Интерполяция структурно-тектонического строения месторождения и блоков оруденения исходит из соображений, что «в межсейсмическую стадию основные сместители (ядра) разрывных нарушений менее подвержены дилатансии и менее проницаемы по сравнению с зонами их динамического влияния, где происходит накопление флюидов и диффузия вещества. В косейсмическую стадию подавляющий объем флюидов «выжимается» из сдавливающихся трещин и устремляется в нарушенное ядро разрыва, где создаются благоприятные условия для дренирования и циркуляции растворов, а также осаждения рудного вещества. К тому же, досейсмические и косейсмические деформации в единичном разрыве влекут за собой изменения в окружающей обстановке, когда в зависимости от ориентировки в тектоническом поле напряжения часть сопровождающих трещин реагирует на напряжения практически одновременно, а другая с заметным опозданием» [11–14].

Анализ по блочности участков и концентрационных ядер оруденения был интерполирован с тождественным методом определения блочности по расстоянию между разломами. «Статистической характеристикой средних расстояний между берегами трещин, отделяющих структурные блоки между собой, к диаметрам этих блоков, является довольно устойчивое соотношение между величинами раскрытия трещин и диаметрами отделяемых ими блоков в структурной иерархии массивов горных пород» [1; 15]. Для дальнейших расчетов и прогнозирования но-

вых жильных тел, кроме приведенных ниже показателей по масштабированной размерности, предлагается использовать «геомеханический инвариант» [1]:

(греч прямо)

где  $\delta_i$  – среднее «раскрытие» трещин (расстояние между их берегами);  $\Delta_i$  – диаметр блоков  $i$ -го иерархического уровня, коэффициент  $\Theta$  наиболее часто попадает для любого  $i$  в интервал 1/2–2, т. е.  $\Theta \in (1/2 - 2)$  [1]. Диаметр блока  $\Delta_i$  для усредненных зон разуплотнения пород с формированием штокверков определяется в  $L_n$ ,  $L = 4,7-4,8$ , логарифмированная средняя размерность блока штокверка.

По расстоянию между аномальными зонами трещиноватости (морфологическими ядрами оруденения – штокверками месторождения) определяется средний показатель  $L_n$  от 5,7–5,8 до 4,9–4,5, соответствующий линейной размерности  $L$  от 290–330 м и до 133–90 м соответственно.

На рис. 1 и 2 представлен структурный план с основными разломами горизонта +3600 м (поверхности модели эксплоразведки, поперечные сопряженные сколы, азимут падения 40–50°, угол 65–80°). Продольные разломы по результатам интерпретации контуров оруденения по скважинам разрезов (продольные) представлены на рис. 4–6, сеть которых определяется с шагом до 20–40 м, азимутом падения 130–135°, углом 65–75°. Внутриконтурные зоны трещиноватости с золотокварцевым заполнением, предрудная (или синрудная) ослабленная зона, характеризовалась несколькими системами трещин: СЗ, аз. пад. 210–230°, угол 40–60°; СЗ аз. пад. 240–250°, 40–60°; СЗ аз. пад. 260–280°, 40–60°; субширотные аз. пад. 180–200°, угол 40–60°; СВ, аз. пад. 300–310°, 60–80°.

Таким образом, основные разломы каркаса блочности ограничиваются разломами и зонами трещиноватости с падением к северо-востоку под углами 65–80° и сопря-

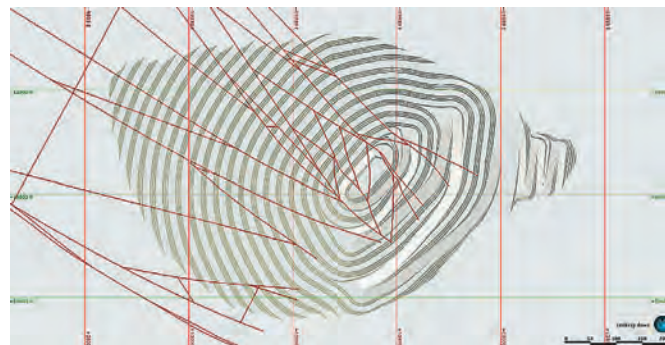


Рис. 1  
Структурная модель в плане  
карьера. Горизонт +3600

Fig. 1  
Structural model of the open-pit in plane view, +3600 Level

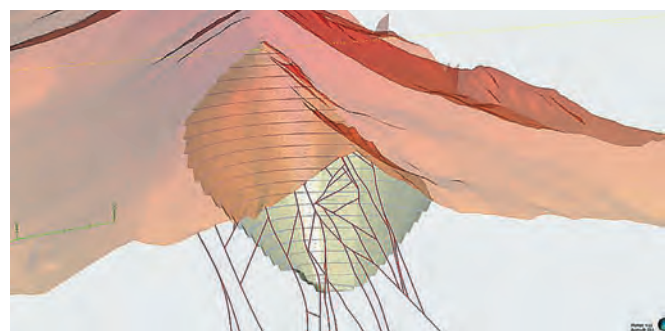


Рис. 2  
Структурная модель в разрезе  
карьера

Fig. 2  
Structural model of the open-pit in section view

**Таблица 1**  
Распределение и влияние в % (частость) классов содержаний золота, профили 2, 6, 9

Классы, г/т	Профиль 2		Профиль 6		Профиль 9	
	Распределение, %	Влияние, %	Распределение, %	Влияние, %	Распределение, %	Влияние, %
0,0–1,46	54,2	9,6	61,3	13,7	42,1	6,1
1,46–3,0	15,1	8,6	14,9	13,5	22,5	13,2
3,0–6,0	9,7	16,3	13,0	23,8	19,4	23,0
6,0–12,0	13,6	29,6	8,3	29,5	10,5	24,2
12,0–24,0	4,9	26,1	1,8	12,7	3,7	16,7
24,0–48,0	2,3	9,8	0,5	6,7	1,2	10,7
> 48	0,3	0,1	0,2	0,1	0,4	5,9

**Table 1**  
Distribution and influence of gold grade classes in % (frequency), Profiles 2, 6, 9

женными разломами с падением к юго-востоку 130–135°, под углами 65–75°, внутри которых развиты кварцевые прожилки различной интенсивности от 5–10% до 30–50% (зоны сливного золотокварцевого оруденения) с ориентировкой от южного до западного падения с углами 40–60°.

2. Модель дискретных блоков оруденения эксплуатационной разведки. На рис. 3–9 и табл. 2–7 представлены три профиля из 10, характеризующих ядро оруденения и периферию оруденения по размерности и концентрациям. Распределение классов содержаний золота и влияние на оруденение приведены в табл. 1. Максимальный объем распределения приходится на некондиционный класс до 1,46 г/т, максимум влияния на концентрацию золота имеют классы от 3,0 до 24 г/т с распределением по сумме частностей (классов содержаний от 6 до 48 г/т) в суммарном диапазоне от 22% до 36%, соответственно концентрирующие в сумме от 61% до 71% содержаний золота указанных классов.

Для рудных блоков изученной модели по 10 профилям и 93 блокам оруденения отмечают: непрерывное оруденение с размерностью  $L_n L > 2,9–3,8$ ,  $L_n C > 1,4–2,69$ . Для дискретных блоков характерны размерность и концентрация золота:  $L_n L < 2,9$  и  $L_n C 0,2–1,0$ , при прерывистости (коэффициент рудоносности – Круд) от 0,2 до 0,6, табл. 2–4.

В плане тело представляет эллипсоидальное вытянутое рудное тело с разделением на сердцевину – ядро оруденения с выдержанным оруденением, и периферию с прерывистым оруденением. Отмечается, что ядро оруденения,

контролирующее распределение обогащённых золотом структурных матриц, последовательно убывает от ядра к периферии, табл. 2–4. Закономерность, описанная на ряде рудных месторождений [4; 16]: «Прерывистость оруденения и связанная с ней нелинейность распределения повышенных значений концентраций золота в пространстве при неадекватности геометрических параметров природной системы прерывистости с учетом иерархичности не позволяют корректно герметизировать промышленное рудное тело» [16].

**Таблица 3**  
Характеристики блоков по профилю 6 по прерывистости и среднему содержанию золота

**Table 3**  
Characteristics of the blocks along Profile 6 in terms of discontinuity and the average gold grade

Профиль 6					
Блоки	Характеристика	$K_{руд}$	$C$ , г/т	$C_{руд}$ , г/т	$L_n C$
1	Непрерывный	0,94	5,49		1,70
2	Непрерывный	0,8	4,78	5,78	1,56
3	Дискретный	0,63	2,19	3,3	0,78
4	Дискретный	0,25	1,58	4,83	0,46
5	Дискретный	0,67	2,19	3,02	0,78
6	Дискретный	0,49	2,39	4,56	0,87
7	Дискретный	0,25	1,33	3,93	0,28
8	Непрерывный	0,91	2,18	2,34	0,78
9	Дискретный	0,3	1,61		0,48
10	Непрерывный	1	1,94		0,66
11	Дискретный	0,43	1,43	2,83	0,36
12	Дискретный	0,24	1,14	2,79	0,13

**Таблица 2**  
Характеристики блоков по профилю 2 по прерывистости и среднему содержанию золота

**Table 2**  
Characteristics of the blocks along Profile 2 in terms of discontinuity and the average gold grade

Профиль 2					
Блоки	Характеристика	$K_{руд}$	$C$ , г/т	$C_{руд}$ , г/т	$L_n C$
1	Дискретный	0,83	6,15	7,31	1,8
2	Непрерывный	1	9,32		2,2
3	Непрерывный	1	3,12		1,1
4	Непрерывный	1	12,88		2,6
5	Дискретный	0,74	1,55	1,95	0,4
6	Непрерывный	1	2,56		0,9
7	Дискретный	0,63	4,14	6,22	1,4
8	Непрерывный	1	11,92		2,5
10	Дискретный	0,33	1,11		0,1
11	Непрерывный	1	4,65		1,5

**Таблица 4**  
Характеристики блоков по профилю 9 по прерывистости и среднему содержанию золота

**Table 4**  
Characteristics of the blocks along Profile 9 in terms of discontinuity and the average gold grade

Профиль 9					
Блоки	Характеристика	$K_{руд}$	$C$ , г/т	$C_{руд}$ , г/т	$L_n C$
1	Непрерывный	0,94	6,69		1,90
2	Непрерывный	0,83	3,41	4,01	1,23
3	Непрерывный	1	4,14		1,42
4	Дискретный	0,27	1,37	3,44	0,31
5	Дискретный	0,53	1,32	2,05	0,28
6	Дискретный	0,7	1,85	2,1	0,61
7	Непрерывный	1	3,26		1,18
8	Дискретный	0,31	1,42	3,21	0,35

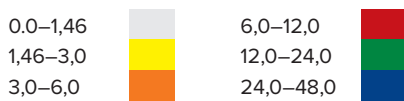
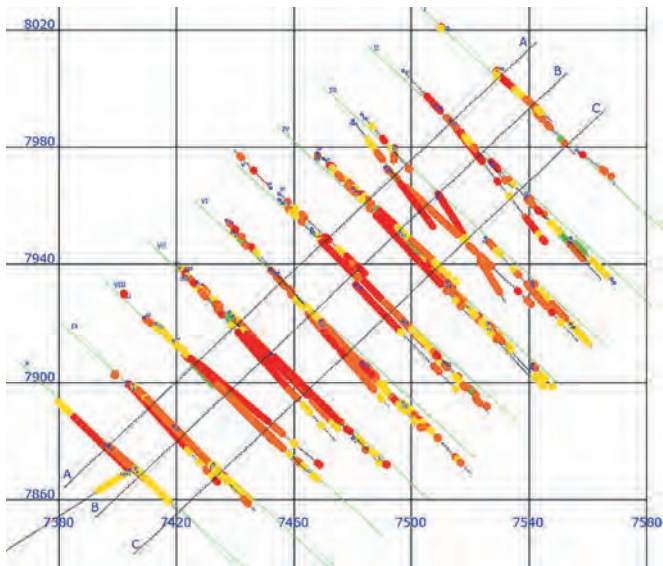


Рис. 3  
План модели по результатам эксплуатационной разведки

Fig. 3  
Plane view of the model based on the results of in-mine exploration

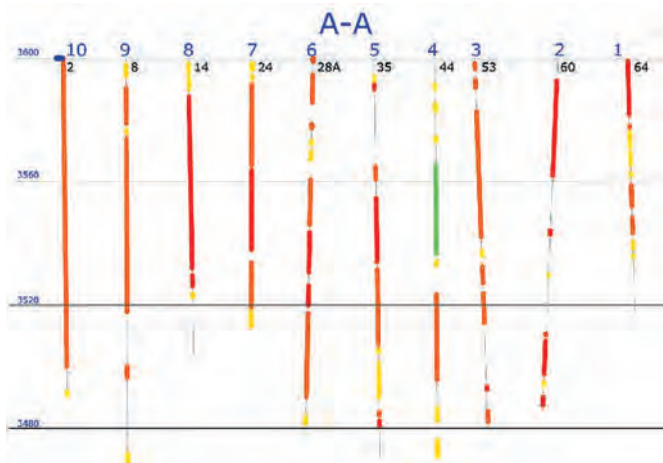


Рис. 4  
Продольный разрез А-А

Fig. 4  
Longitudinal section A-A

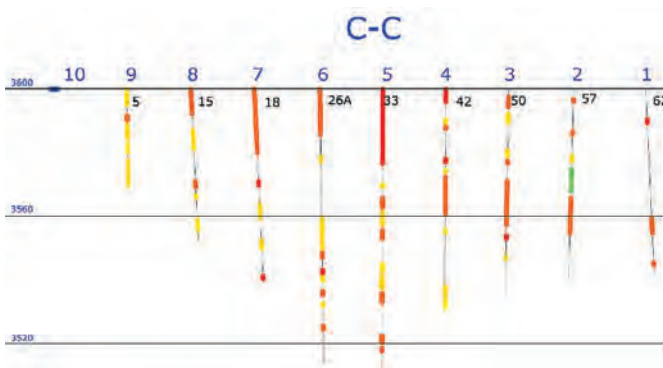


Рис. 5  
Продольный разрез В-В

Fig. 5  
Longitudinal section B-B

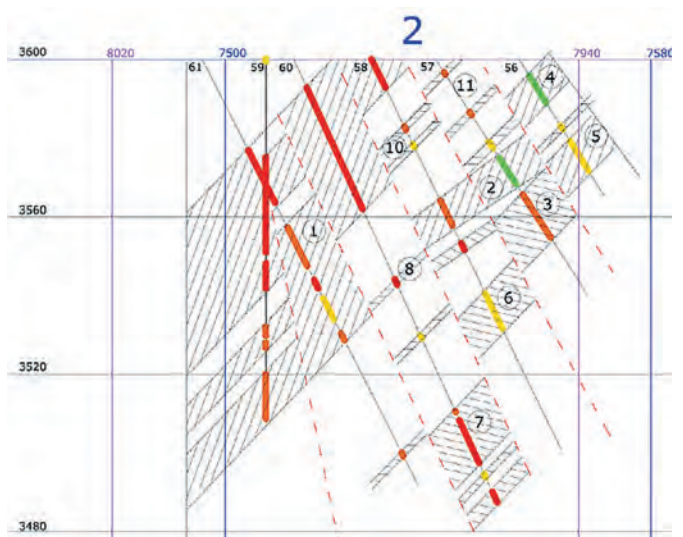


Рис. 6  
Разрез профиля II модели оруденения, заштрихованные области – блоки оруденения

Fig. 6  
Section of Profile II of the mineralization model, the shaded areas are mineralization blocks

Для контуров оруденения по мощности и падению, по блокам характерны, рис. 4–8, концентрация в плане и на продольных разрезах выделение ядра оруденения с непрерывным и крупным по размерности оруденением с обрамлением переходной к вмещающему горному массиву пород зоной дискретных блоков оруденения и нарастанием межблоковых некондиционных и безрудных перерывов.

Суммарная размерность блоков по профилям определяется как  $L = 45,2–48,5$  м,  $LnL = 3,8–3,9$ .

Общая дискретность оруденения, рис. 6–8, определяется как дискретными блоками с перерывом оруденения и коэффициентом рудоносности 0,2–0,6, так и крупными межблоковыми некондиционными и безрудными перерывами. В дискретных блоках некондиционные перерывы

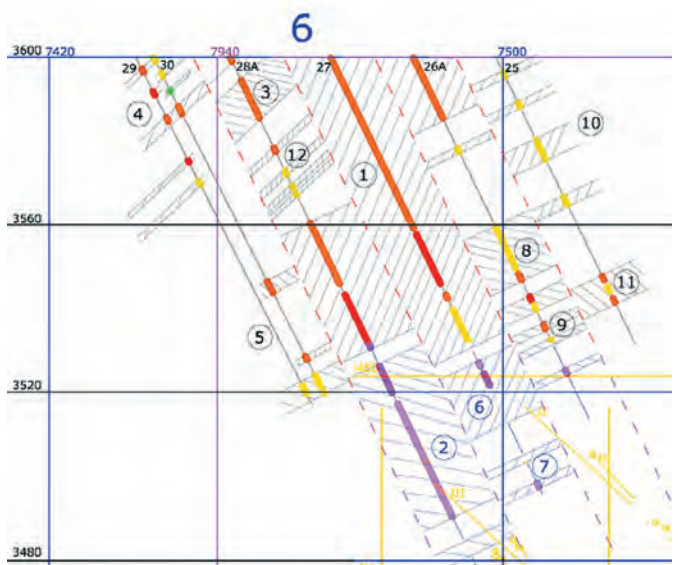


Рис. 7  
арез профиля VI модели оруденения

Fig. 7  
Section of Profile VI of the mineralization model

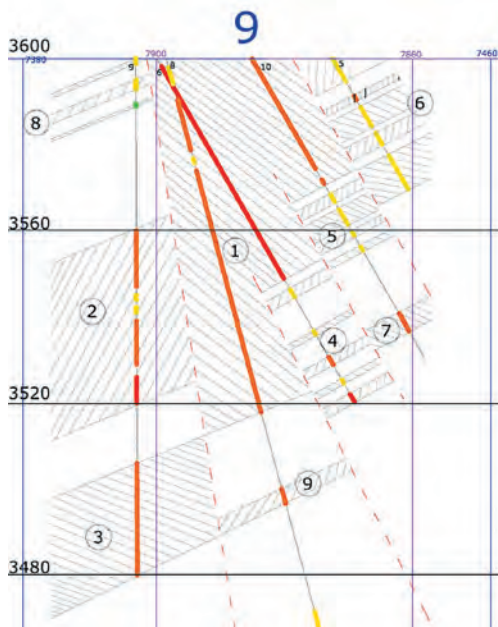


Рис. 8  
Разрез профиля IX модели оруденения

Fig. 8  
Section of Profile IX of the mineralization model

отмечаются в параметрах от 2–3 до 5 перерывов с размерностью по вертикали от 1–2 до 3–5 м. При этом содержание золота на блок и выделенные интервалы оруденения повышаются от 20–30 до 300%, параметры, необходимые для исчисления блоков как изолированных с оценкой возможности вовлечения в эксплуатацию по кондициям минимально-промышленных содержаний изолированных тел.

Обобщенно в контуре по 10 профилям распределение руды и золота по блокам с непрерывным и прерывистым оруденением приведено в табл. 8–11.

В целом на общий рудный контур объема приходится только 79% контуров блоков с концентрацией 93,5% золота. Вовлечение в эксплуатацию блоков с прерывистым оруденением снижает среднее содержание золота по исследовательской модели, табл. 8.

Таблица 5  
Характеристики размерности блоков оруденения профиля 2

Table 5  
Dimensional characteristics of mineralization blocks in Profile 2

Блоки	Характеристика	Коэффициент рудоносности, $K_{руд}$	Простираание $L1$ , м	Мощность $L2$ , м	Падение $L3$ , м	Объем $L1*L2*L3$ , м <sup>3</sup>	Линейная размерность, $L$ , м= $\sqrt[3]{L1*L2*L3}$	Размер, $LnL$
1	Дискретный	0,83	20	38,4	67	51456	37,2	3,6
2	Непрерывный	1	20	25,1	8,9	4467,8	16,5	2,8
3	Непрерывный	1	20	14,5	13	3770	15,6	2,7
4	Непрерывный	1	20	13,2	8	2112	12,8	2,6
5	Дискретный	0,74	20	13,2	13,5	3564	15,3	2,7
6	Непрерывный	1	20	14,5	10	2900	14,3	2,7
7	Дискретный	0,63	20	13,9	25,6	7116,8	19,2	3,0
8	Непрерывный	1	20	13,9	1,4	389,2	7,3	2,0
10	Дискретный	0,33	20	11,9	6	1428	11,3	2,4
11	Непрерывный	1	20	13,2	1	264	6,4	1,9
Итого						77467,8	42,6	3,8

Таблица 6  
Характеристики размерности блоков оруденения профиля 6

Table 6  
Dimensional characteristics of mineralization blocks in Profile 6

Блоки	Характеристика	Коэффициент рудоносности, $K_{руд}$	Простираание $L1$ , м	Мощность $L2$ , м	Падение $L3$ , м	Объем $L1*L2*L3$ , м <sup>3</sup>	Линейная размерность, $L$ , м= $\sqrt[3]{L1*L2*L3}$	Размер, $LnL$
1	Непрерывный	0,94	20	44,3	40,9	36237,4	33,1	3,5
2	Непрерывный	0,8	20	15,2	55,5	16872	25,6	3,2
3	Дискретный	0,63	20	10,6	15,5	3286	14,9	2,7
4	Дискретный	0,25	20	16,5	13,6	4488	16,5	2,8
5	Дискретный	0,67	20	16,5	11,8	3894	15,7	2,8
6	Дискретный	0,49	20	15,2	18,2	5532,8	17,7	2,9
7	Дискретный	0,25	20	15,9	10	3180	14,7	2,7
8	Непрерывный	0,91	20	28,4	10	5680	17,8	2,9
9	Дискретный	0,3	20	13,9	17,2	4781,6	16,8	2,8
10	Непрерывный	1	20	13,9	5,5	1529	11,5	2,4
11	Дискретный	0,43	20	13,9	8,2	2279,6	13,2	2,6
12	Дискретный	0,24	20	14,5	16,4	4756	16,8	2,8
Итого						92516,4	45,2	3,8

Таблица 7  
Характеристики размерности блоков оруденения профиля 9

Table 7  
Dimensional characteristics of mineralization blocks in Profile 9

Профиль 9			Простираение L1, м	Мощность L2, м	Падение L2, м	Объем L1*L2*L2, м <sup>3</sup>	Линейная размерность - L, м $= \sqrt[3]{L1*L2*L3}$ l	Размер. LnL
Блоки	Характеристика	Коэффициент рудоносности K <sub>руд</sub>						
1	Непрерывный	0,94	20	32,2	57,9	37287,6	33,4	3,5
2	Непрерывный	0,83	20	23,2	39	18096	26,3	3,3
3	Непрерывный	1	20	23,2	26	12064	22,9	3,1
4	Дискретный	0,27	20	12,9	31,3	8075,4	20,1	3,0
5	Дискретный	0,53	20	13,3	16,2	4309,2	16,3	2,8
6	Дискретный	0,7	20	15,1	30,1	9090,2	20,9	3,0
7	Непрерывный	1	20	13,3	4,5	1197	10,6	2,4
8	Дискретный	0,31	20	17,2	11,6	3990,4	15,9	2,8
Итого						94109,8	45,5	3,8

Таблица 8  
Распределение руды и золота ядра и периферии оруденения

Table 8  
Distribution of ore and gold in the core and marginal parts of mineralization

МПС	Блоки	Руда, т	C <sub>ср</sub> , г/т	Au, кг	Распределение руды, %	Распределение золота, %
>2,29	55	2452037	5,96	14614,0	79,0	96,8
<2,29	38	651655,5	0,74	480,9	21,0	3,2
Итого	93	3103692	4,86	15094,8	100,0	100,0

Таблица 9  
Размерность рудных блоков по разрезам без учета межблоковых перерывов оруденения

Table 9  
Dimensions of the ore blocks by sections, without taking into account the inter-block mineralization interruptions

№ профиля	$\sum L1*L2*L3$	$\sqrt[3]{\sum l}, m$	LnL	Степенная функция от общего контура
1	56147,8	38,3	3,6	1,3
2	77467,8	42,6	3,8	1,3
3	164673,4	54,8	4,0	1,2
4	198237	58,3	4,1	1,2
5	136776,8	51,5	3,9	1,2
6	92516,4	45,2	3,8	1,2
7	151548,6	53,3	4,0	1,2
8	122824,4	49,7	3,9	1,2
9	94109,8	45,5	3,8	1,2
10	81339	43,3	3,8	1,2
Всего:	1175641	105,5	4,7	
Среднее	117564,1	48,3	3,9	1,20

Таблица 10  
Внутриконтурные некондиционные блоки по разрезам

Table 10  
Substandard blocks within the contour by sections

№ профиля	$\sum L1*L2*L3$	l, m	LnL	Степенная функция $\sum LnL_{модели} / L_{профиля}$	Диапазон единичных дискретных блоков		
					количество	l, m	LnL
1	23916,8	28,8	3,4	1,3	11	12,5	2,5
2	42163,6	34,8	3,5	1,2	11	11,9	2,4
3	43884	35,3	3,6	1,2	17	13,7	2,6
4	58021	38,7	3,7	1,1	29	11,9	2,5
5	49730	36,8	3,6	1,2	23	10,1	2,3
6	25194	29,3	3,4	1,2	22	10,5	2,3
7	60204	39,2	3,7	1,1	21	12,1	2,5
8	33378,2	32,2	3,5	1,2	13	12,6	2,5
9	10455	21,9	3,1	1,4	10	9,9	2,3
10							
Всего	346947	70,3	4,2				
Среднее	38549,6	33,8	3,5	1,2		11,7	2,4

**Таблица 11**  
Междублоковые безрудные и некондиционные блоки по разрезам

**Table 11**  
Inter-block ore-free and substandard blocks by sections

№ профиля	$\sum L1*L2*L3$	$\sqrt[3]{\sum=L, m}$	LnL	Степенная функция	Диапазон единичных дискретных блоков			
					количество	м <sup>3</sup>	L, m	LnL
1	27508	30,2	3,4	1,3	3	9169,3	20,9	3,0
2	49685	36,8	3,6	1,2	12	4140,4	16,1	2,8
3	68486	40,9	3,7	1,2	10	6848,6	19,0	2,9
4	72719	41,7	3,7	1,2	17	4277,6	16,2	2,8
5	59135	39,0	3,7	1,2	12	4928,0	17,0	2,8
6	62394	39,7	3,7	1,2	13	4799,6	16,9	2,8
7	50470	37,0	3,6	1,2	13	3882,3	15,7	2,8
8	28017	30,4	3,4	1,3	7	4002,4	15,9	2,8
9	23500	28,6	3,4	1,3	6	3916,7	15,8	2,8
10								
Всего	441914	76,2	4,3		93			
Среднее	49102	36,6	3,6	1,2			17,1	2,8

**Таблица 12**  
Экстраполяция по степенной функции иерархических блоков

**Table 12**  
Extrapolation of hierarchical blocks by the exponential function

L, m	LnL	Ln+1\Ln
<b>117,4</b>	4,7	
<b>41,23</b>	3,92	1,2
<b>25,11</b>	3,27	1,2
<b>15,29</b>	2,73	1,2
<b>9,31</b>	2,27	1,2
5,67	1,89	1,2
3,45	1,58	1,2
2,10	1,31	1,2
1,28	1,10	1,2
0,78	0,91	1,2
0,48	0,76	1,2
0,29	0,63	1,2
0,18	0,53	1,2
0,11	0,44	1,2
<b>0,07</b>	0,37	1,2
<b>0,04</b>	0,31	1,2
<b>0,02</b>	0,25	1,2

**Таблица 13**  
Совокупная мозаичность по объединенным типам контуров оруденения и безрудных блоков

**Table 13**  
Cumulative mosaicity by combined types of mineralization and ore-free block contours

Мозаичные блоки	м <sup>3</sup>	L, m	LnL	%
Σ ядро оруденения	813407,8	93,3	4,5	50,3
Σ дискретное оруденение-периферии	362233,2	71,3	4,3	22,4
Σ безрудных и некондиционных	441914	76,2	4,3	27,3
Всего	1617555	117,4	4,8	100

Экстраполяция фрактальных иерархически самоподобных блоков-подсистем при степенной функции  $LnL = 1,2$  (табл. 12) от размерности блока модели оруденения, отдельных блоков с непрерывной и дискретной рудой к наименьшей (поддающейся опробованию и эксплуатации) из наблюдаемых подсистем от 117,4–41–25–9–6–3 м до 0,02 м.

**Заключение и обсуждения**

Обобщенная модель по размерности и распространению мозаичных блоков и нелинейных характеристик оруденения может применяться как обоснование геотехнических и геотехнологических построений для эксплуатации подземных запасов штокверкового месторождения Джеруй:

1. Ядро оруденения, представленное видимой непрерывностью оруденения, в совокупности составляет поло-

вину объема модели оруденения – 50,3%; периферийные блоки штокверка – дискретного контура минерализации – 22,4%; безрудные и некондиционные междублоковые перерывы промышленного оруденения составляют 27,3% (табл. 13).

2. Размерность блоков оценивалась по приведенному размеру простираения панелей в L в 20 м и составляет от 43,0 до 15,6, размерность  $LnL =$  от 3,8 до 2,7, в среднем 3,4 м.

Ядро оруденения при видимой непрерывной минерализации по продольному размеру может достигать  $L = 67$  м, размерностью до  $LnL = 4,2$ . Единичные блоки.

3. Размерность совокупной периферии оруденения с дискретными блоками оценивается в  $L = 71,3$  м и  $LnL = 4,3$ . Единичные блоки варьируют размерностью L от 9,9 до 12,5 и  $LnL$  от 2,3 до 2,6, в среднем 11,7 м и  $LnL = 2,4$ .

4. Безрудные, некондиционные перерывы оруденения в совокупности образуют контур размерностью  $L = 76,2$  и  $LnL = 4,3$ ; при варьировании блоков размерностью от 15,1 м до 20,9 м, в среднем 17,1 м и  $LnL$  от 2,8 до 3,0, в среднем 2,8.

5. Иерархия блоков по размерности L, m  $LnL$  для модели оруденения составляет соответственно от  $L = 117,4$  м и  $LnL = 4,7$  до наименьшего уровня подсистемы  $L = 0,02$ ,  $LnL = 0,25$  с коэффициентами иерархии  $L = 1,6$ ;  $LnL = 1,2$ .

6. Статистическое расстояние между иерархичными междублоковыми разломами и трещинными зонами  $\mu\Delta(\delta) = 1,6$ .



Список литературы / References

1. Курленя М.В., Опарин В.Н. Проблемы нелинейной геомеханики. Ч. II. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2000;(4):3–26.  
Kurlenya M.V., Oparin V.N. Problems of nonlinear geomechanics. Part II. *Journal of Mining Science*. 2000;36(4):305–326.  
<https://doi.org/10.1023/A:1026673105750>
2. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы. *Доклады Академии наук СССР*. 1979;247(4):829–831.  
Режим доступа: <https://www.mathnet.ru/links/bb0a8c42868dc0d5f3e68c647556f2a4/dan42895.pdf> (дата обращения: 13.05.2024).  
Sadovsky M.A. Natural size of rock lumps. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1979;247(4):829–831. (In Russ.) Available at: <https://www.mathnet.ru/links/bb0a8c42868dc0d5f3e68c647556f2a4/dan42895.pdf> (accessed: 13.05.2024).
3. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. *Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс*. М.: Наука; 1987. 100 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/27289> (дата обращения: 13.05.2024).
4. Павлов А.М. Мальшин Е.А., Филонук В.А. Геометризация промышленных рудных тел и определение показателей качества отработки запасов в условиях закономерно-прерывистого распределения металла на Зун-Холбинском золоторудном месторождении. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2008;(12):90–106. Режим доступа: <https://gia>  
Pavlov A.M. Mal'shin E.A., Filonuk V.A. Geometrization of commercial ore bodies and determination of quality indicators of reserves development for conditions of regular intermittent metal distribution at the Zun-Kholbinsky gold deposit. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2008;(12):90–106. (In Russ.) Available at: [https://giab-online.ru/files/Data/2008/12/9\\_Pavlov.pdf](https://giab-online.ru/files/Data/2008/12/9_Pavlov.pdf) (accessed: 13.05.2024).
5. Павлов А.М. Фрактальные свойства геологической среды как показатель сложности условий эксплуатации золоторудных месторождений. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2011;(6):60–66. Режим доступа: [https://giab-online.ru/files/Data/2011/6/Pavlov\\_6\\_2011.pdf](https://giab-online.ru/files/Data/2011/6/Pavlov_6_2011.pdf) (дата обращения: 13.05.2024).  
Pavlov A.M. The fractal properties of the geological environment as the factor of the complexity of the conditions of exploitation of gold deposits. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2011;(6):60–66. (In Russ.) Available at: [https://giab-online.ru/files/Data/2011/6/Pavlov\\_6\\_2011.pdf](https://giab-online.ru/files/Data/2011/6/Pavlov_6_2011.pdf) (accessed: 13.05.2024).
6. Филонюк В.А., Дубовская И.А. О некоторых причинах низкой эффективности геолого-методического обеспечения современных поисково-разведочных и эксплуатационных технологий в золотодобывающей отрасли. *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*. 2016;(3):29–43. Режим доступа: <https://repository.geologyscience.ru/bitstream/handle/123456789/11486/p38.pdf> (дата обращения: 13.05.2024).  
Filonyuk V.A., Dubovskaya I.A. On some reasons of low efficiency of geological and methodological support of modern prospecting, exploration and operation technologies in gold industry. *Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits*. 2016;(3):29–43. (In Russ.) Available at: <https://repository.geologyscience.ru/bitstream/handle/123456789/11486/p38.pdf> (accessed: 13.05.2024).
7. Филонюк В.А. *Результаты фундаментальных исследований по проблеме минимизации фактора риска при освоении золоторудных месторождений*: сб. науч. тр. «Иргиредмета» в честь 125-летия. Иркутск; 1998. С. 34–50.
8. Волларович Г.П., Иванов В.Н. (ред.) *Методика разведки золоторудных месторождений*. М.: ЦНИИГРИ; 1991. 382 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/8407> (дата обращения: 13.05.2024).
9. Галченко Ю.П., Еременко В.А. *Природно-технические системы подземной разработки рудных месторождений на основе конвергентных горных технологий*. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Горная книга; 2023. 288 с.
10. Жабко А.В. Фундаментальные проблемы практической геомеханики и возможные пути их преодоления. *Известия Уральского государственного горного университета*. 2018;(4):98–107. Режим доступа: <https://iuggu.ru/download/2018-4-52-Zhabko.pdf> (дата обращения: 13.05.2024).  
Zhabko A.V. Underlying problems of practical geomechanics and possible ways to overcome them. *News of the Ural State Mining University*. 2018;(4):98–107. (In Russ.) Available at: <https://iuggu.ru/download/2018-4-52-Zhabko.pdf> (accessed: 13.05.2024).
11. Васильев Н.Ю., Мострюков А.О., Петров В.А., Тверитинова Т.Ю., Тверитинов А.Ю. Параметры прямой связи между процессами эндогенного рудообразования и объемного разуплотнения горных пород, контролируемой тектоническими деформациями взбросового типа (по реконструкциям полей напряжений регионального и локального рангов). В кн.: *Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики: материалы 52-го Тектонического совещания, г. Москва, 28 января – 3 февраля 2020 г.* М.: ГИН РАН; 2020. С. 118–124.

12. Кочарян Г.Г. *Геомеханика разломов*. М.: ГЕОС; 2016. 424 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/35480> (дата обращения: 13.05.2024).
13. Pirajno F. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Springer Dordrecht; 2019. 1250 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8613-7>
14. Семинский К.Ж., Кожевников Н.О., Черемных А.В., Бобров А.А., Оленченко В.В., Авгулевич Д.Л. Структура разломных зон Приольхонья (Байкальский рифт) по данным полевой тектонофизики и геофизики. *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*. 2008;(7):111–123.  
Seminsky K.Zh., Kozhevnikov N.O., Cheremnykh A.V., Bobrov A.A., Olenchenko V.V., Avgulevich D.L. Structure of fault zones in the Priolkhon region (Baikal rift) based on field tectonophysical and geophysical data. *Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits*. 2008;(7):111–123. (In Russ.)
15. Курленя М.В., Опарин В.Н., Тапсиев А.П., Аршавский В.В. *Геомеханические процессы взаимодействия породных и складчатых массивов при обработке пластовых рудных залежей*. Новосибирск: Наука; 1997. 173 с.
16. Канцель А.В. Функция распределения металла в рудах как генетическая характеристика процесса рудообразования. *Известия Академии наук СССР. Серия геологическая*. 1988;(10):18–30.  
Kantsel A.V. Function of the metal distribution in ores as a genetic characteristic of the ore formation process. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Geologicheskaya*. 1988;(10):18–30. (In Russ.)

**Информация об авторах**

**Чуприн Константин Эдуардович** – заместитель генерального директора по производству, «Альянс Алтын», г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Еременко Виталий Андреевич** – доктор технических наук, профессор РАН, директор научно-исследовательского центра «Прикладная геомеханика и конвергентные горные технологии», профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Горного института, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: prof.eremenko@gmail.com

**Зарлыков Алмаз Куватович** – аспирант кафедры полезных ископаемых, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Курманалиев Капар Зарлыкович** – горный инженер-геолог, Геолэкспертпроект, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail: grfgeology@gmail.com

**Information about the authors**

**Konstantin E. Chuprin** – Deputy General Director for Production, Altyn Alliance, Bishkek, Kyrgyz Republic

**Vitaly A. Eremenko** – Dr. Sci. (Eng.), Professor of RAS, Director of the Applied Geomechanics and Convergent Mining Technologies Research Center, Professor at the Department of Physical Processes of Mining Production and Geocontrol of the Mining Institute, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russian Federation; e-mail: prof.eremenko@gmail.com

**Almaz K. Zarlykov** – Postgraduate Student, Department of Mineral Resources, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

**Kapar Z. Kurmanaliev** – Mining Engineer-Geologist, Geolekspertproekt LLC, Bishkek, Kyrgyz Republic; e-mail: grfgeology@gmail.com

**Article info**

Received: 12.06.2024

Revised: 09.07.2024

Accepted: 15.07.2024

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 12.06.2024

Поступила после рецензирования: 09.07.2024

Принята к публикации: 15.07.2024