ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК: 553:550.8:330.1

А.К.Зарлыков[1], А.А. Орозбаева[1], Эркин уулу М.[2], К.З. Курманалиев[3], О.Ш.Шамшиев[1]
[1]И. Раззаков атындагы КМТУ, [2]Ж.Баласагын ат. Кыргыз улуттук университети,
[3]«Геолэкспертпроект» ЖЧКсы
Бишкек Кыргыз Республикасы
[1]КГТУ им. И. Раззакова, [2]КНУ им. Ж.Баласагына
[3]ОсОО «Геолэкспертпроект»
Бишкек, Кыргызская Республика

A.K.Zarlykov[1], A.A. Orozbaeva[1], Erkin uulu M.[2], K.Z. Kurmanaliev[3], O.Sh.Shamshiev[1]
[1]I.Razzakov KSTU, [2]J. Balasagyn Kyrgyz National University,
[3]LLC "Geolekspertproekt"
Bishkek, Kyrgyz Republic
algeokg@gmail.com angoncharenko59@gmail.com Grfgeology@gmail.com
gulzinashamshievach@gmail.com

ОБЗОР ВЕРОЯТНОСТНОЙ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОРУДЕНЕНИЯ ДИСКРЕТНОГО ТИПА(ФРАКТАЛЬНОСТЬ). ГИПОТЕЗЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОТЕХНОЛОГИИ, ЭКОНОМИКИ

ДИСКРЕТТИК ТИПТЕГИ (ФРАКТАЛДЫК) РУДАЛАНУУНУН ЫКТЫМАЛДЫК ГЕОЛОГИЯЛЫК-ЭКОНОМИКАЛЫК БААЛООСУНА ОБЗОР. ГЕОЛОГИЯНЫН, ГЕОТЕХНОЛОГИЯНЫН ЖАНА ЭКОНОМИКАНЫН ГИПОТЕЗАЛАРЫ

REVIEW OF PROBABILISTIC GEOLOGICAL-ECONOMIC ASSESSMENT OF DISCRETE-TYPE (FRACTAL) MINERALIZATION: HYPOTHESES OF GEOLOGY, GEOTECHNOLOGY, AND ECONOMICS

Макалада алтын кендерин геологиялык-экономикалык ыктымалдык баалоонун теориялык жана колдонмо аспектилери рудалануунун дискреттик (фракталдык) тибинин заманбап концепциясынын негизинде каралган. Изилдөөнүн актуалдуулугу бай рудалардын запастарынын түгөнүшү, курамы төмөн жана байытууга татаал кендерди өнөр жайлык өздөштүрүүгө тартуу зарылчылыгы, ошондой эле минералдык-чийки зат ресурстарын пайдалануунун натыйжалуулугун жогорулатуу муктаждыгы менен шартталган. Тамырлуу жана штокверктүү типтеги алтын кендерин талдоонун негизинде рудалануу түзүмүндөгү рудалуу жана рудаланбаган блоктордун мейкиндикте жайгашуу мыйзам ченемдүүлүктөрү бааланган. Джамгыр, Жерүй жана Ширальжин кендеринин өлчөө натыйжалары пайдаланылып, ошондой эле Чаарат, Үңкүрташ, Андаш жана Талдыбулак кендерине гипотетикалык баа берилген.

Рудалануунун мозаикалык түзүлүшү рудалуу жана рудаланбаган блоктордун туруктуу катышы менен мүнөздөлөрү аныкталган: тиешелүүлүгүнө жараша 20–40 % жана 60–80 %. Бул мыйзам ченемдүүлүк рудалык денеңин уюшулушунун ар кандай иерархиялык деңгээлдеринде сакталат. Масштабы кичирээк дискреттик подсистемаларда пайдалуу компоненттердин курамынын экспоненциалдуу өсүү тенденциясы аныкталып, металлдардын жана рудалык минералдардын концентрациясы 90–99 %га чейин жетери

көрсөтүлгөн. Жогорку концентрацияланган рудалык блокторду бөлүп алуу геотехнологиялык процесстердин натыйжалуулугун олуттуу жогорулатууга мүмкүндүк берери далилденген.

Рудалануунун фракталдык түзүлүшүн жана пайдалуу компоненттердин дискреттик бөлүштүрүлүшүн эске алган кендерди геологиялык-экономикалык баалоонун ыктымалдык ыкмасы сунушталган. Кендерди өздөштүрүүнүн геотехнологияларын долбоорлоодо рудалануунун үзгүлтүксүз моделинин жана дискреттик моделинин салыштырма талдоосу жүргүзүлгөн. Эсептөөлөрдүн жыйынтыктары рудалык блокторду тандалма өздөштүрүү жана дискреттик (фракталдык) рудалануунун геологиясы, геотехнологиясы жана экономикасы принциптерин киргизүү аркылуу тоо-кен ишканаларынын жалпы рентабелдүүлүгүн бир нече эсеге жогорулатууга мүмкүн экендигин көрсөтөт.

***Ачкыч сөздөр:** дискреттүүлүк, фракталдуулук, рудалануунун блоктук уюшулушу, мозаикалуулук, рудалануунун өзөгү жана перифериясы, рудаланбаган блоктор, руда жана металлдардын концентрациясы, геологиялык-экономикалык баалоо.*

В статье рассмотрены теоретические и прикладные аспекты вероятностной геолого-экономической оценки золоторудных месторождений с позиций современной концепции дискретного (фрактального) типа оруденения. Актуальность исследования обусловлена истощением запасов богатых руд, необходимостью вовлечения в промышленную разработку бедных и труднообогатимых месторождений, а также потребностью повышения эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов. На основе анализа золоторудных месторождений жильного и штокверкового типов выполнена оценка закономерностей пространственного распределения рудных и безрудных блоков в структуре оруденения. Использованы результаты измерений месторождений Джамгыр, Джеруй и Ширальджин, а также проведена гипотетическая оценка месторождений Чаарат, Ункурташ, Андаш и Талдыбулак.

Установлено, что мозаичная структура оруденения характеризуется устойчивым соотношением рудных и безрудных блоков в пределах 20–40 % и 60–80 % соответственно, сохраняющимся на различных иерархических уровнях организации рудного тела. Выявлена закономерность экспоненциального увеличения содержания полезных компонентов в дискретных подсистемах меньшего масштаба, вплоть до концентраций 90–99 % металла и рудных минералов. Показано, что выделение высококонцентрированных рудных блоков позволяет существенно повысить эффективность геотехнологических процессов.

Предложен вероятностный подход к геолого-экономической оценке месторождений, основанный на учёте фрактальной структуры оруденения и дискретного распределения полезных компонентов. Выполнено сравнение традиционной модели непрерывного оруденения с моделью дискретного оруденения при проектировании геотехнологий разработки месторождений. Результаты расчётов свидетельствуют о возможности многократного повышения валовой рентабельности горнодобывающих предприятий за счёт селективного освоения рудных блоков и внедрения принципов геологии, геотехнологии и экономики дискретного (фрактального) оруденения.

***Ключевые слова.** дискретность, фрактальность, блочная организация оруденения; мозаичность-ядро, периферия оруденения и безрудные блоки; концентрация руды и металлов; геолого-экономическая оценка.*

The article examines the theoretical and applied aspects of the probabilistic geological and economic assessment of gold ore deposits from the perspective of the modern concept of discrete (fractal) mineralization. The relevance of the study is determined by the depletion of high-grade ore reserves, the necessity of involving low-grade and refractory deposits in industrial development, and the need to improve the efficiency of mineral resource utilization. Based on the analysis of vein-type and stockwork-type gold deposits, the spatial distribution patterns of ore-bearing and barren

blocks within mineralized structures were evaluated. Measurement data from the Jamgyr, Jeruy, and Shiraldzhin deposits were used, and a hypothetical assessment was carried out for the Chaarat, Unkurtash, Andash, and Taldybulak deposits.

It was established that the mosaic structure of mineralization is characterized by a stable ratio of ore-bearing and barren blocks ranging from 20–40% and 60–80%, respectively, which is maintained across different hierarchical levels of ore-body organization. A pattern of exponential increase in the concentration of valuable components within smaller-scale discrete subsystems was identified, reaching concentrations of 90–99% for metals and ore minerals. It is demonstrated that the identification and selective extraction of highly concentrated ore blocks can significantly enhance the efficiency of geotechnological processes.

A probabilistic approach to the geological and economic evaluation of mineral deposits is proposed, taking into account the fractal structure of mineralization and the discrete distribution of valuable components. A comparison was made between the traditional continuous mineralization model and the discrete mineralization model in the design of mining geotechnologies. The calculation results indicate the possibility of multiple increases in the gross profitability of mining enterprises through the selective development of ore blocks and the implementation of geological, geotechnological, and economic principles of discrete (fractal) mineralization.

Key words: *discreteness, fractality, block organization of mineralization, mosaic structure, mineralization core and periphery, barren blocks, ore and metal concentration, geological and economic assessment.*

Введение. Актуальность

Вовлечение в эксплуатацию рудных месторождений КР требуют новых инновационных подходов к оценке геологии, геотехнологии, экономики горных проектов. В первую очередь для месторождений бедных и убогих руд, составляющие не менее 60-70% минерально-сырьевой базы КР. В связи с чем актуализируется необходимость переоценки ресурсов недр КР с позиции новой развивающейся парадигмы «дискретного типа оруденения» с учетом исчерпания традиционных методов основанных на концепциях «непрерывного типа оруденения»

Литературный обзор

Теория открытых самоорганизующихся систем- не линейная геодинамика и синергетика связаны с исследованиями: И. Пригожина , С.П. Курдюмова , Г. Хакена , А.А. Самарского , Г.Г. Малинецкого , Б. Мандельброта; блочно-иерархическое строение руд изучались М.А. Садовским, В.В. Пиотровским, В.И.Уламов, С.В.Гольдин, Г.Г.Кочерян, П.В. Макаров, В.Н.Родионов и др. Фрактальности оруденения посвящены работы П.М. Горяинова, А.М. Павлова, В.И.Снеткова, Turcotte D.L., В.А. Филонюка и многих других. В работе использованы результаты исследований инженеров и менеджеров горной отрасли КР: Назаралиев Б., Зарлыков К., Несипбаев Д., Алыбеков Т., Ермошкин Д., Ермошкин Н., Межеловский В., Яровой Н., Сатыбеков М., Коробовский Н, Чуприн К., Рахматов С., Пазылов Т., Курманалиев К.

Цель работы

Вероятностная геолого-экономическая оценка ресурсов золоторудных месторождений КР для обоснования актуальности и перспектив внедрения парадигмы фрактальной закономерностей дискретного типа оруденения. Задачами и методами работ определены: Фрактальный анализ, размерность блоков подсистем, степенное значение подсистем блоков, наименьшие подсистемы блочности для SBS(сортировка на базе сенсоров); геотехнические и рудные характеристики инвариантных и мозаичных блоков.Геолого-экономическая оценка ресурсов на основе моделей геотехнологии и постатейных расчетов затрат горных проектов.

Методология

Блочная организация строения земной коры на различных масштабных уровнях-дискретность и фрактальность как закономерность эволюции геосферы на основе значительного объема исследований является новой, но обоснованной парадигмой эволюции геологической среды. Детальное изучение ряда золоторудных месторождений в КР выделяют достаточно выраженный структурно-кинематический план блочного строения месторождений. При исследованиях дискретности блочной организации оруденения методами фрактальности, в том числе по размерности блоков иерархически таксонометрированных систем и последовательных подсистем позволяют выделить геотехническую инвариантность распределения и размещения блоков, соответственно «мягких» и «жестких» которые по напряженно-деформационному плану формируют зоны аномальной, переходной и низкой степени трещиноватости. Различные подходы и взгляда существующие в литература в целом сходны в теории разгрузки гидротермальных флюидных и других систем при изменении Р-Т условий и в корреляции со степенью интенсивности трещиноватости. Что позволяет выделить «мозаичную» блочность оруденения, с рудообразующими морфологическими и концентрационными типами блоков: ядра оруденения(концентрированное), переходные зоны оруденения и безрудные зоны, соответственно с дискретным распределением по иерархически масштабированных системам(n)и подсистема(n +1…k) и (n-1…k). Выделены закономерность и характеристики дискретной блочности: развития мозаичности рудных блоков с концентрации рудного вещества в 40-60% весового объема контуров оруденения; и экспоненциальный характер роста концентрации металлов и рудных минералов в подсистемах блоков с метрической размерностью <0,1m-0,01m. Подтвержденных эмпирическими исследованиями на базе сенсорной сортировки (SBS) на ряде золоторудных месторождений с концентрацией руды на выходе до40-60% и извлечением золота 90-99%, и увеличением среднего содержания .На основе проведенных исследований предложены методы использования универсальной природной закономерности блочной организации оруднения с обоснованием к внедрению ряда технологических, геотехнических и геотехнологических инноваций и новых подходов со значительным ростом(производительности горных работ и прибыли, валовой рентабельности горных проектов, соответственно на десятки процентов.

Геолого-экономическая оценка произведены на основе постатейных расчетов затрат разработки месторождений по моделям от традиционных и в сравнении с учетом мозаичности блоков дискретного оруденения. Для сравнение геотехнологических моделей оценка произведена по валовой рентабельности продукту, без учета налогового режима.

Результаты: Сравнительные таблицы геолого-экономической оценки моделей геотехнологий геологии мозаичных блоков дискретного типа оруденения. Показатели валовой рентабельности продукта в % показывают весьма высокий уровень роста прибыльности от 20-30% до 230% по сравнению с традиционными подходами оценки на основе «непрерывного типа оруденения»

1. Методология исследований. Дефиниции.

В том числе размерность блоков между разломами проверен по формуле Опарина, Курлени[8], по «статистической характеристике средних расстояний между берегами трещин, отделяющих структурные блоки между собой- устойчивое соотношение между величинами раскрытия трещин и диаметрами отделяемых ими блока в структурной иерархии массивов горных пород[9]:

$$\mu_{\Delta}(\delta) = \frac{\delta_i}{\Delta_i} = \Theta \cdot 10^{-2}$$

i-i , (1)

где δ_i — среднее “раскрытие” трещин (расстояние между их берегами), Δ_i — диаметр блоков i-го иерархического уровня, а коэффициент Θ наиболее часто попадает для любого i в интервал 1/2–2, т. е. $\Theta \in (1/2 - 2)$.

В том числе исходя из разработанных десятков формул иерархических дискретных рядов блочности, к примеру: Так, Г.Г. Кочарян и А.А. Спивак [10] со ссылкой на результаты исследований М.А. Садовского [11] и В.В. Пиотровского [12]. Методика позволяет оценить и измерить размерность иерархии блоков и расстояния между рудными контурами.

Ромбовидные блоки породы разделенные парагенезом сочлененных и сопряженных разломов формируют геометрическую закономерность распределения минерализованных жильных тел по разломам.

Исчисление размерности блоков основных морфологических таксонометрированных единиц сдвиговых зон, рудных тел(жильных тел), контуров линз и гнезд оруденения приведены в исчислении Ll,m- простирание; Lh,m- по вертикали(или мощности для породных блоков Рисунок 1); L,m= $^{2}\sqrt{}$ Ll x Lh-линейная размерность, и усредненная логарифмическая размерность Ln(L,m)[4].

Степенная функция логарифмированных размерностей блоков и рудных контуров LnN/LnN+1, принята для выделения иерархи таксонов, дискретных подсистем.

Фрактальная размерность показывает меру самоподобия в изучаемой иерархической совокупности и степень сложности структуры. Мера подобия оценивается диапазоном масштабов, где каждой подсистемой выполняется однородный степенной закон, а относительная степень сложности определяется абсолютным значением фрактальной размерности [5,13,14,15]:

$$D = -\lim_{r\to 0}\frac{\ln(N)}{\ln(r)}. \qquad (2)$$

$$N \sim r^{-D}, \qquad (3)$$

$$D=1+tga \qquad (4)$$

Где D-фрактальная размерность, N-частота встречаемости фрактального признака, r-масшатбирование измерения, tra-тангенс угла между параметрами LnN и Lnr.

Корреляция значения фрактальности блоков месторождения и блоков оруденения с измерениями ранжированных соответствующих блоков по таксонометрированию, соответствует мотиву дискретности от фрактальности.

Геотехническая инвариантность блоков. Дезинтеграция и разуплотнение/дилатансия среды/ массива горных пород, определяются составляющими системы, в которой по подсистемам развиваются различающиеся условия нагружения (напряжение и деформация) по включениям жестких или мягких/податливых блоков (stiff and rigid inclusions). В массиве горных пород, включающего податливые/мягкие блоки при их нагружении со стороны более жесткого массива горных пород, преобладает разрушение без динамической составляющей в момент достижения ими предела прочности, что обусловлено накоплением в них трещин. Эти блоки представляют собой трещиноватую среду. В этом случае нагрузка на такие блоки распределяется таким образом, что их нагружение происходит в режиме задаваемых деформаций. А при мягком нагружении, реализуемом в горном массиве, включающем в себя жесткие блоки, вся нагрузка концентрируется на них. При достижении внешней нагрузкой величины их прочности, вся накопленная в окружающем массиве энергия резко разгружается в возникающие трещины или в подготовленный/существующий очаг разрушения с предельной концентрацией в нем трещин, или в имеющуюся в структуре трещину Гриффитсовского размера и разрушение протекает хрупко с динамическими проявлениями - выделением энергии. Т.е. в этом случае нагружение происходит в режиме задаваемых напряжений [4,6,16,17,18]. В результате формируются области уменьшения (рассредоточения) и/или увеличения уровня (магнитуды) напряжений, что неизбежно отражается на структурно-гидродинамических условиях рудообразования, Рисунок 1Б.

Мозаичность распределения и расположения рудных блоков определяется геотехническими условиями инвариантности блоков, Рисунок 1А.

Зоны разуплотнения с интенсивной трещиноватостью связываются с процессом мобилизации рудных компонентов из их источника, транспортирования и аккумуляция в аномально концентрированной форме- система условий формирования месторождения[20,21] верхней(сейсмогенной части земной коры, где реализуются механизмы упруго-хрупкого разрушения пород с перемещением флюидов вдоль системы проницаемых каналов с оптимальными для рудоотложения параметрами- гидравлический градиент, температурный градиент, напряженно-деформационное состояние пород, внутрипортовое давление флюидного давления, разрушение минеральных агрегатов в трещинно-поровом пространстве[20]. При повышенных концентрациях в растворах солей снижаются критические параметры разрушения, ускоряются процессы образования трещин, которые в условиях декомпрессии быстро заполняются флюидами»[6,13,17,21,22,23,24].

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 тектонических полях напряжений (ТПН) часть сопровождающих трещин реагирует на напряжения практически одновременно, а другая с заметным опозданием **[**16,18,9].

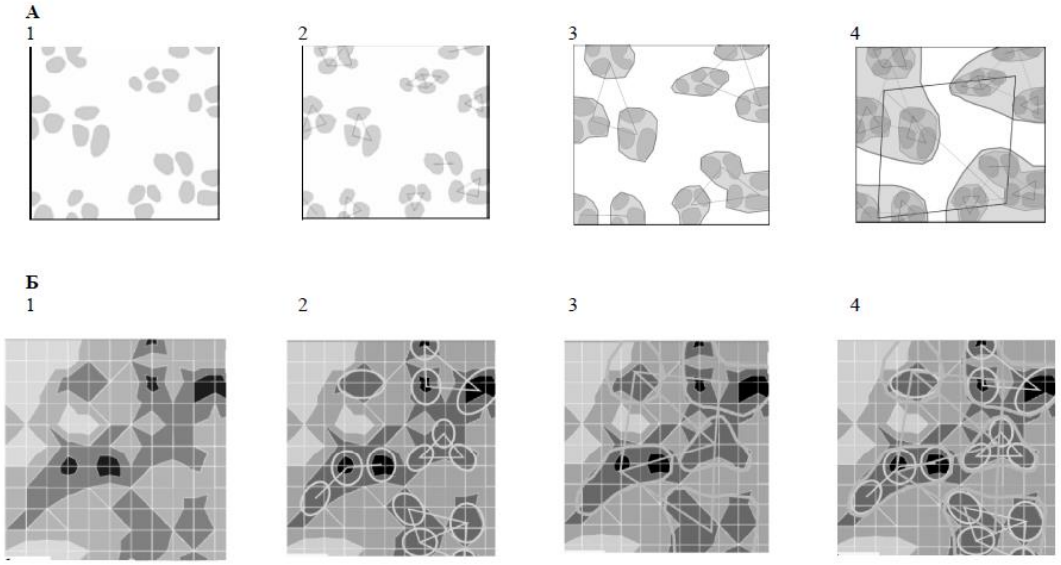


Рисунок 1 – Модельные примеры последовательного (1, 2, 3, 4) установления иерархически упорядоченной кластерной структуры, обладающей фрактальными свойствами: А – карта распределения участков аномальных концентраций золота в эксплуатационном блоке. Б - карта максимумов проявления интенсивности трещиноватости (размер ячейки 1 м)[13]

Блочность оруденения связана с развитием рудного процесса по блочности зон трещиноватости, разломов.

Геостатистический метод анализа распределения золота и оценки влияния золота по классам содержаний[27,28]позволяет в первом приближении выделить объемы, параметры и влияние рудных и безрудных, не кондиционных классов содержаний.

Сенсорная сортировка(SBS) объективный метод выделения рудных блоков в дискретной подсистеме Nx0,01m, определяющий природную закономерность блочной мозаичности рудного месторождения.

Геолого-промышленная оценка разработки месторождений сравнительных аспектах с использованием мозаичности геотехнологии разработки на основе постатейных расчетов геотехнологический и технологических инновация(Капитальные через амортизацию, постоянные и переменные затраты горных работ, транспортировки и переработки, общерудничных и общекомбинатских): 1. Традиционные методы ОГР, ПГР(магазинирования и слоевая с закладкой); 2 традиционные ОГР и ПГР (магазинирования и слоевая с закладкой) и с использование рудообогащения метдом сенсорной сортировки; 3. Геологический и геотехнологические методы переоценка эксплуатационной руды по мозаичности блоков-исключение безрудных блоков из объема горных работ(ГПР, Очистных работ); 4. Геологический и геотехнологические методы переоценка эксплуатационной руды по мозаичности блоков- исключение безрудных блоков из объема горных работ(ГПР, Очистных работ) с применением рудоподготовки эксплуатационной руды методом сенсорной сортировки.

2.Объект исследований. Рассмотрены семь месторождений типовые генетическому и промышленному строению: золотокварцевые жильные месторождения Джамгыр и Чаарт Чаткальской зоны Срединного Тянь-Шаня, и золотокварцевое месторождение штокверковых жильных зон Ункурташ локализованных в Чаткальской зоны Срединно- Тяньшаньской структурно-формационной зоне. Северо Таньшаньская золотоносная провинция соответствующей одноименной зоне, рассмотрены месторождения порфирового типа штокверковые: золотокварцевое- Джеруй и золотомедные месторождения Талдыбула и Андаш. Месторождения Джамгыр и Джеруй относятся к соответственно богатым и рядовым по содержаниям объектам, остальные месторождения к разряду бедных руд, в том числе руды месторождений Талдыбулак и Андаш относятся к разряду убогих.

Джамгыр. Блок месторождения размерностью 1,1км х 1,1км относится к подсистеме, в связи с геодинамическими процессами и тектонофизическими условиями формирования границ блоков кинематически связанных систем разломов. Блок месторождения как производная указанных процессов и условий закономерного формирования границ блоков по-генетически и кинематически закономерным системам разломов входит как третий иерархический уровень в систему блоков рудной области и рудного поля (Рис 2).

Строение золоторудного месторождения Джамгыр определяется как серия смежных ромбообразных дуплексных сдвиговых зон. Сдвиговые зоны являются структурно-кинематическими закономерными образованиями с развитием парагенетически закономерных систем разломов. Среди которых определяются материнские и магистральные разломы, вторичные сколы диагональной ориентировки, с синтетическими и анатектическими разломами, и других ориентировок сколовых разломов. Структурные элементы района, месторождения и сдвиговых зон(выделяется пять зон) образуют иерархический ряд по принципу самоподобия, фрактальности. Парагенезис систем разломов четырех кинематических типов, являются рудо локализующие и несут золотую промышленную минерализацию (Рис. 2).

Блоки месторождения представляют собой ромбовидные в плане сдвиговые зоны. Ограниченные магистральными разломами- сдвигами, азимут простирания 292°- 304°; сопряженными с основными синтетическими сколами азимут простирания 63°-74°; сочлененными сколами, с азимутом простирания 30°-43°. Все разломы являются рудолокализующие с золотокварцевыми жилами. Падение жильных тел крутое 80°-90°[3]. Всего диагностированы и разведены 24 жильных тела по четырем сдвиговым зонам.

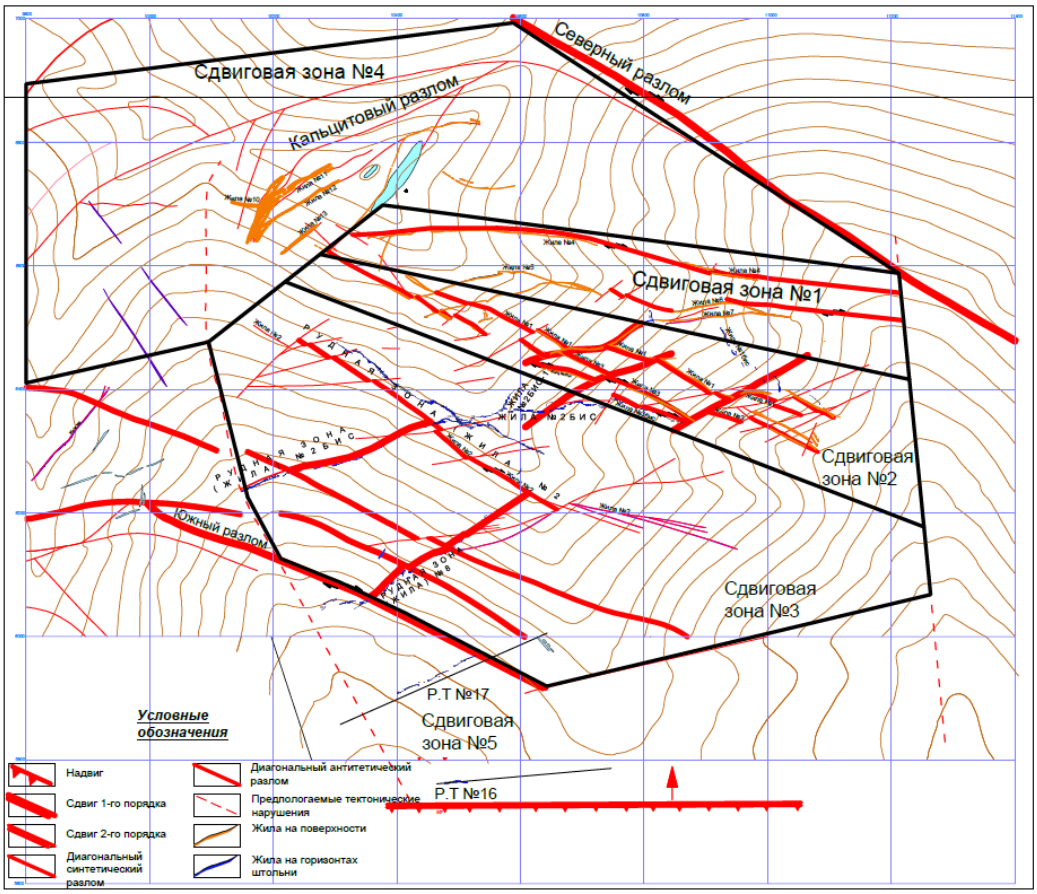


Рисунок 2 - Блок месторождения, сдвиговые зоны, основные жильные тела[3]

Чаарат. Сложная разрывная тектоника площади предопределяется нахождением ее между долгоживущими Караторским и Сандалашским разломами, представляющими собой левосторонние сдвиги и образующими тектонопару. Караторский и Сандалашский левосторонние сдвиги протягиваются в северо-восточном направлении через всю площадь месторождения, выходя далеко за ее пределы. В результате многостадийной деятельности этих разломов формировались надвиговые структуры, крупнейшей из которых является Ирисайский надвиг, а также взбросо-надвиговые структуры субмеридианального простирания.

Ирисайский надвиг и серия более мелких надвиговых структур формировались во времени раньше вздросо-надигов, и имели, вероятно, более пологие углы наклонов плоскостей надвигов. Серия образовавшихся тектонических пластин фиксируется по выходам тулькубашских песчаников среди отложений сандалашской серии. Для выявления внутриформационных надвигов требуется более сложная расшифровка. На стыках надвигов можно наблюдать «выклинивание» одного типа пород, который через разлом сменяется другим типом пород. Общее простирание надвигов северо-восточное, а углы паления плоскостей надвигов в настоящее время варьируют от 45° до 65°. В подошвах надвигов по вмещающим породам формировались в различной степени дезинтегрированные образования от тектонической брекчии до милонитов. Мощность зон надвигов достигает 30 м, длина – до первых километров. В процессе поздегерцинской тектономагматической активизации надвиговые разломы играли роль как рудоподводящих, так и роль рудолокализующих структур. Примером таких рудных зон являются Северная, Контактовая и Основная рудные зоны. Дезинтегрированный материал в зонах разломов подвергался гидротермальной проработке. Тектоническая брекчия цементировалась кварцем и рудными минералами, а

милониты в процессе окварцевания образовывали осветленные породы с обильной рудной минерализацией.

Почти синхронно, но с некоторым отставанием по времени формировались разломы взбросо-надвигового характера, которые секут и с небольшой амплитудой смещают плоскости надвигов. Простирание этих разломов субмеридианальное, падение очень крутое (70-85°) в запад-северо-западных румбах или вертикальное. Зоны дробления вдоль взбросо-надвигов не превышают по мощности 10 м.

В альпийское время в процессе очередного тектогенеза происходит омоложение всех ранее заложенных структур, и, кроме того, образуется ряд горстовых структур, расположено ступенеобразно. Горсты зажаты между Караторским и Сандалашским левосторонними сдвигами. Нижняя ступень расположена на юго-западном фланге месторождения, в ее пределах наблюдаются выходы только отложений тулькубашской свиты. Средняя ступень- это центральная часть месторождения, в ее пределах расположены Контактовая и Основная рудные зоны. Здесь, наряду с отложениями девона, наблюдаются выходы верхней части сандалашской серии (песчаники, алевролиты и их переслаивание). Верхняя ступень расположена на северо-восточном фланге месторождения (участок Каратор), где основное распространение получили отложения нижней части сандалашской серии (алевролиты, окремненные алевролиты, кремни при малом участии в разрезе песчаников). Возможно наличие и четвертой ступени – участок Ишакульды, где в разрезе преимущественно встречаются алевролиты и кремни.

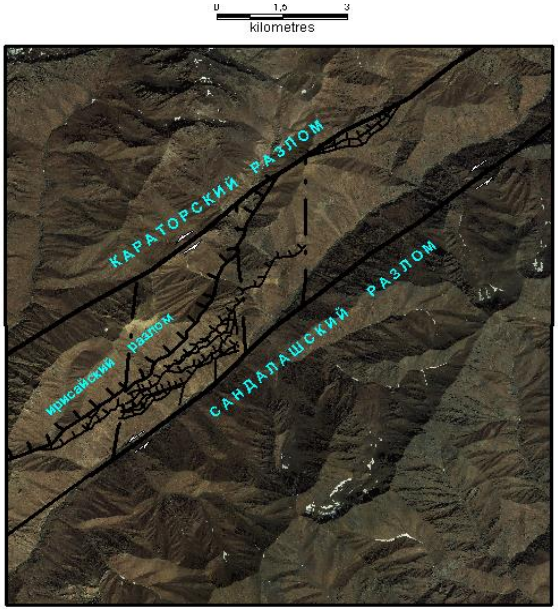


Рисунок 3 – Структуры месторождения Чаарат

Ункурташ. Площадь месторождения сложена кристаллическими сланцами, гнейсами, амфиболитами семизсайской свиты {-O(?)sm и алевролитами, туфопесчаниками, туфами дацитов арчаконушской свиты O_1, прорванными гранодиоритами сандалаш-чаткальского комплекса C_2, слагающими ЮВ окончание Андагульского интрузива. Гранодиориты занимают основную часть территории месторождения, слагая ядерную часть антиклинали СВ простирания, на крыльях которой - метаморфиты {-O(?)sm.

Месторождение приурочено к тектоническому блоку между двумя крутопадающими разломами СВ простирания. На северо-западном фланге - это Байконур-Чакырторский разлом, разделяющий рудовмещающие гранодиориты от метаморфических сланцев PZ_1 на юго-восточном фланге - Сассык-Терекский разлом. Гранодиориты между этими разломами пересечены видимо еще несколькими нарушениями того же СВ простирания, вдоль которых

развито гидротермальное изменение вмещающих пород: окварцевание, каолинизация, березитизация, пропилитизация. Выделено на месторождении четыре такие минерализованные зоны: Основная, Байконурская, Балдакская, Южная (Слепая).

Главным объектом изучения была Основная минерализованная зона. Ее протяженность – 1150 м, мощность - 100-200 м, длина по падению – 600 м

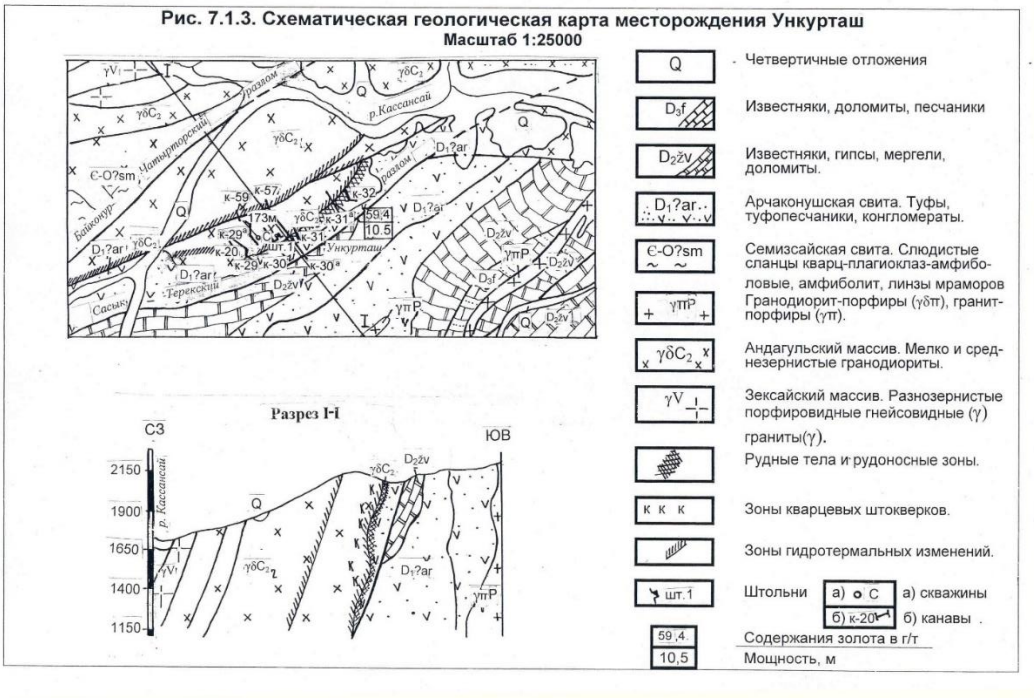


Рисунок 4 – Геологическая карта месторождения Ункурташ

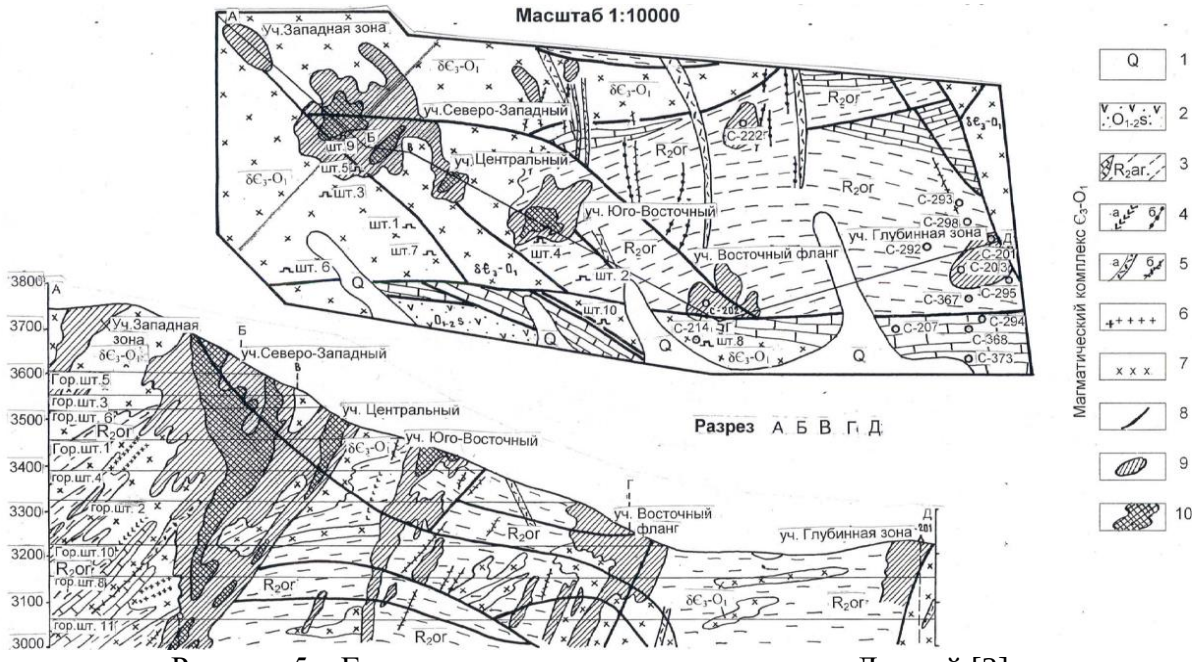


Рисунок 5 – Геологическая схема месторождения Джеруй [2].

Условные обозначения: 1. Четвертичные отложения; 2. Туфы андезитовых порфиров(O_{1-2}); 3. Доломиты, кварцево-слюдистые сланцы, песчаники(Rar); Магматический комплекс($Є_3$ -O_1): 4. Дайки диабазовых порфиров(а), спессартитов(б); 5. Дайки кварцевых порфиритов(а) и плагиопорфиров(б); 6. Жилы аплитов; 7. Кварцевые диориты; 8. Разломы;Рудные тела: 9. с содержанием Au свыше 1г\т; 10.- Рудные тела с содержанием Au свыше 2г\т.

Джеруй. Основной разрывной структурой месторождения является Ичкелитау-Сусамырский региональный парный разлом (ИСР), северный шов которого представляется южной границей интенсивного золотокварцевого оруденения[3]. Рудные узел и месторождение имеет тесную пространственную связь и обусловлена локальной купольной структурой Чичкано-Колбинского батолита [6].

В непосредственной близости от месторождения Северо-Ичкелитауский разлом, важнейшая глубинная структура района с древним заложением и длительной историей развития(до четвертичного времени) меняет направление с СЗ на субширотное, делая при этом значительный изгиб, (Рис. 5. изгиб разлома южнее рисунка).

В предрудный этап поблизости от этого изгиба, возникла тектоническая обстановка, благоприятная для формирования суб- параллельных разлому отслоений в вид цепочек извилистых трещин отрыва, которые в сочетании с оперяющими трещинами северно-западного (СЗ), субмеридионального (СМ) и северо-восточного (СВ) направлений образовали ослабленную зону, впоследствии локализовавшую оруденение и предопределившую строение рудной зоны в целом, морфологию отдельных рудных тел. На формирование наиболее сложных по очертаниям ослабленных участков зоны, проявившихся позже, как рудные тела, помимо общей деформации изгиба, оказало влияние много сопутствующих факторов, такие как местные напряжения вдоль крупных меридиональных разрывов, заполненных дайками, разная упругость горных пород и т.д., (Рисунок 5).

С дугообразностью связываются возникновение геотехнических условий растяжения: «структуры растяжения в плане часто имеют дугообразные очертания»[4]. « В теоретически наиболее полном варианте, отделение блока от основного массива и его движение к стороне с пониженным сопротивлением аккомодируется образованием округло- сферической или цилиндрической поверхности, вдоль которой напряжения будут распределяться в соответствии с правилом Дж.Андерсона относительно кинематики разноориентированных сколов, в плане эта округлая поверхность будет выглядеть дугой, в вершине которой концентрируется растяжение, а на флангах возможно и образование сдвигов…»[4].

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 гранодиорита. Основной рудный компонент – золото - распределен в рудном кварце в виде мельчайшей вкрапленности. 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 оно снижается до 1-5 г/т, а сами рудные тела окружены широким ореолом слабого окварцевания с содержанием золота до 1 г/т [3].

Ширальджин. Геологические толщи исследуемого региона относятся к структурам Северного Тянь-Шаня – к Таласо-Каратауской структурно-формационной зоне. В её пределах в результате многолетних исследований выделены два блока или две подзоны: Узунахматская и Карагоинская, характеризующиеся различными тектоническими режимами в позднем докембрии и раннем палеозое. Последнее проявлено в выделяемых в данном районе двух типах разрезов: кумыштагского и таласского. Возрастной интервал, зафиксированный в толщах указанных разрезов, достаточно близок и охватывает время от

позднего рифея до раннего палеозоя. При этом структурно-вещественный комплекс таласского разреза представляется параавтохтонным, а кумыштагского – аллохтоным, и горизонтальное смещение последнего оценивается в 15 – 20 км. Дополнительным доказательством такого взаимоотношения указанных толщ служат огромные тектонические останцы массивных карбонатных пород и песчаников кумыштагского разреза, залегающих на толщах таласского разреза. Метаморфизованные толщи Узунахматского блока, распространённые южнее, в крыле Таласо-Ферганского разлома, перекрывают породы таласского и кумыштагского разрезов по поверхности Центрально-Таласского надвига.

Интрузивные породы в пределах исследуемого района пользуются ограниченным распространением. Наибольший интерес представляет Кумыштагский гранитоидный массив, детально изученный Бешкольской партией. При картировании массива выяснилось, что он состоит из двух отдельных, отличающихся по облику слагающих пород блоков. Южный блок, представляющий вытянутое в меридиональном направлении тело площадью около 40 кв. км, имеет интрузивные контакты с вмещающими породами верхнего рифея, которые описаны на участке месторождения Ширальджин. Он сложен крупнозернистыми порфировидными гранитами бледно-сиреневого цвета, которые вблизи контакта с вмещающими породами сменяются аплитовидными гранитами.

Возраст Кумыштагского массива и одноименного интрузивного комплекса рассматривается как позднерифейский, а Узунташтинского – как силур-девонский. Для них установлены три фазы внедрения, а формирование массива связывается с коллизионными процессами этого этапа тектонического развития региона.

Золотомедное порфировое месторождение Андаш.

Площадь месторождения (Рисунок 7) сложена вулканогенно-осадочными породами нижнего-среднего ордовика, прорванными гранодиоритами, гранодиорит-порфирами и диоритовыми порфиритами верхнего ордовика.

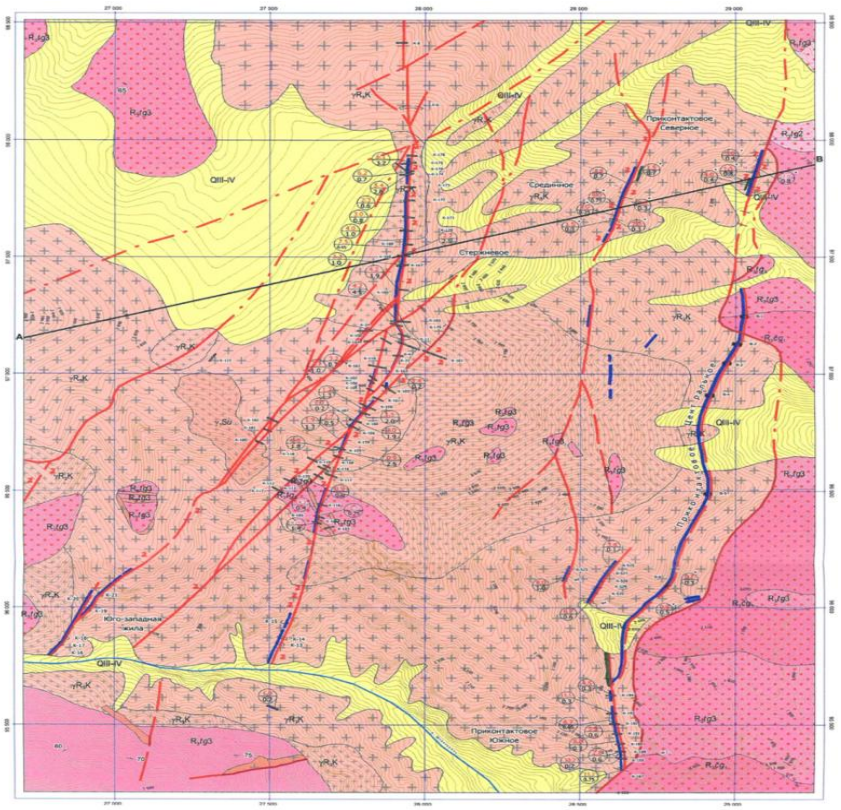


Рисунок 6 – Геологическая карта месторождения Ширальджин

Гидротермально-метасоматические изменения на месторождении проявлены очень широко:

1. Контактово-метасоматический, связанный с внедрением гранодиоритовой интрузии (ороговикование, серицитизация, карбонатизация, хлоритизация, эпидотизация вмещающих пород).

2. Собственно гидротермально-метасоматический (окварцевание, калишпатизация, биотитизация, серицитизация, хлоритизация). Эти процессы развивались не только по минералам, закладываясь на контактово-метасоматические изменения, но, главным образом, выразились в образовании прожилково-вкрапленных скоплений и интенсивной проработке больших объемов пород. Наиболее интенсивное окварцевание, проявившееся в слиянии штокверковых кварцевых прожилков в сплошное кварцевое тело - кварцевые метасоматиты, с которыми исключительно связана золоторудная минерализация.

Рудная минерализация в пределах месторождения концентрируется в трех рудных зонах: Северной, Средней и Южной. Северная и Южная рудные зоны по данным проведённых канавных и буровых работ практической ценности не представляют. Средняя зона, занимающая центральную часть площади месторождения, прослежена в широтном направлении на 2300 м при ширине от 100 до 300 м. По данным опробования в её пределах выделены рудные тела № 1, 2 и 3.

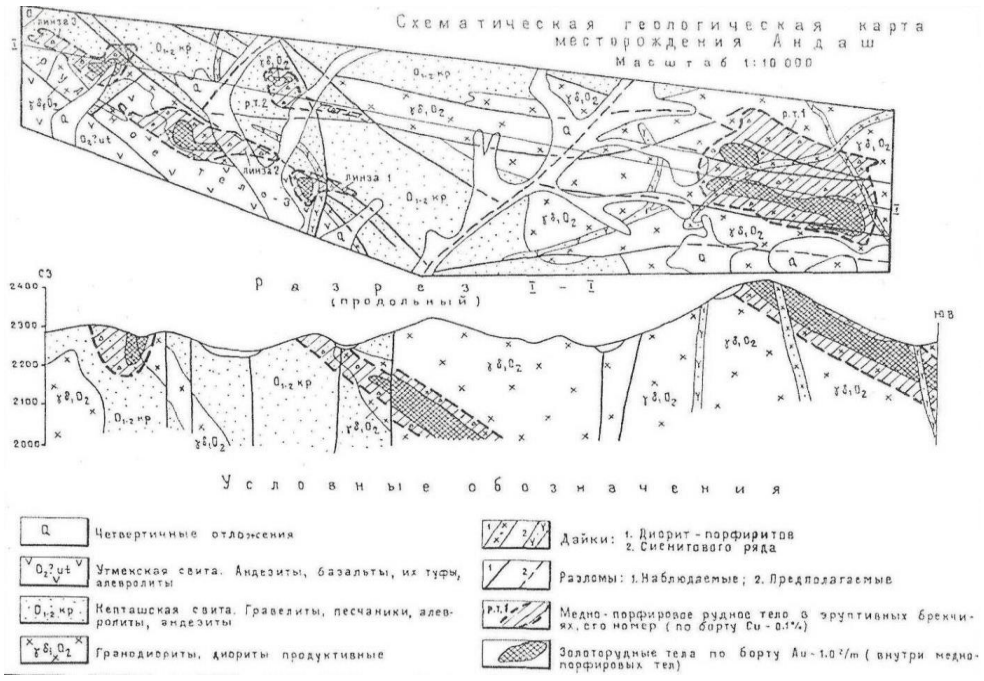


Рисунок 7 – Схематическая геологическая карта месторождения Андаш (Ярушевский Г.А. и др., 2005)

Золото-медь-молибденовое порфировое месторождение Талдыбулак.

Месторождение Талдыбулак (Рисунок 8) приурочено к штоку диоритовых пород, прорывающему туфогенно-осадочные породы среднего ордовика. Последние представлены сильно измененными аргиллитами, алевролитами, песчаниками, гравелитами, туфами, порфиритами андезитового и андезито-базальтового состава. Эти образования около диоритового штока подвергнуты сильным гидротермальным изменениям: перекристаллизации, серицитизации, хлоритизации, эпидотизации, окварцеванию

Диоритовые рудоносные породы образуют шток и серию дайкообразных тел мощностью от 0,54 до 150 м, длиною от нескольких десятков до сотен метров, образующих как бы ореол вокруг штока в радиусе 2,5 км. Шток диоритовых пород в обнаженной части имеет длину около 1200 м и максимальную ширину 800 м. Форма штока очень сложная,

контакты его неровные с многочисленными заливами. Диориты в пределах всей изученной части штока до глубины 500 м включают многочисленные ксенолиты вмещающих пород от сантиметров до 120 м в диаметре, количество которых может достигать до 70-80 % объема, составляя в среднем 30-40 %.

Результаты исследований. Результаты изучения приведены на основе измеренных данных (Джамгыр, Джеруй, Ширальджин) и гипотетических на основе видимой, но не измереной дискретной мозаичности по размерам, распределению и размещению блоков (Ункурташ, Андаш, Талдыбулак) - с бедными и убогими рудами для обоснования потенциальной возможности внедрения исследований геологии, геотехнологии и экономики дискретного, фрактального, мозаичного типа оруденения. Размерность блоков приведены в измерении Nx1000;100;10,1;0,01м. Где N любое число от 1 до 9. Размерность дискретной подсистемы диапазона 1000;100;10м и т.д исчисляется как $L,m = \sqrt[3]{L_1} * L_2 * L_3$, соответственно: длина по простиранию, мощность, длина по падению в м.

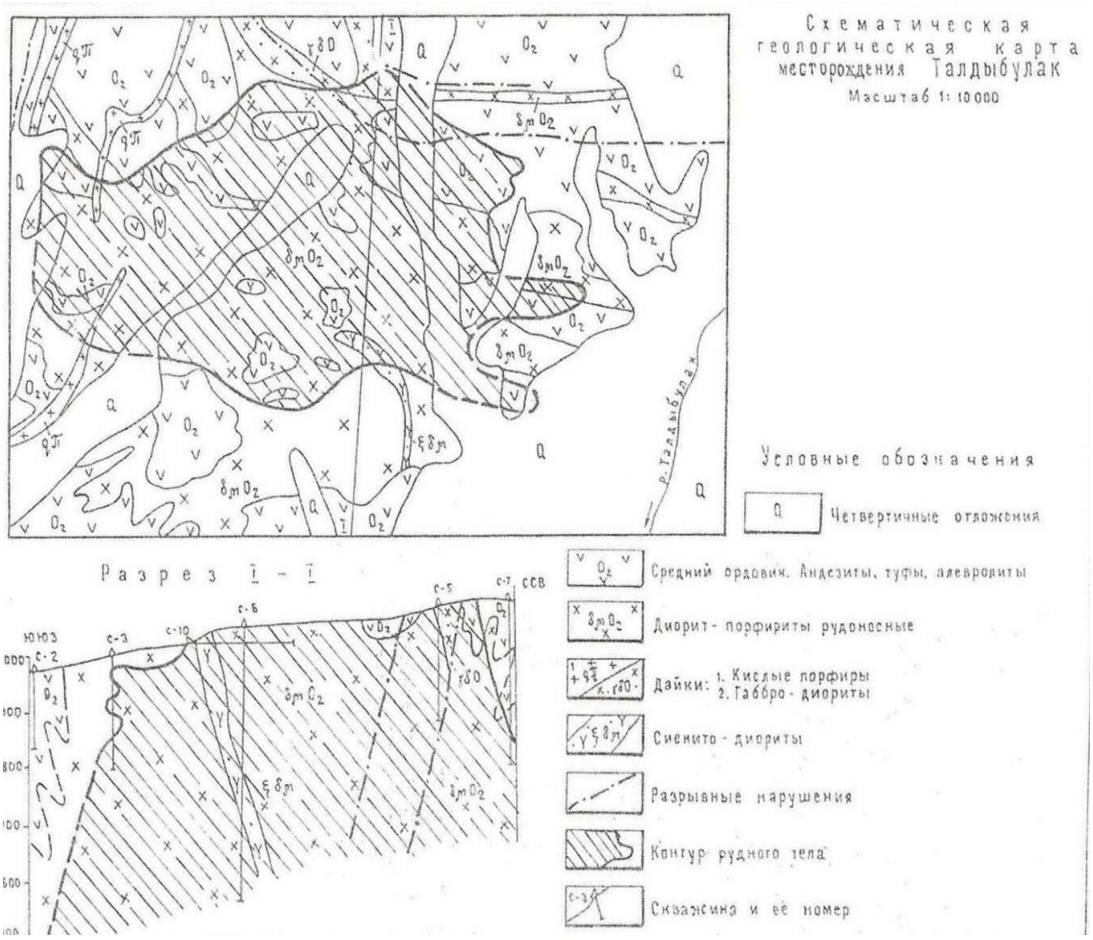


Рисунок 8 – Схематическая геологическая карта месторождения Талдыбулак (Ярушевский Г.А. и др., 2005г)

Золоторудное тонкожильное месторождение Джамгыр. Чаткальский блок Срединно-Тяньшаньской структурно-формационной зоны. Ресурсная база оцениватеся $C_1+C_2 + P_1$ до 9млн.т руды и до 100т золота с содержанием до 11г/т.

На рисунке 9 приведены основные морфологические и дискретные подсистемы оруденения рудного тела №2.

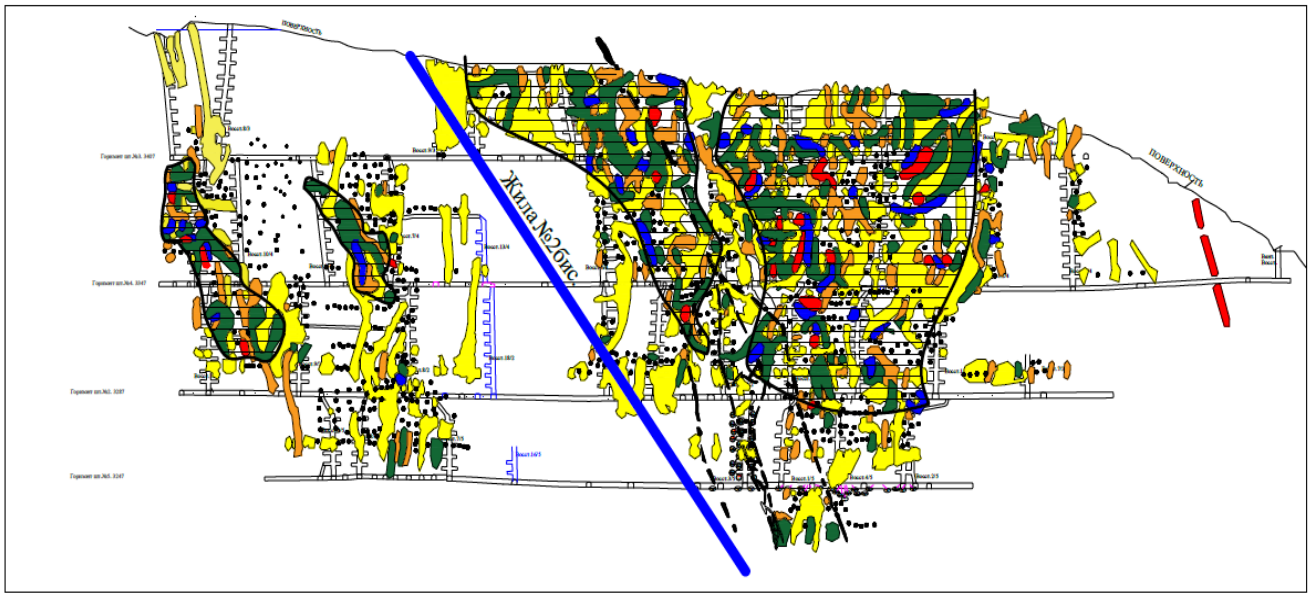


Рисунок 9 – Продольный разрез р.т.№2. рудные столбы, линзы, гнезда концентрации золота ((масштаб ≈ 1: 2300). Штриховым и цветовым крапом выделены рудные контуры дискретных подсистем[34,35]

Измеренная и рассчитанная различными методами мозаичность рудных и безрудных блоков дискретных подсистем золоторудного месторождения Джамгыр составляет [44,45,46] таблица 1. Мозаичность блоков дискретных подсистем определяется наличием рудных и безрудных блоков в каждой подсистмеме. При расчетах различными методами мозаичности, таблица 1, установлено увеличение рудных блоков на 29% за счет не измеряемых безрудных блоков последующих иерархических подсистем. В таблице 2 приведены результаты количественного измерения концентрации рудных блоков подсистемы Nx 0,01м и концентрация золота методом сенсорной сортировки эксплуатационных руд (Seinert), видимо отражающую истинную мозаичную блочность месторождения.

Таблица 1 – измеренная мозаичность блоков дискретных подсистем месторождения Джамгыр(препринт, 2025г)[44].

Discete Subsystems	Ore Blocks	Non-Ore Blocks
N x1000	79	21
N x100	72	28
N x 10	71	29
N x 1	77	23
N x0,1	71	29
N x 0,01	42	58

Таблица 2 - Результаты количественных исследований на выход руды и извлечение золота методом SBS (Steinert, ТЭО 2020)[36]

Пробы:	размер,	вес,	вес,	Золото	извлечение Au
Q 1	мм	%	кг	г/т	%
Питание	10-100	100	45,85	1,43	100
Продукт	10-100	**36,25**	16,62	**3,8**	**96,43**
Хвосты	10-100	63,75	29,23	0,08	3,57

Q 2					
Питание	10-100	100	51,56	3,46	100
Продукт	10-100	**51,32**	26,46	**6,72**	**99,72**
Хвосты	10-100	48,68	25,1	0,02	0,28
Q 3					
Питание	10-100	100	51,61	15,95	100
Продукт	10-100	**38,29**	19,76	**41,5**	**99,65**
Хвосты	10-100	61,71	31,85	0,09	0,35

Обобщающие результаты постатейных расчетов ГКР, ГПР, ОР, ЗИФ на основе реальных показателей, без учета налоговых отчислений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результирующие результаты геолого-промышленной оценки месторождения Джамгыр

		Маг.	маг+SBS	слоев+SBS
		№1	№2	№3
запасы разведочной модели		тыс $	тыс $	тыс $
руда	тыс.т	1756,1	1756,1	1756,1
среднее содержание балансовой руды, г/т	г/т	5,97	5,97	5,97
Запасы, золото, кг	кг	10492,3	10492,3	10492,3
Средние концентрационные содержания товарной руды, г/т	г/т	3,78	8,97	8,60
полные операционные затраты, тыс.$	$\т	265957,7	212304,3	171551,0
валовый доход	тыс.$	507240,1	515342,4	540413,1
валовая рентабельность продукта	%	**90,7**	**142,7**	**215,0**
Прибыль	тыс.$	241282,3	303038,1	368862,1

Проблема месторождения заключается в высокой степени разубоживания(50-53%) при традиционной геотехнологии системой магазинирования эксплуатационных блоков 40 х 40м), модель №1. При внедрении рудоподготовки SBS выход товарной руды сокращается на 60% с ростом рентабельности продукта на 53%. Производительность рудника не превышает 300тыс.т /год эксплуатационной руды (до 1000 кг золота). Оценка геологии и геотехнологии дискретной подситсемы для разведки и разработки предложены метод и система очистных работ увеличенными эксплуатационными блоками до 80м х 120–160. С ростом производительности добычных работ в 2,5 раза и сокращением удельных затрат очистных работ (система слоевая с закладкой) и SBS с 28$т до 16$/т и механизированными методами горных работ с увеличением минимальной очистной мощности до 2,5м (соответственно разубоживание до 60-70%). Производительность рудника до 600-700тыс.т/год и выходом золота до 2500-3000кг). Рост валовой рентабельности продукта и прибыли по расчетным моделям являются новизной результатов геологического, геотехнологического и экономического подхода на основе фрактального, дискретного типа оруденения.

Чаарат, золотокварцевое жильное месторождение. Рудоконтролирующие и рудолокалазующие разломные зоны имеют характеристики дуплексных сдвиговых зон по классификации Риделя-материнские сдвиговые жилы и сочлененные поперечные вторичные синтетические сдвиговые жилы, Рисунок 10. Оценка ресурсов(2012г) $C_1+C_2+P_1$ составляет 82,4млн.т руды, 198,5 т золота при 2,4-2,8г/т.

Важнейшим признаком золотоносности является наличие гидротермального кварца и арсенопирита. В рудах Главной и Контактовой зон не было отмечено нахождения золота без

присутствия арсенопирита. Арсенопирит встречается как в кварцевых прожилках, так и в основной массе породы в зависимости от характера процесса окварцевания. Окварцевание шло по основной массе в случае гидротермальной проработки милонитизированных пород с образованием вкрапленных руд. В случае окварцевания тектонически брекчированных пород формировались многочисленные кварцевые прожилки до образования кварцевых жил, что приводило к образованию прожилково-вкрапленных руд. В зависимости от степени дезинтеграции первичного матрикса в процессе его окварцевания формировались вкрапленная и прожилковая структуры, полосчатая и брекчеевидная текстуры, а так же их комбинации. По структурно-текстурным особенностям были выделены следующие типы руд: брекчеевидные, милониты, кварцево-жильные - и их метасоматические измененные разновидности.

Формирование руды по зонам разломов, структурно-текстурные характеристики гидротермального рудоотложения формируют мозаичность дискретных подсистем Nx 0,1-0,01м гнездообразного характера, с золото-кварцевыми гнездами заполняющие цементирующую часть тектонической брекчии. Связь золота с кварцевым субстратом формирует ядро оруденения мелких дискретных подсистем. Очевидно, оптимальных для сенсорной сортировки SBS рентгеновскими методами.

Проблемными вопросами разработки месторождения является геотехнология комбинации углубленных карьеров «вслед» по падению жильных тел и подземный рудник с большим объемом горно-капитальных, горно-подготовительных, очистных работ, обогащения и низкой степени сквлозного извлечения до 84%. Чем обуславливается практически нулевая оценка $NPV_{10\%}$ на горизонт планирования более 20лет (ТЭО, 2012г).

В таблице 4 даны сравнительные данные традиционной расчетной модели ОГР №1 и модели №2 с применением рудоподготовки методом SBS, рост рентабельности практически в 1,5 раза. Для ПГР предложены модели традиционной слоевой системы ОР с закладкой и №4 с сокращением ГПР и ОР на объем безрудных блоков мозаичности дискретной подсистемы Nx10м(оставленные целики из безрудных блоков) с сенсорной сортировкой эксплуатационной руды. Показатели ПГР рост валовой рентабельности продукта теоретически до 2,4 раза. Данные приводятся без учета налоговых отчислений.

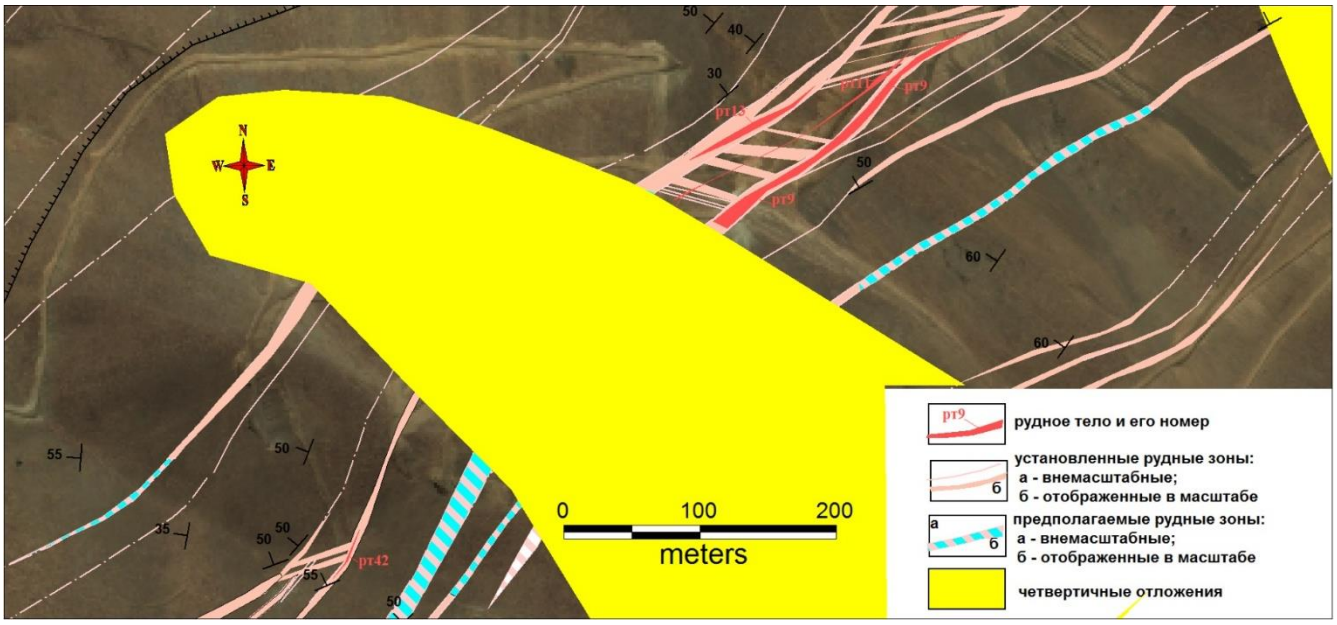


Рисунок 10 – Фрагмент локализации рудных тел месторождения Чаарат

Таблица 4 - Сравнительные расчетные показатели оценки месторождения Чаарат при внедрении инновационных геологических, геотехнологических, технологических подходов (ТЭО, 2012)

наименование	ед.измер	Модели разработки месторождения и инновации			
		карьер	карьер+SBS	традиц.слоевая	блочная +SBS
		№1	№2	№3	№4
балансовый запасы в недрах		тыс $	тыс $	тыс $	тыс $
руда	тыс.т	5046	5046	17973,2	12581,24
среднее содержание	г/т	2,83	2,83	3,47	4,96
запасы	кг	14280,18	14280,18	62367,00	62367,00
Средние концентрац.содер.		2,34	5,79	2,92	10,31

полные операционные затраты	$\т	396214,4	339374,8	1540553,1	921677,0
валовый доход	тыс.$	659551,5	652956,0	2880513,3	2851708,2
валовая рентабельность продукта	%	**66,5**	**92,4**	**87,0**	**209,4**
Прибыль	тыс.$	263337,0	313581,2	1339960,3	1930031,2

Ункурташ, золоторудное порфировое в линейных штокверковых телах. Которое рассматривается как классическое крупное золоторудное месторождение с бедными рудами с запасами и ресурсами: 38млн.т; 66,2 т(до 125т). золота при содержании 1,80г\т.

Актуальность исследований на месторождении Ункурташ определяется низкими содержаниями основного компонента золота, при котором при умеренных ценах на золото до 1800$/oz горный проект при $NPV_{10\%}$ на горизонт планирования в 15 лет находится в зоне нулевой рентабельности для ОГР и отрицательной для ПГР.

Предложена гипотетическая модель оценки месторождения, при допущениях:

1. Комбинированная геотехнология вскрытия и добычных работ: ОГР-карьер в интервале 2050м-1750м(местный базис эрозии); ПГР- подземный рудник в интервале 1750-1500м.

2. По набору вмещающих горных пород геотехническая оценка устойчивости массивов пород и руд: по Лобширу MRMR 20-24; по Бортону RMR 43-45. При этом карьер углублено-нагорного типа с уклоном бортов в погашении около 45°. Оценка коэффициента вскрыши 7-8 т/т. Подземный рудник вскрытие подходными штреками и транспортными уклонами на глубину, система очистных работ слоевая панелями 10х10 х 20-80м с твердеющей закладкой; при этом потери до 3% разубоживание до 2,5%.

3. Для расчетов концентрационные возможности руды приняты 40% товарной руды и 99% золота.

4. Для оценки приняты ресурсы 18,4млн.т с содержанием 1,8г/т и ресурсами в 33037кг золота, соответственно для ОГР и ПГР.

5. Горизонт планирования 15 лет с параллельной комбинированной разработкой ОГР и ПГР. И производительностью ЗИФ до 1млн.т концентрированной товарной руды(извлечение рудных блоков с оставлением безрудных блоков в недрах и обогащение руды методом сенсорной сортировки SBS).

Мозаичность дискретных подсистем Nх0,1-0,01м определяется минералого-вещественным и структурно-кинематическим строением зон оруденения: прожилки мощностью 1-10см с интенсивностью от 1 до 15 прожилков на 1 пог.м; коэффициент рудоностности до 0,35. Факты по опыту исследований однотипных месторождений указывает на мозаичную блочность дискретных подсистем с распределение рудных и безрудных блоков

близкие к 50:50% и размерностью в основной рабочей(добычной) дискретной подсистем 8-10-12м для рудных и безрудных блоков; в технологической дискретно подсистеме распределение рудных и безрудных блоков, составляет возможно до 25-30% рудных и 75-70% безрудных блоков; что указывает на пропорции потенциала концентрации руды в 25-30% более 99% золота с концентрацией золота по содержанию более 5-8г/т.

В таблице 5 приведены сравнительные показатели оценки месторождения(при цене оценки 1800$/oz), при: Модель №1-расчеты традиционной разработки карьером, модель №2 с сенсорной сортировкой эксплуатационный руды с ростом рентабельности в 1,5 раза; модель № 3 традиционная подземная геотехнология со слоевой системой очистных работ-отрицательная рентабельность; модель №4 слабая положительная рентабельность с показателями не целесообразности разработки при дисконтировании денежных потоков на практичный горизонт планирования и модель №5 с учетом геотехнологии с отсечением безрудных блоков в мозаичности дискретной подсистемы N x10м и сенсорной сортировкой руды, сокращение объемов горных работ, переработки и других затрат, гипотетическая модель демонстрирует высокую степень экономических перспектив.

Таблица 5 - Сравнительные разультаты оценки месторождения традиционных и инновцационных геотехнологий.

		трад.карьер	карьер +SBS	слоевая, трад.	слоевая+SBS	Блочная +SBS
Наименование показателей	Ед. изм.	№1	№2	№3	№4	№5
Запасы руды, геологические	тыс. т	18354	18354	18354	18354	13214,9
Содержание золота в эквиваленте	г/т	1,8	1,8	1,8	1,8	2,5
Запасы золота в эквиваленте	кг	33037,2	33037,2	33037,2	33037,2	33037,2
Средние концентрац.содер.		1,49	3,68	1,76	4,39	6,18
Полные операционные затраты	$/т	1103690,3	944162,8	1922671,7	1682658,0	1211513,8
Доход	$/т	1598533,1	1582547,7	1699252,1	1888057,8	1912967,9
Валовая рентабельность продукта	%	**44,8**	**67,6**	**-11,6**	**12,2**	**57,9**
Прибыль	$/т	494842,8	638384,9	-223419,6	205399,8	701454,1

Джеруй. Измерение мозаичности блоков дискретных подсистем от Nx1000м до N x0,01м произведено различными методами. На рисунке 11 приведены два поперечных разреза разведочной модели месторождения Джеруй разведанной по сети 20м х 20м на глубину до 100-120м. На основе построенных разрезов, графо-аналитическим методом рассчитаны размерность, распределение и размещение мозаичных блоков дискретной подсистемы N x10м. С выделением блоков ядра оруденения-интенсивное и равномерное оруденение, периферийных блоков-переходных по концентрации содержаний золота и прерывистые рудные интервалы и безрудные блоки-перерывы между блоками оруденения[]. В таблице 6 приведены обобщенные данные размерности и распределения мозаичности блоков дискретной подсистемы Nx10м[38-43,].

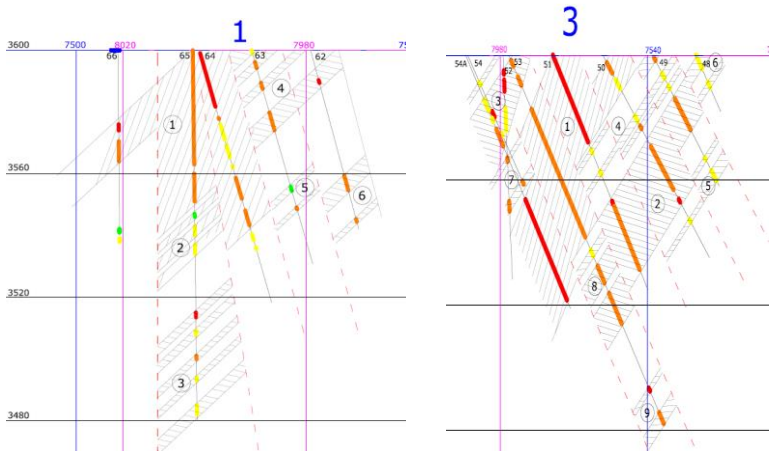


Рисунок 11 – Разрезы по профилям(1,3), разведочные скважины, распределение золота по блокам по классам содержаний(среднего на блок). Условные обозначения: заштрихованные области-рудные блоки, без штриховки- безрудные и не кондиционные блоки(ресурсы подземного рудника), цветовой крапп среднее содержание золота в г/т[38]:

1,46-3,0
3,0-6,0
6,0-12,0
12,0-24,0

Таблица 6 – Распределение и размерность мозаичности блоков разведочной модели.

Мозаичные блоки	м3	L,м	LnL	%
∑ядро оруденения	771143,8	91,7	4,5	47,9
∑ переходные блоки	396395,2	73,5	4,3	24,6
∑безрудные	441913,8	76,2	4,3	27,5
Всего:	1609452,8	117,2	4,8	100,0

Общее распределение мозаичности блоков (рудных и безрудных) по дискретным подсистемам измеренных для разведочной модели месторождения Джеруй, приведены в таблице 7 [48-50]. Отражены концентрации золота в рудных блоках дискретных подсистем.

Таблица 7 – распределение мозаичных блоков по дискретным подсистемам

Дискретные подсистемы	рудные блоки,%	безрудные блоки,%	Концентрация золота, %
N x 1000м	42,1	57,9	
N x100м	60,2	28,8	>93
N x10м	51,7	48,3	92,4
N x 1м	45,8	54,2	>93
N x 0,01м	39,9	60,1	>99

Концентрация рудных блоков и золота дискретной подсистемы Nx0,01м. по результатам измерения методом сенсорной сортировки приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Разделение рудных и безрудных блоков при исследовании методом XRT[37,38].

Пробы, содержание Au, г/т(вес пробы)	Выход мозаичных блоков	
	Рудные, %	Безрудные, %
XRT, рядовые руды, 3,90г/т(1165,9кг)	39,9	60,1
XRT, убогие руды, 0,92г/т (584,7кг)	13,8	86,2
XRT, эксплуатационная руда, 2,4г/т(581.2КГ)	26,8	73,2

На основе измерения мозаичности по дискретным подсистемам месторождения Джеруй, геологической интерпретации мозаично блочности и разработки геотехнологических методов и систем горных, технологических работ с выделением моделей оруденения по мозаичности измеренных параметров предложена геолого-экономическая оценка разработки подземного рудника месторождения Джеруй[], таблица 9. Геотехнологически модели блочности и оценки:

Модель №1. Традиционная модель с слоевой системой ОР(с твердеющей закладкой); Модель №2. Слоевая система с твердеющей закладкой и сенсорной сортировкой при рудоподготовке товарной руды на ЗИФ; Модель №3. Мозаичная слоевая система с твердеющей закладкой и отсечением безрудных блоков в контурах подземного рудника, сокращением объема горных работ; Модель №4 применение геотехнологии модели №3 и сенсорная сортировка при рудоподготове товарной руды на ЗИФ; Модель №5.Аналогичная модели №4, но с отсечением безрудных блоков в контуре блоков периферии, теоретическая, размерность блоков составляет от 1 до 3-5м, требует практических исследований применимости

Таблица 9. – Геолого-промышленная оценка моделей геологии, геотехнологии разведочной модели месторождения Джеруй

наименование	ед.измер	Модели разработки месторождения и инновации				
		№1	№2	№3	№4	№5
балансовые в недрах		тыс $	тыс $	тыс.$	тыс $	тыс $
руда	тыс.т	4249	4249	3082,3	3082,3	2638,6
среднее содержание	г/т	3,84	3,84	5,1	5,1	5,86
запасы	кг	16307,3	16307,3	15724	15724	15452,1
Средние концентрац.содер.	г/т	3,7	9,26	4,97	12,31	14,13
полные операционные затраты	$\т	484357,5	399141,1	351365,5	289547,3	247866,2
валовый доход	тыс.$	838727,8	867243,6	808724,0	836220,8	821763,1
валовая рентабельность продукта	%	**73,2**	**117,3**	**130,2**	**188,8**	**231,5**
Прибыль	тыс.$	354370,3	468102,5	457358,5	546673,5	573896,9

Экономическая оценка показывает, новые параметры концентрации содержаний золота в контурах разработки с учетом концентрационных содержаний при сенсорной сортировке руды, концентраций при отсечении безрудных блоков мозаичности с и без сенсорной сортировки рудо подготовкой товарной руды. При которых экономическая оценка по валовой рентабельности продукта(без учета налогового режима) растет с 73,3% до 188,8%, т.е в 2,6 раза для измеренной и достижимой геотехнологии и до 231,5% или 3,2 раза

модели №5, в большей мере теоретической в связи с не исследованными и не апробированными методами отсечения безрудных интервалов мозаичности с размерностью блоков от 1-3 до 5м.

Ширальджин, золотокварцевое, жильное. Ресурсная база составляет $C_1+C_2+P_1$, руда 5,08млн.т при содержании 3,55г/т. Ресурсы 18080,7кг. Локализованных в трех субпаралельных жильных телах, занимающих надвиговые разломы меридионального простирания и падением в 41° к западу. В пределах жильных тел интервалы минерализации так же подчиняются видимой макро блочности, с рудными контурами до 60-70% контура разведки и до 30-40% безрудных пережимов, привязанных к пересечению продуктивных жил секущими сколовыми разломами. Т.е мозаичность дискретной подсистемы размерности N x 100м близка к отношению 60-70: 30-40%. Такой результат сопровождается оценкой по коэффициенту рудоносности Круд= ∑пруд /∑общие = 0,75.

Истинная мозаичность по распределению рудных и безрудных блоков мозаичности получены при количественных испытаниях сенсорной сортировки, 2021г, Рисунок 12.

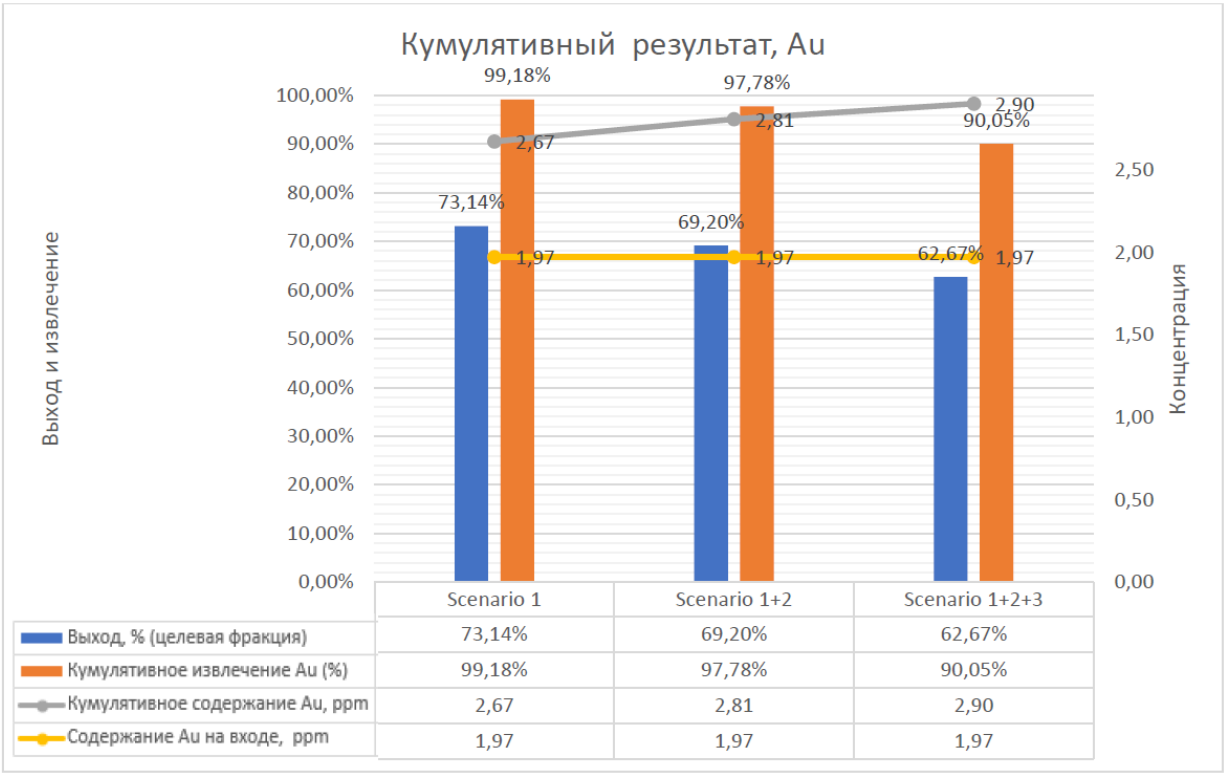


Рисунок 12 – Диаграмма концентрации руды и извлечения золота месторождения Ширальджин

В таблице 10 приведены модели комбинированной геотехнологии разработки месторождения Ширальджин. Модель №1 карьер традиционные методы добычных работ; модель №2 карьер + рудоподготовка сенсорной сортировкой товарной руды; модель №3 подземная геотехнология очистные работы магазинированием; модель №4 система очистных работ с рудоподготовкой сенсорной сортировкой; И модель №5, слоевая система очистных работ с закладкой и отсечением безрудных блоков и рудо подготовкой сенсорной сортировкой[33].

Таблица 10. – Сравнительные параметры и геолого-экономических моделей оценки дискретного типа оруденения.

наименование	ед.изм	Модели разработки месторождения и инновации				
		карьер	карьер+SBS	магазин.	магаз.+SBS	слоевая +SBS
		№1	№2	№3	№4	№5
запасы разведочной модели		тыс $	тыс $	тыс $		тыс $
руда	тыс.т	1673	1673	1492,1	1492,1	1044,4
среднее содержание	г/т	3,32	3,32	3,83	3,83	5,47
запасы	кг	5558,9	5558,9	5708,4	5708,4	5708,4
Средние концентрац.содер.	г/т	3,01	4,38	2,52	3,67	7,57
полные операционные затраты	$\т	159116,5	130083,6	220202,8	227848,2	107339,3
валовый доход	тыс.$	287005,5	286144,5	288519,4	287653,9	325116,4
валовая рентабельность продукта	%	**44,6**	**54,5**	**23,7**	**20,8**	**67,0**
Прибыль	тыс.$	127889,0	156060,9	68316,6	59805,7	217777,0

Максимальное значение карьерной добычи руд достигается при сокращении объема товарной руды на 32% при рудоподготовке; достигнутые 54,5% валовой рентабельности продукта при горизонте планирования в 5-6 лет весьма приемленые экономические параметры. Сложность разработки подземной геотехнологии сдерживает развитие проекта в связи в тем, что традиционная система очистных работ магазинированием связана с разубоживанием в неустойчивых гранитоидах зальбандов жильных тел, до 48%. В связи с чем подземные запасы месторождения при минимально промышленном содержании в 4,8г/т и средними содержаниями 3,83г/т отнесены к забалансовым, более 55% разведанных ресурсов месторождения.

Модель №4 магазинирования с сенсорной рудоподготовкой парадоксально снижает валовую рентабельность продукта, что связано с влиянием затрат на рудоподготовку, слабым снижением затрат на транспортировку и переработку на ЗИФ (снижение объема руд и переработки всего на 32%). Достижение перспективных показателей горного проекта в подземном руднике возможна только при отсечении безрудной части мозаичности блоков что возможно при применении слоевой системы очистных работ в закладкой и сенсорной сортировкой руды, что обеспечивает рост рентабельности в 3,1 раза.

Талдыбулак, Андаш. Штокверковые золотомедные порфировые месторождения Талдыбулак и Андаш при оценке могут составлять до 180т в исчислении по золоту. Бедные содержания меди при пересчете в условное золото при значительных запасах весьма в незначительной степени влияют на показатели оценки месторождений. Золото прямо коррелируется с медью и контуры золота совпадают с контурами развития меди.

Наблюдения по мозаичности может основываться на корреляции степени окварцевания , исчисляемые по интенсивности окварцевания. Где 10% означает развитие до 10 прожилков в 1см на 1пог.м. выработки» 20%, соответственно до20 прожилков на пог.м. и более 30% образуют фактически сливные кварцевые зоны с аномально высокими содержаниями золота до 8-10г/т.

Очевидно, что 20-30% окварцевания относится к типу ядра оруденения; менее 10% относятся к периферии оруденения и первые % или единичные прожилки на 1пог.м выработки относится к безрудным блокам.

Исходя из описанной структуры мозаичности руд, возможно экстраполировать, что 20-30% оруденение сопровождается 70-90% безрудными блоками. Последняя цифра вытекает из концентрации оруденения в 10 прожилках в 10-15см на пог.м выработки, что

может относиться к мозаичности 10-15% рудных к 85-90% безрудных блоков.

Экстраполяция подобной гипотезы на основе закономерности фрактальности-самоподобие иерерхических уровней, дискретные подсистемы при росте масштабности от приведённых предположений относимых к N x0,1-1.0м. В дискретных подсистемах горных работ N x 100м и N x10м предполагается сходная мозаичность, т.е 10-20% до 40% рудных к 60-80% безрудных блоков. Обоснованность выдвижения подобной гипотезы по мозаичной блочности и концентрации руды и металла при сенсорной сортироки может быть проиллюстрирована аналогичными по генетическому и промышленному типам месторождений Канады с результатами сенсорной сортировки представленных в таблице 11 (исследования сенсорной сортировки руд установок Steinert, техрапорты NI #43-101).

Таблица 11. – Результатов исследований сортируемости руд, Канада

	тип оруденения	Металлы	концентрация руды и металлов			извлечение
			выход руды,%	Au,g/t	Cu,%	%
1	порфировый	Cu	34,7-78,6		123,2-221,6	До 96,7
2	орогенный	Au	48,2-63	140-189,7		До 97,6
3	порфировый	Au	69	138,2		До 98,1
4	эпитермальный	Au	34,9-50	194-265,7		До 99,7
5	эпитермальный	Au	36,4-63,7	140-240		До 92,6

В таблице 12 приведены гипотетические сравнительные показатели рентабельности бедных и убогих руд порфировых месторождения Андаш и Талдыбулак. Модель №1 карьер Андаш, Модель №2 Карьер Андашс отсечением безрудных блоков и с сенсорной сортировкой руды; модель №3 традиционная карьерная разработка м-я Талдыбулак, модель №4 карьерная разработка с отсечением безрудных блоков и сенсорной рудоподготовкой Талдыбулак.

Таблица 12. – Сравнительные показатели оцени разработки месторождений Андаш и Талдыбулак.

наименование	ед.измер	Модели разработки месторождения и инновации			
		карьер	карьер+SBS	карьер	карьер+SBS
		№1	№2	№3	№4
балансовый запасы в недрах	тыс.т	38185,2	19093	46700	23350
среднее содержание	г/т	1,12	1,12	1,01	2,03
запасы	кг	42694,9	42694,9	47309,8	47309,8
Средние концентрац.содер.	г/т	0,92	2,29	0,82	4,08
полные операционные затраты	$\т	2068774,1	1589577,3	2306434,7	1704759,2
валовый доход	тыс.$	2065829,1	2045170,8	2216836,8	2194668,5
валовая рентабельность продукта	%	**-0,1**	**28,7**	**-3,9**	**28,7**
Прибыль	тыс.$	-2944,9	455593,5	-89597,9	489909,2

Показатели валовой рентабельности в 28,7 при горизонте планирования до 15-20 лет (без учета налогового режима) имеют вполне приемлемые оценочные показатели разработки с ростом в 10-15 раз от традиционной оценки.

Заключения и обсуждения

В процессе исследований и по результатам проведенных исследований выдвигаются следующие три основных блока научных гипотез.

А. Геология дискретного типа оруденения.

1. Структурно-тектоническая позиция рудо локализующих и рудоконтролирующих формаций и структур определяют позицию дорудной, синрудной кинематики структурной позиции оруденения;

2. Структурная позиция оруденения определяется преимущественно косейсмичной или постсейсмичной геотехнической структурно-кинематической позицией породных блоков меж разломных зон и зона трещиноватости- инвариантные блоки определяемы геотехническими условиями состояния пород и руд(зоны разломов, зоны аномальной трещиноватости, переходные зоны и теневые безрудные зоны);

3. Зоны инвариантности размещения зон разломов, аномальных зон трещиноватости определяются закономерным размещением в пространстве вследствие инвариантности блоков с исчисляемыми размерностями и расстояниями пространственного положения зон;

4. Косейсмичное или постсеймичное преимущественно герцинский этап и другие этапа оруденения формируют блочность структуры оруденения с формирование мозаичности блоков по структурно-кинематическим зонам инвариантности геотехнического состояния блоков и пространственного положения: ядро оруденения-периферийное оруденение-межконтурные безрудные блоки;

5. Зоны распределения и размещения мозаичных блоков оруденения обладают закономерностью фрактальности по блокам и по зонам оруденения;

6. Зоны распределения мозаичных блоков оруденения обладают закономерными характеристиками дискретности-иерархии дискретных подсистем;

7. Мозаичность блоков обладает закономерными характеристиками распределения и размерности по дискретным подсистемам;

8. Закономерные характеристики мозаичности блоков по дискретных подсистема формируют характеристики размерности контуров оруденения по дискретным подсистемам;

9. Закономерные характеристики мозаичности блоков по дискретных подсистема формируют характеристики распределения средних содержаний по составляющим: ядро оруденения, периферия оруденения- межконтурные безрудные блоки в отдельностях и по совокупности. Формируются методы для оценки параметров оруденения по содержаниям для балансовых, эксплуатационных и товарных руд для раздельного исчисления по блокам(концентрированные руды), контурам оруденения(оценочные руды в недрах);

10. Выделяются методы для методики разведки и оценки параметров оруденения по мозаичности дискретных подсистем.

В. Геотехнология мозаичных блоков дискретного типа оруденения.

1. Геотехнические условия состояния пород и руд месторождений определяются структурно-кинематическим планом блоков месторождения и оруденения исходящих из инвариантного строения мозаичности блоков.

2. Размещение мозаичных блоков: ядра оруденения, периферии оруденения и безрудных, определяются математической зависимостью по расстоянию и размерности между зонами разломов и зонами трещиноватости (аномальная, переходная и теневая-безрудные);

3. Размерность, распределение и размещение блоков мозаичности определяется характеристиками мозаичности блоков дискретных подсистем;

4. Геотехнические условия инвариантности блоков, размерность, распределение и размещение мозаичных блоков по дискретным подсистемам определяют закономерных характеристики для определения параметров геотехнологий-методов вскрытия, подготовки и очистных работ;

5. Выделение мозаичности дискретных подсистем месторождения, рудных тел, рудных столбов, линз, гнезд оруденения по иерархии являются обоснованием для выделения опорных целиков из безрудных и не кондиционных блоков в геомеханических целей устойчивости и безопасности очистных пространств, сокращение затрат горных работ выемки, закладки, транспортировки и др;

6. Мозаичность наименьших дискретных подсистем определяют характеристики и закономерные параметры концентрационных балансовых, эксплуатационных и товарных руд;

6. Выделение новых подходов к оценке количественных и качественных параметров руд наименьших дискретных подсистем(методом SBS) определяют новые подходы к оценке количественных и качественных характеристик руд;

7. Концентрационные качества руд в значительной мере сокращают транспортные, подготовительные технологические работы и затраты технологии обогащения и извлечения;

8. Концентрационные качества и количества руд значительно влияют на сокращение затрат переработки руд, извлечения полезных компонентов; повышение качественные показатели концентрационных эксплуатационных и товарных руд в значительной мере влияют на повышение коэффициентов сквозного извлечения полезных компонентов;

9. концентрационные качества и количества товарных руд ведут к значительному сокращению выходы хвостов и затрат хвостового хозяйства%\;

10. Мозаичность блоков дискретных подсистем определяют характеристики и параметры: производительности горных и очистных работ; потери и разубоживание; сокращение объемов затрат материалов, труда и финансов;

11. Сокращение затрат и увеличение производительности горных работ прямо коррелируются и определяют производственный, экономический эффект и безопасность.

С. Экономика мозаичных блоков дискретных подсистем.

1. Для каждой дискретной подсистеме свойственны свои характеристики по геотехнике, геотехнологии, технологии, геологии, следовательно, экономике;

2. Экономика дискретных подсистем-общие и уникальные характеристики мозаичности, горно-геологических, технологических особенностей дискретных подсистем и эконмических особенностей и технико-экономических ;

3. Чем крупнее размерность дискретной подсистемы, к примеру >Nx1000м тем менее проявляется дискретность оруденения- блоки, разлому, рудные тела-рудные столбы и т.д. проявляется эффект слияния и тем менее дискретна руда, геотехнология и экономика, т.е крупные дискретные подсистемы стремятся к слиянию по типу «непрерывного» оруденения; и чем менее дискретная подсистема, к примеру <Nx 1m x0,1m x0,01m тем выраженный эффект дискретного типа оруденения- руды, мозаичности, и следовательно дискретной экономики или экономики дискретных подсистем.

4. При подходе непрерывного типа оруденения, в условиях преобладания блоков переходного оруденении и повышенной представительности в распределении(и\или размерности) часть средних и\или крупных рудных контуров(штокверков, рудных тел показывают заниженные содержания золота и в результате относятся к забалансовым запасам(не рентабельных к отработке);

5. Рудные контуры по п.4 для крупных блоков месторождения (к примеру Талдыбулак, Андаш, Чаарат, Ширальджин и др) по этой причине забалансовые полностью и не рентабельны к отработке; или некоторые штокверковые тела месторождения Джеруй и др подобные;

6. Очевидно, что включение в оценку контуров с преобладанием или достаточной представительностью блоков ядра оруденения, их обоснование к оконтуриванию и выделению для разработки, часть подобных образований крупных дискретных подсистем становятся или переходят в разряд перспективных к разработке

7. В частности, гипотезы и.4,5,6 опирающихся на преобладающую оценку по дискретной подсистеме наименьших размерностей N x1m x0,1m x001m при условии преобладания рудных блоков в этих подсистемах, включается в горную часть оценки технологические свойства руды и извлечения, что определяет предрасположенность применению метода SBS и рудо подготовки сенсорной сортировкой, что в результате приводит к значительному технологическому, экономическому эффекту;

8. Экономика дискретных подсистем формируется на различных уровнях иерархии и обладает своеобразием экономических характеристик свойственных именно определенны дискретным подсистема, к примеру для Nx 1000 это уровень капитальных горных выработок и уровень комбинированных и\ или раздельных геотехнологий ОГР и ПГР, следовательно общерудничных затрат; для N x100м в преобладающем значении свойственны особенности горно-подготовительных работ и экономики; для N x 10м свойственно формирование характеристик экономики очистных и нарезных работ; для N x 1…x0,01м доминируют технологические свойства переработки и особенности для определения БВР, откатки, транспортировки и т.д.

9. Таким образом для иерархических уровней дискретных подсистем при синергетическом эффекте существует особенные характеристики экономики с доминирование, преобладанием ГКР, ГПР и ОР.

10. Очевидно, что характеристики экономики дискретных подсистем выражаются через суть и наполнение категорий горной ренты, в первую очередь ренты I рода через содержания и ренты II рода через инновационные методы оценки и разработки.

11. Экономическая система оценки ценности золоторудных ресурсов недр Кыргызской Республики;

12. Сравнительные характеристики оценки ценности ресурсов собственника недр и стоимостной оценки;

13. экономика дискретных подсистем жильных золотокварцевых м-й;

14. экономика дискретных подсистем штокверковых месторождений (порфировые, скарновые);

15. экономика дискретных подсистем золотосодержащих руд;

16. экономическая оценка и роль бедных руд;

17. Компенсационное изъятие горной ренты богатых руд- горная рента богатых руд;

18. Горная рента роста цен золота;

19. Ценность дискретных подсистем;

20. Новые методы управления и регулирования оруденением дискретного типа;

21. Геолого-экономическая, промышленная оценка оруденения дискретного типа;

22. Противоречивость стоимостной оценки на основе сплошного типа оруденения

23. Вариативная оценка ценности ресурсов рудных месторождений КР.

24. Геолого-промышленная оценка золоторудной отрасли Кыргызстана

Список литературы

1. Swanson M.T. Extensional duplexing in the York Cliffsstrike-slip fault system, southern coastal Maine // J.Struct. Geol. 1990. Vol. 12, N 4. P. 499–512.№ 7. P. 725–735

2. Короновский Н.В., Наймарк А.А. Структурные парагенезы в дискретной геологической среде // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2013б. № 1. С. 3–10.

3. Назаралиев Б.А., Зарлыков А.К. Структурно-кинематические парагенезисы жильных зон золоторудного месторождения Джамгыр / Известия КГТУ им. И.Раззакова. – 2019. – № 1 (49). – стр.217-233.

4. Макаров П.В. Эволюционнаяа природа блочной организации геометериалов и геосред. Универсалный критерий фрактальной делимости / Геология и геофизика. – 2007. – т.48. – №7 – стр..724-746.

5. Фрактальность блоков рудолокализующих и рудоконтролирующих сдвиговых зон золоторудного месторождения Джамгыр / Д.Н. Ермошкин, Б.А. Назаралиев и др. // Горный журнал. – 2023. – №3.

6. Обоснование использования мозаичной системы целиков в безрудных блоках при отработке жильных месторождений золота /Д.Н. Ермошкин, К.З. Курманалиев и др. // Горная промышленность. – 2023. – №3.

7. Параметры фрактальности, самоподобия рудной системы и слагающих ее подсистем / Б.А. Назаралиев, Н.В. Яровой и др. // Горный журнал. – 2023. – №4.

8. B.E.Hobbs. A.Ord, T.Blenkisop. The spatial distributions of mineralization. Journal of Structural Geology. V.156. 2022. doi.org/10.1016/j.jsg.2022.104529

9. Курленя М.В., Опарин В.Н. Проблемы нелинейной геомеханики // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. 2000. № 4. С. 3–26.

10. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. М.: ГЕОС. 2016. 424

11. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // Докл. АН СССР, 1979, т. 247, № 4, с. 829-831.

12. Пиотровский В.В. Использование морфометрии для изучения рельефа и строения Земли // Земля во Вселенной. М., Мысль, 1964. – с. 278-297

13. Павлов А.М. Фрактальные свойства геологической среды как показатель сложности условий эксплуатации золоторудных месторождений / А.М. Павлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М: Изд-во МГТУ, 2011. – № 6.

14. Снетков В.И. Фрактальный анализ - необходимый элемент геометризации месторождений полезных ископаемых / Известия СО Секции наук о Земле РАЕН. – 2018. - т.41.- №3. - стр.106-118.

15. Turcotte, D.L. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. 1997, Cambridge University

16. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. 656 с.

17. Балек А.Е., Панжин А.А., Коновалова Ю.П., Мельник Д.Е. Особенности напряженного состояния горного массива Соколовского железорудного месторождения. В кн.: Валиев Н.Г. (ред.) //Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сб. докладов 7-й Междунар. науч.-техн. конф., Екатеринбург, 10–11 апреля 2018 г. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет; 2018. С. 256–264.

18. Бутаков Л.И., Зайцев Б.М., Казаченко Ю.А., Коваленко В.И., Кокташев А.Ф., Меринов М.А. и др. Технология разработки золоторудных месторождений.// М.: Недра; 1995. 336 с. Режим доступа: https://www.geokniga.org/books/9011

19. Васильев Н.Ю., Мострюков А.О., Петров В.А., Тверитинова Т.Ю., Тверетинов 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) // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы LII Тектонического совещания. М.: ГИН РАН, 2020. С. 118–124.

20. Pirajno F. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer Science. V.1. 2019. c.1250

21. Wyborn L.A.I., Heinrich C.A., Jaques A.L. Australian Proterozoic mineral systems: essential in gredients and mappable criteria // Aus IMM Publication Series 4/94. 1994. P. 109–115

22. Горяинов П.М, Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. Москва, ГЕОС.2001.

23. Huang Z., Dai X., Dong L. Buckling failures of reserved thin pillars under the combined action of in plane and lateral hydrostatic compressive forces // Comput. Geotech. – 2017. – V. 87. –P. 128–138. DOI: 10.1016/j.compgeo.2017.02.013.

24. Zhenhao XU, Tengfei Yu. And all. Anomalous patterns of clay minerals in fault zones. Engineering Geology. Volume 325, November 2023, 107279

25. Сендек С.В. Структура запасов металла как следствие генетических особенностей рудообразования // Записки Санкт-Петербургского горного ин-та. - 1993. - Т.137. - С.28-38.

26. Концентрационная совокупность содержаний золота и генетическая классификация руд месторождения Джамгыр /Б.А. Назаралиев, Н.Н. Ермошкин и др. // Известия КГТУ имени И.Раззакова. -2023. - №3(67) – стр.1343-1353.

27. Сендек С.В., Чернышев К.Е. Теоретические обоснования анализа распределений концентраций золота в рудах гидротермальных месторождений // Записки Санкт-Петербургского горного ин-та. - 2015. - Т.212. - С.30-39.

28. Канцель А.В. Функция распределения металла в рудах как генетическая характеристика процесса рудообразования // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1988. - № 10. - С.18-30.

29. Горная отрасль в Кыргызской Республике, состояние и проблемы /С.Н. Рахматов, Т.Ш. Пазылов и др. / Известия КГТУ имени И.Раззакова. – 2024. –№1(69) – стр.61–70.

30. Морфо-структурная зональность элементарных фрагментов рудных тел месторождения Джамгыр / Б.А.Назаралиев, Н.Н.Ермошкин и др./ Известия КГТУ имени И.Раззакова. – 2023. №2 (66). – стр.898 – 909.

31. Геолого-структурная зональность и жилообразование месторождения Джамгыр./. Б.А.Назаралиев, А.К. Зарлыков и др./ Известия КГТУ имени И.Раззакова. – 2023. №2 (66). – стр.910 – 922.