



Behruz OGANIYEV

E-mail: behruzoga@gmail.com

Независимый исследователь Университет геологических наук Институт минеральных ресурсов.

По отзыву профессора Х.Ишбаева, доктора геол.-минеральных наук

## GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF VERTICAL ZONATION IN GOLD MINERALIZATION WITHIN THE ADYLSAY AREA, KULDZHUKTAU MOUNTAINS

### Annotation

This study presents a geochemical analysis of the vertical zoning of gold mineralization in the Adylsay area of the Kuldzhuktau Mountains. Particular attention is given to the distribution of elements within ore-bearing, supra-ore, and sub-ore intervals. It has been established that the concentrations of Au, As, and Sb significantly exceed Clarke values across all examined horizons, indicating well-developed geochemical halos and a high metal content of hydrothermal fluids. Within the gold-bearing zones, increased concentrations of As, Pb, P, Cu, Mo, W, and Sb are observed, reflecting more intense sulfide formation and metasomatic processes. The identified geochemical patterns confirm clear vertical differentiation and a sequential change in mineral-geochemical associations characteristic of mesothermal gold systems. The obtained results have important predictive value for assessing deep-level mineralization potential, determining the localization of ore bodies, and optimizing exploration strategies within the Kuldzhuktau region.

**Keywords:** gold ore mineralization, vertical zonation, geochemistry, ore zones, geochemical halos.

## QULJUQTAU TOG'LARI ADILSAY MAYDONIDA OLTIN MADANLASHUVINING VERTIKAL ZONALLIGI BO'YICHA GEOKIMYOVIY TADQIQOT

### Annotation

Ushbu tadqiqotda Quljuqtvog tog'larining Adilsay hududida oltin ma'danlashuvining vertikal zonalligi bo'yicha geokimyoziy tahlili keltirilgan. Ma'danli, ma'dan osti va ma'dan intervallardagi kimyoziy elementlarning taqsimlanishiga alohida e'tibor qaratilgan. Barcha tekshirilgan gorizontlar bo'ylab Au, As va Sb Klark konsentratsiyalari sezilarli darajada oshib ketishi aniqlangan, bu esa yaxshi rivojlangan geokimyoziy zonalikni va gidrotermal suyuqliklar yuqori metall miqdorini ko'rsatadi. Oltin ma'danlashgan zonalarda As, Pb, P, Cu, Mo, W va Sb konsentratsiyalarining ortishi kuzatilgan, bu esa sulfid hosil bo'lishining yanada intensivligini va metasomatik jarayonlarni aks ettiradi. Aniqlangan geokimyoziy ko'rsatkichlar aniq vertikal differentsiatsiyani va mezotermal oltin tizimlariga xos bo'lgan mineral-geokimyoziy birlashmalarning ketma-ket o'zgarishini tasdiqlaydi.

**Ключевые слова:** oltin rudasining minerallashuvi, vertikal rayonlashtirish, geokimyo, ruda zonalari, geokimyoziy haloslar.

## ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ УЧАСТКА АДЫЛСАЙ ГОР КУЛЬДЖУКТАУ

### Аннотация

В рамках исследования проведён геохимический анализ вертикальной зональности золоторудной минерализации участка Адылсай гор Кульджуктау. Особое внимание уделено распределению элементов в золоторудных, надрудных и подрудных интервалах. Установлено, что концентрации Au, As и Sb значительно превышают кларковые значения во всех изученных горизонтах, что указывает на выраженные геохимические ореолы и высокую степень металлоносности гидротермальных флюидов. В пределах золоторудных зон наблюдается увеличение содержания As, Pb, P, Cu, Mo, W и Sb, отражающее более интенсивные процессы сульфидизации и метасоматических преобразований. Выявленные геохимические закономерности подтверждают наличие чёткой вертикальной дифференциации и последовательной смены минерало-геохимических ассоциаций, характерных для мезотермальных золоторудных систем. Полученные данные имеют важное прогностическое значение для определения глубинных перспектив минерализации, локализации рудных тел и оптимизации поисково-разведочных работ в пределах Кульджуктау.

**Ключевые слова:** золоторудная минерализация, вертикальная зональность, геохимия, рудные зоны, геохимические ореолы.

**Введение.** Рудопроявление Адылсай находится на юго-восточных склонах гор Кульджуктау Южно-Тяньшанской структурно-фациальной зоны, размещающейся в Южно-Тяньшанском орогеническом поясе, представляющую региональную зону смятия и дробления субширотного простирации [1]. Вместе с тем краевая позиция этих гор в общем плане зоны обуславливает некоторые их особенности: появление в значительных масштабах габброидных формаций, широкий размах постмагматической графитизации и наличие среди гранитоидов щелочных эгиринсодержащих пород. По этим особенностям Кульджуктау резко отличается от близлежащих горных массивов – Ауминзату и Нурага и тяготеет к Султануайсу и Зирабулакской группе [2].

В геологическом строении описываемого района принимают участие осадочно-метаморфические и изверженные породы палеозойского возраста, образующие складчатый фундамент, а также отложения меловой, палеогеновой, неогеновой систем, развитые в основном на предгорных равнинах и относящиеся к покрову [3].

Магматические породы в этом районе имеют большое распространение и характеризуются значительным разнообразием и могут быть объединены в следующие комплексы: верхнесилурский вулканогенный; габброидов (условно  $C_2$ ); гранитоидных интрузивов (условно  $C_3-P_1$ ) [4]. Интрузивные образования занимают около 15% палеозойских выходов гор Кульджуктау. По петрохимическим признакам всё многообразие интрузивных пород района можно объединить в три основные формации: габбро-диоритовую, сиенит-диоритовую и гранодиорит-гранитовую [5].

Рудопроявление Адылсай расположено в приосевой части основной синклинальной структуры гор Кульджуктау. Структура осложнена сравнительно мелкой Таушанской антиклиналью, к северу и югу от которой прослеживаются такие же мелкие субширотные синклинали Северо-Султанбийская и Южно-Султанбийская [6].

### Материалы и методы

#### Геологическое строение

Участок рудопроявления сложен песчанисто-сланцевыми образованиями таушанской свиты среднего карбона, преимущественно кварцевыми песчаниками с подчиненными маломощными прослоями алевролитов и сланцев (рис.1) [9]. Оруденение приурочено к зоне дробления и гидротермальных изменений. Зона минерализации ориентирована в северо-западном направлении ( $C_3$   $340^\circ$ ) в южной части, с падением на СВ под углами  $50-80^\circ$  [10]. Ширина зоны изменяется от 30 м на юго-востоке, до 90 м в северной части. В целом, породы зоны интенсивно перестерты, раздроблены (местами до состояния «трухи»), ожелезнены и окварцовены. Кварц развивается как по основной массе, так и в виде прожилкования.

Главная пликтативная структура площади – Южноизокудукская антиклиналь.

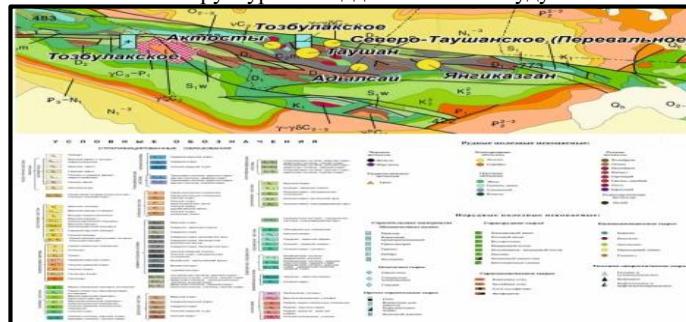


Рисунок 1 Геологическое строение участка Адылсай [8].

Кульджуктауский габбро-диорит-гранитовый ( $v$ ,  $\gamma C_3 k l$ ) комплекс в западной и центральной частях гор Кульджуктау, полностью или частично слагает Бельтауский (или Тасказганский,  $6,7 \text{ км}^2$ ), Шайдаразский ( $11 \text{ км}^2$ ), Таушанский ( $7,9 \text{ км}^2$ ), Шурукский ( $5,1 \text{ км}^2$ ), Актостинский ( $8,8 \text{ км}^2$ ), Тозбулакский ( $1,5 \text{ км}^2$ ), Северо-Шайдаразский ( $0,5 \text{ км}^2$ ) интрузивные массивы [7].

#### Сбор данных и образцов

Полевые работы на участке Адылсай (горы Кульджуктау) включали систематический отбор проб по нескольким разведочным линиям, охватывающим золоторудные зоны. Всего отобрано 38 270 проб, из них 31 728 керновых (масса 3–5 кг) и 6 543 бороздовых (масса 13–17 кг). Все пробы дробились и измельчались до 0,0074 мм после чего направлялись на анализ. Аналитические исследования проведены в лаборатории АО «Uzbekgeologorazvedka» методом спектрального анализа. Определено содержание 22 элементов: Au, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Cd, Cu, Bi, V, Ni, Co, Cr, Mo, Sn, W, Be, Li, Ge, Ga, Mn и Р.

Полученные данные обрабатывались с использованием программного обеспечения STATISTICA 10 (StatSoft, Tulsa, OK 74104, USA). Для каждого элемента были определены минимальные и максимальные значения, нижний и верхний квартили, а также 1-й и 99-й процентили. Для более точного выделения золоторудных интервалов предварительно были исключены ураганные (аномально высокие) значения. На основе очищенного массива рассчитаны стандартные отклонения, локальный фон, минимальные аномальные значения и концентрации по Кларку (Табл. 1).

Таблица 1 Стандартное отклонение, локальный фон, минимальные аномальные значения и концентрации Кларка для участка Адылсай.

Chemical element symbol	N observed	Minimum	Maximum	1st percentile	99th percentile	Standard deviation	Local background	Minimum anomalous value	Clarke according to A.P. Vinogradov (1962)	Clarke concentration Me + 2*σ
Au	38270	0.0025	4.100	0.0025	4.100	0.5043	0.0025	0.51	0.0043	1640.0
Sb	38267	10.0000	220.000	10.0000	220.000	30.2958	10.0000	40.30	0.5000	22.0
As	38267	5.0000	3900.000	5.0000	3900.000	585.2988	42.0000	627.30	1.7000	92.9
Ag	38133	0.2500	0.580	0.2500	0.580	0.0447	0.2500	0.29	0.0700	2.3
Pb	38267	2.5000	110.000	2.5000	110.000	17.8185	17.0000	34.82	16.0000	6.5
Zn	38261	25.0000	290.000	25.0000	290.000	50.7569	64.0000	114.76	83.0000	4.5
Cd	36747	2.5000	5.000	2.5000	5.000	0.6076	4.0000	4.61	0.1300	1.3
Cu	38267	5.0000	210.000	5.0000	210.000	33.2746	44.0000	77.27	47.0000	4.8
Bi	38260	3.0000	6.000	3.0000	6.000	0.3603	3.0000	3.36	0.0090	2.0
V	38266	5.0000	230.000	5.0000	230.000	58.5934	110.0000	168.59	90.0000	2.1
Ni	38267	5.0000	450.000	5.0000	450.000	79.6752	87.0000	166.68	58.0000	5.2
Co	38267	2.0000	62.000	2.0000	62.000	10.7042	16.0000	26.70	18.0000	3.9
Cr	38267	5.0000	620.000	5.0000	620.000	120.8860	140.0000	260.89	83.0000	4.4
Mo	38267	2.5000	19.000	2.5000	19.000	3.7881	2.5000	6.29	1.1000	7.6
Sn	38167	1.0000	22.000	1.0000	22.000	3.0953	3.2000	6.30	2.5000	6.9
W	38267	5.0000	51.000	5.0000	51.000	6.5157	10.0000	16.52	1.3000	5.1
Be	38267	2.0000	3.600	2.0000	3.600	0.1742	2.0000	2.17	3.8000	1.8
Li	38267	3.0000	100.000	3.0000	100.000	8.0272	50.0000	58.03	32.0000	2.0
Ge	38267	1.0000	4.200	1.0000	4.200	0.6157	1.5000	2.12	1.4000	2.8
Ga	38267	1.5000	58.000	1.5000	58.000	12.2354	16.0000	28.24	19.0000	3.6
Mn	38267	20.0000	2500.000	20.0000	2500.000	446.7043	590.0000	1036.70	1000.0000	4.2
P	38265	300.0000	7000.000	300.0000	7000.000	951.9944	700.0000	1651.99	930.0000	10.0

С использованием минимальных аномальных значений были выделены три геохимически контрастные группы интервалов: рудные (В - 1175 проб), надрудные (А - 91 проб) и подрудные (С - 143 проб) (рис. 2).

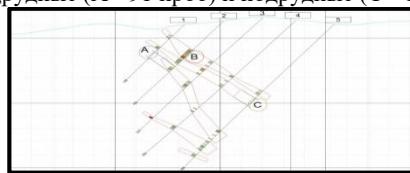


Рисунок 2 А - надрудный, В - рудный, С - подрудный интервалы участка Адылсай.

Для каждой группы интервалов (А, В, С) выполнен отдельный статистический анализ, построены корреляционные матрицы химических элементов, а также дендрограммы, отражающие структуризацию элементных ассоциаций. На основе перерасчитанных концентраций по Кларку составлена итоговая таблица и диаграмма геохимических накоплений, что позволило определить особенности вертикального размаха рудообразующих элементов и их спутников (рис. 3).

#### Результаты и выводы.

Проведённое геохимическое исследование вертикальной зональности золоторудной минерализации на участке Адылсай гор Кульджуктау позволило установить выраженную дифференциацию химических элементов по надрудным (А), рудным (В) и подрудным (С) интервалам разреза. Наиболее контрастная и информативная часть разреза - рудный интервал В - характеризуется экстремально высокими концентрациями рудоформирующих элементов, прежде всего золота (до 1640 кларков). Совместно с устойчивыми аномалиями мышьяка и сурьмы формируется типичная триада Au-As-Sb, отражающая единую генетическую природу минерализующего флюида и подтверждающая развитие классической золоторудной гидротермальной системы. В этом же интервале фиксируются пиковые значения элементов-спутников (Pb, Zn, Cu, Mo, Sn, W, Ni, Co, Cr, Mn), которые указывают на участие высокотемпературных, многокомпонентных растворов, насыщенных металлами, и подтверждают максимальную интенсивность рудообразования именно в зоне В (рис. 3).

Надрудные интервалы (А) демонстрируют уменьшение содержаний большинства элементов, однако сохраняют значимые аномалии золота, мышьяка и сурьмы, что позволяет рассматривать данный горизонт как зону окорудной пропитки и транзитный участок гидротермального поля. Характер распределения элементов здесь отражает постепенное ослабление флюидного потока при его продвижении к верхним уровням разреза. Тем не менее, присутствие умеренных концентраций ряда металлов (Pb, Zn, Cu, Sn, W и др.) свидетельствует о том, что минерализующие растворы сохраняли значимый потенциал даже на удалении от основной рудной зоны. Подрудные интервалы (С), в отличие от надрудных, фиксируют нижнюю часть циркуляции гидротермальных растворов. Здесь наблюдается обеднение большинства элементов относительно рудной зоны, однако аномальные содержания Au, As и Sb сохраняются и превышают региональный фон.

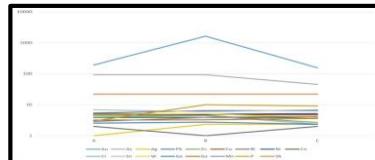


Рисунок 3 График распределения концентраций Кларка в вертикальных интервалах А (над рудой), В (рудная зона) и С (под рудой).

Важным признаком является присутствие аномалий Cu, Pb, Sn, Mo, W, Ni и Co, что указывает на распространение рудоформирующих растворов вглубь разреза, но при более низкой степени насыщенности металлами. Подрудная часть отражает корневую область рудной системы, где минерализация постепенно ослабевает по мере удаления от основной зоны флюидной динамики.

В целом вертикальный профиль разреза демонстрирует чётко выраженную металлогеническую зональность: максимальное накопление элементов наблюдается в рудной части (В), тогда как надрудные и подрудные интервалы фиксируют ослабление флюидного потока вверх и вниз по разрезу. При этом подрудная зона характеризуется более резким снижением концентраций Au и As по сравнению с надрудной, что отражает особенности флюидного режима и термодинамических условий в нижней части системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бухарин А.К., Брежнев В.Д., Масленникова И.А. - Тектоника Западного Тянь-Шаня. // Москва.: Наука, 1989. 164 с.
- Айсанов Я.Б. - К истории геологического развития Кульджуктау в палеозое. //Узб. геол.журнал, №1, 1969. 22 с.
- Оганиёзов Б.Б., Пирназаров М.М. - Геохимические ореолы золотого оруденения и сопутствующих химических элементов на участке Адылсай // Информационный журнал НУУз// № 3.2, 2024, 254-257с.
- Изох Э.П. Формационный анализ гранитоидов западного Узбекистана // Новосибирск, 1975 г. 147 с.
- Айсанов Я.Б. Новые данные по стратиграфии ордовикских и нижненесилиурских отложений Кульджуктау //Узб. геол.журнал, №3, 1966.-45 с.
- Гурейкин Н.Я., Дзялошинский В.Г., Панов В.В. «Изучение геологоструктурных особенностей локализации золотого оруденения в Восточно-Кульджуктауском рудном поле в связи с оценкой его перспективности». //Москва, 1978, 48-57 с.
- Миркамалов. Р.Х. и др. Геологическая карта Республики Узбекистан масштаба 1:500 000/ Ташкент.: ГУ «ИМР», 2023. -226с.
- Михайлов В.В. и др. Карта месторождений полезных ископаемых Республики Узбекистан масштаба 1:500 000./ Ташкент. ГУ «ИМР» 2020.
- Дюков Ю.Ф., Старков Н.И. Отчет о результатах детальных поисковых работ на золото в восточной части гор Кульджуктау./г. Самарканд. 1978г.
- Дынкин М.Л., Дюков Ю.Ф. Отчет о результатах комплексных геолого-геофизических поисковых работ на золото, проведенных в восточной части гор Кульджуктау в 1973-76гг. г. Самарканд. 1976 г.