

УДК: 553.411:551.24(575.1)

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-m.01>

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И КОНТРОЛЬ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ ГОР КАРАТАУ (ЮЖНЫЙ НУРАТАУ)

Махаммадиев Элдор Махмудович¹ – начальник управления,

E-mail: e.mahammadiyev@v.mingeo.uz, ORCID: 0009-0002-8492-0869,

Science ID: MSN-0626-0129

Гоипов Акрам Байрамович² – доктор геолого-минералогических наук (DSc),

E-mail: akram.goipov7@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1720-2998, Science ID: FXB-0525-0079.

¹Министерство горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Узбекистан

²ГУ Института минеральных ресурсов, г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В статье рассмотрены структурно-тектонические условия формирования и размещения золоторудной минерализации в пределах гор Каратау (Южный Нуратау). Установлено, что тектоническое строение района определяется многоэтапной эволюцией, связанной с каледонским, герцинским и альпийским циклами тектогенеза, в результате которой сформировалась сложная система разломов различной ориентировки и морфологии. Выявлено, что ключевую роль в локализации золоторудных объектов играют зоны разрывных нарушений второго порядка, связанные с Каратауским глубинным разломом, а также узлы пересечения субширотных и восток-северо-восточных сбросо-сдвигов. Показано, что наиболее благоприятные условия для формирования золото-сульфидной минерализации связаны с зонами повышенной трещиноватости, катаклаза и милонитизации пород, обеспечивающими высокую проницаемость для гидротермальных растворов. На примере месторождения Сармич проанализированы морфология рудных тел, их структурная приуроченность и особенности размещения в пределах тектонических зон. Сделан вывод о решающей роли многостадийных деформационных процессов и структурного контроля в формировании золоторудных систем Каратауского региона.

Ключевые слова: золоторудная минерализация, структурно-тектонический контроль, разрывные нарушения, сдвиговые зоны, Каратау, Южный Нуратау, Сармич, гидротермальные процессы.

UDC: 553.411:551.24(575.1)

STRUCTURAL-TECTONIC CONDITIONS AND CONTROLS ON THE LOCALIZATION OF GOLD MINERALIZATION WITHIN THE KARATAU MOUNTAINS (SOUTHERN NURATAU)

Makhammadiyev, Eldor¹ - Head of Department;

Goipov, Akram² - Doctor of Geological and Mineralogical Sciences (DSc).

¹Ministry of Mining and Geology of the Republic of Uzbekistan, Tashkent city, Uzbekistan

²State Institute of Mineral Resources, Tashkent city, Uzbekistan

Abstract. This paper examines the structural-tectonic conditions governing the formation and localization of gold mineralization within the Karatau Mountains (Southern Nuratau). It is established that the tectonic framework of the region is controlled by a multi-stage geodynamic evolution associated with the Caledonian, Hercynian, and Alpine tectonic cycles, resulting in the development of a complex fault system of varying orientations and morphologies.

The study reveals that the key role in the localization of gold-bearing objects is played by second-order fault zones associated with the Karatau deep fault, as well as by intersection nodes of sublatitudinal and east-northeast-oriented strike-slip faults. It is shown that the most favorable

conditions for the formation of gold-sulfide mineralization are related to zones of increased fracturing, cataclasis, and milonitization, which provide enhanced permeability for hydrothermal fluids.

Using the Sarmich deposit as a case study, the morphology of ore bodies, their structural setting, and spatial distribution within tectonic zones are analyzed. It is concluded that multi-stage deformation processes and structural control play a decisive role in the formation of gold ore systems in the Karatau region.

Keywords: gold mineralization, structural-tectonic control, fault zones, strike-slip systems, Karatau, Southern Nuratau, Sarmich, hydrothermal processes.

UDC: 553.411:551.24(575.1)

QORATOV TOG'LARI HUDUDIDA OLTIN MA'DANLI MINERALLASHUVNING STRUKTURAVIY-TEKTONIK SHAROITLARI VA JOYLASHUVINI NAZORAT QILUVCHI OMILLAR (JANUBIY NUROTA)

Maxammadiyev Eldor Maxmudovich¹ - boshqarma boshlig'i;

Goipov Akram Bayramovich² - Geologiya- mineralogiya fanlari doktori (DSc).

¹O'zbekiston Respublikasi Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligi, Toshkent sh., O'zbekiston

²Mineral resurslar instituti Davlat muassasasi, Toshkent sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Mazkur maqolada Qorotov tog'lari (Janubiy Nurota) hududida oltin ma'danli minerallashuvning shakllanishi va joylashuvining strukturaviy-tektonik sharoitlari ko'rib chiqilgan. Aniqlanishicha, hududning tektonik tuzilishi Kaledon, Gersin va Alp tektonik bosqichlari bilan bog'liq bo'lgan ko'p bosqichli geodinamik rivojlanish natijasida shakllangan bo'lib, turli yo'nalish va morfologiyaga ega murakkab yer yoriqlar tizimi vujudga keltirgan.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, oltin ma'danli obyektlarning joylashuvida Qorotov chuqur yer yorig'i bilan bog'liq bo'lgan ikkinchi tartibli yer yoriqlar zonalari, shuningdek subkenglik va sharq-shimoli-sharq yo'nalishidagi siljimalar kesishgan tugunlar asosiy rol o'ynaydi. Oltin-sulfid minerallashuv shakllanishi uchun eng qulay sharoitlar yuqori darajada darzlangan, kataklaz va milonitlanish zonalari bilan bog'liq bo'lib, ular gidrotermal eritmalar harakati uchun yuqori o'tkazuvchanlikni ta'minlaydi.

Sarmich koni misolida ma'dan tanalarining morfologiyasi, ularning strukturaviy bog'liqligi hamda tektonik zonalar doirasida joylashuv xususiyatlari tahlil qilingan. Xulosa bo'yicha, ko'p bosqichli deformatsion jarayonlar va strukturaviy nazorat Qorotov mintaqasida oltin ma'danli tizimlarning shakllanishida muhim ahamiyat kasn etadi.

Kalit so'zlar: oltin ma'danli minerallashuv, strukturaviy-tektonik nazorat, yer yoriqlar, siljish zonalari, Qorotov, Janubiy Nurota, Sarmich, gidrotermal jarayonlar.

Введение

Изучение структурно-тектонических условий, контролирующих размещение золоторудной минерализации, является одним из важных направлений современной рудной геологии и металлогении. Практически все крупные орогенные золоторудные системы сформировались в пределах активных тектонических зон, где интенсивная деформация пород обусловлена воздействием региональных процессов сжатия и сдвига [6, 9].

В размещении золоторудных месторождений ключевую роль играют глубинные разломы, формирующие в земной коре зоны повышенной проницаемости. Эти зоны служат каналами для миграции золотоносных флюидов и являются областями последующего осаждения рудного вещества [7, 10]. В пределах таких структурных зон золото-кварцевые жилы, как правило, приурочены к узлам пересечения разломов различной ориентировки, а также к зонам растяжения и изгиба, где возникают благоприятные условия для снижения давления и осаждения золота [8].

Горы Каратау представляют собой вытянутое в северо-западном направлении горное сооружение, сложенное осадочно-метаморфическим комплексом палеозоя и перекрытое

слабо дислоцированным платформенным чехлом мезокайнозойского возраста [4]. По особенностям стратиграфического разреза, характеру складчатости и специфике магматизма данный регион относится к Южно-Нуратинской подзоне Зеравшано-Туркестанской структурно-формационной зоны Тянь-Шаня [2].

В 1962 г. В.Тушовым при производстве металлометрической съемки масштаба 1:50 000 в горах Каратау был выявлен ряд ореолов мышьяка и проявления золота в районе рек Сармич, Курайский, Карамечеть. В дальнейшем Н. Дегтярев (1967 ф.) при производстве регионально-тематических работ выделил целый ряд металлометрических ореолов мышьяка, золота и других рудных элементов, а также коренные проявления золота (помимо уже известных рудопоявлений Сармич, Субаши, Курай и др.), приуроченных к полосе севернее Каратаусского интрузива.

Д.Огарев и др. (1970), при составлении геологической карты по Каратау масштаба 1:50 000 выделили Каратаускую золоторудную зону или зону смятия. Протяженность зоны, по Д.Огареву, от месторождения Алтын-Казган на востоке до западного окончания гор Каратау, т.е. на расстоянии до 70 км. Мощность зоны определена в 3-5 км. К северу от Четтыкского интрузива Каратауская зона, по Д.Огареву, разветвляется на северную – Тансарийскую и южную – Пиралиинскую ветви.

Северная и южная границы Каратауской зоны Д. Огаревым были определены предположительно, главным критерием выделения зоны являлось наличие металлометрических ореолов и коренных проявлений золота.

В дальнейшем при проведении поисковых и поисково-разведочных работ О.Старцевым Каратауская рудная зона была разделена на ряд составляющих – Сармичскую, Северо-Биранскую, Центрально-Пиралинскую и Южно-Биранскую, были установлены разломные ограничения золоторудных зон, определено их внутреннее строение. Мощность отдельных зон от 1,0 до 1,5 км.

Формирование структурного облика района связано с каледонским и, в большей степени, герцинским этапами тектогенеза, протекавшими в условиях регионального сжатия и сопровождавшимися развитием надвиговых и сдвиговых дислокаций. В последующие этапы, включая триасовый и неогеновый, происходило дальнейшее усложнение тектонического строения за счёт формирования мелкой складчатости и разрывных нарушений различной ориентировки.

Характерной особенностью строения палеозойского этажа является сочленение блоков различного состава, возраста и формационного типа, ограниченных системой разрывных нарушений, представляющих собой ветви Каратауского глубинного разлома. Последний выражен разветвлённой системой зон разрывов и смятия северо-западного простирания, охватывающих всю ширину Каратау, до 10 км. В его структуре выделяются три основные ветви - Сармичская, Биранская и Джизланская, каждая из которых представлена системой тектонических швов второго порядка шириной до 1–2 км, сопровождающихся интенсивным динамометаморфизмом пород и линейно вытянутыми магматическими телами основного состава.

Именно зоны разрывов второго порядка играют ключевую роль в локализации золоторудной минерализации, формируя региональную Каратаускую золоторудную зону протяжённостью около 70 км. В структурном плане важнейшим элементом является Биран-Бакачинарская изоклиальная антиклиналь, прослеживающаяся на всём протяжении гор Каратау и разделяющая Сармичскую и Биранскую минерализованные зоны.

Методы и материалы

Исследование структурно-тектонических условий размещения золоторудной минерализации в пределах гор Каратау (Южный Нуратау) основано на комплексном анализе геолого-геофизических материалов и данных полевых наблюдений. В работе использованы результаты геолого-съёмочных работ масштабов 1:50 000 и 1:10 000, а также данные магниторазведки, электроразведки и металлометрических исследований.

Основное внимание уделено изучению морфологии и пространственного положения разрывных нарушений, анализу их ориентировки, амплитуд смещений и роли в формировании рудоносных структур. Проведена интерпретация тектонических элементов с использованием структурно-геологического анализа, включающего выделение складчатых форм, зон сдвиговой тектоники, а также систем разломов различного ранга.

Для оценки рудоконтролирующей роли тектонических структур выполнен анализ взаимного расположения рудных тел и разрывных нарушений, а также выявление узлов пересечения разломов различных направлений. Особое внимание уделено зонам повышенной тектонической нарушенности, характеризующимся интенсивным дроблением, катаклизмом, милонитизацией и окварцеванием пород.

Результаты и обсуждение

Анализ фондовых картографических материалов с применением структурно-тектонических исследований и с учетом полевых съемочных работ показал, что в пределах гор Каратау выделяются три основные зоны сдвиговой тектоники - Биранская, Бакачинарская и Восточно-Бакачинарская, которые формируют структурный каркас района и играют ключевую роль в локализации рудоносности (рис. 1).

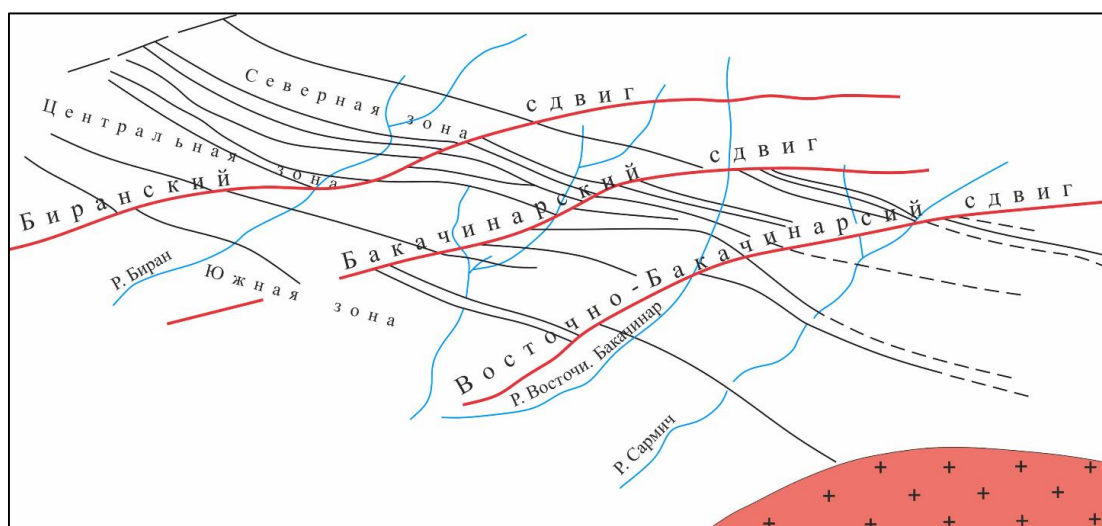


Рис. 1. Схематическое строение сдвиговой тектоники горы Каратау.

Ведущее значение в формировании структурного плана принадлежит системе разломов субширотного простирания, контролирующей пространственное положение тектонических блоков и обуславливающих выраженную линейную зональность территории. Параллельное, а местами разветвлённое строение этих разломов указывает на многостадийный характер деформационных процессов и сочетание сдвиговых и сдвигово-сбросовых перемещений.

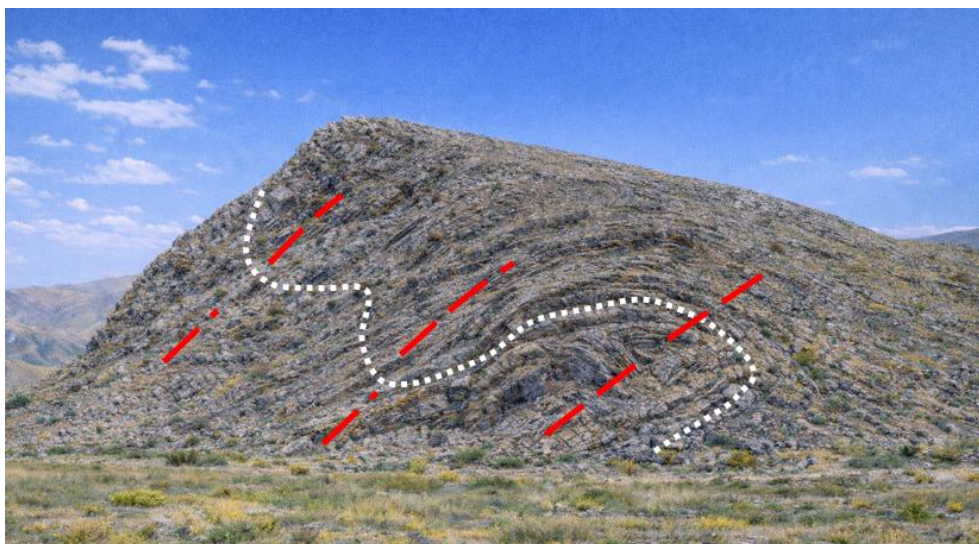
Наиболее древние, раннегерцинские разрывные нарушения синхронны формированию складчатости. Они представлены субширотными взбросо-сбросами, наиболее интенсивно развитыми в южном крыле Биран-Бакачинарской антиклинали. Эти нарушения имеют субсогласное с осевой плоскостью складки простирание и падение и сопровождаются зонами интенсивного дробления, брекчирования, милонитизации и ожелезнения пород. Значительная часть таких зон выполнена кварцевыми прожилками и жилами с золото-сульфидной минерализацией.

Терригенные нижнесилурийские образования в результате раннегерцинского цикла тектогенеза были смяты в крупную Биран-Бакачинарскую сложно построенную изоклиналичную антиклиналь, пространственное положение которой хорошо фиксируется по первичной слоистости пород, главным образом по песчаникам (рис. 2). Замковая часть этой складки имеет параболическую форму и осложнена более мелкими открытыми изоклиналичными складками (рис. 3).



**Рис. 2. Призматическая часть Биран-Бакачинарской изоклиальной антиклинали.
Бирансай, среднее течение, правый борт.**

Структура характеризуется следующими элементами залегания осевой плоскости: азимут простираения 280° – 295° и 100° – 115° , угол падения $75^{\circ} \pm 10^{\circ}$ на северо-восток. Шарнир складки практически горизонтален, с незначительной ундуляцией на запад и восток. Крылья складки субпараллельны осевой плоскости и осложнены системой дисгармоничных складок более низкого порядка (рис. 4).



Бирансай среднее течение, правый борт. 1 - слоистость (белый пунктир), 2 - кливаж (сланцеватость).

Рис. 3. Осложняющие открытые изоклиальные складки в призматической части Биран-Бакачинарской изоклиальной антиклинали.

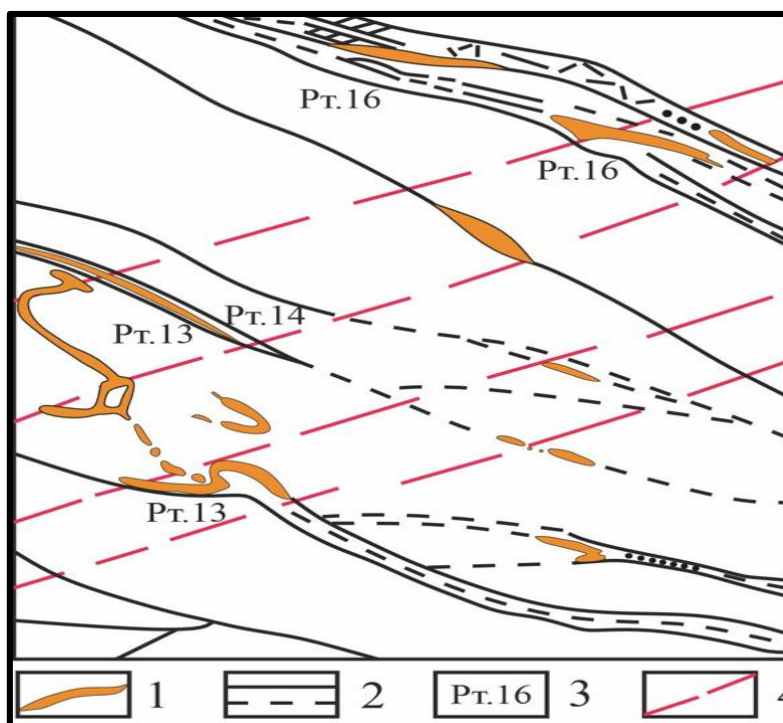
В позднегерцинский этап структура района была осложнена восток-северо-восточными сбросо-сдвигами с азимутом простираения около 60° и субвертикальным падением, а также повторными подвижками по субширотным раннегерцинским разломам. Восток-северо-восточные разрывы представляют собой вторую по значению систему нарушений, широко развитую в пределах района. Они выражены прямолинейными зонами дробления и брекчирования мощностью от нескольких сантиметров до 1,5 м, отдельные интервалы которых выполнены кварцевыми жилами. Эти структуры имеют, как правило, вертикальное залегание, прослеживаются на протяжении нескольких километров, а интервал их встречаемости составляет 300–400 м. Амплитуда горизонтальных смещений, преимущественно левосторонних, достигает 1100 м, тогда как вертикальные смещения, вероятно, составляют от первых десятков до сотни метров.



1 – слоистость (белый пунктир), 2 – кливаж (красный линии)

Рис. 4. Сложнопостроенная осложняющая дисгармоничные изоклиналильные складки на северном крыле Биран-Бакачинарской антиклинали.

Важным следствием позднегерцинской активизации явилось формирование блокового строения района и реактивация ранее образованных субширотных рудолокализирующих структур. Именно в участках сочленения восток-северо-восточных сбросо-сдвигов с субширотными взбросами создавались наиболее благоприятные условия для проникновения пневмато-гидротермальных растворов и формирования кварц-золото-сульфидной минерализации. На участке Центральный Сармичского рудного поля, где эрозионный срез более глубокий, чем на участке Биран, вскрыты более глубокие части рудных зон, и здесь рудные тела установлены также в сместителях восток-северо-восточных сбросо-сдвигов, контактирующих с субширотными рудными телами № 13 (рис. 5).



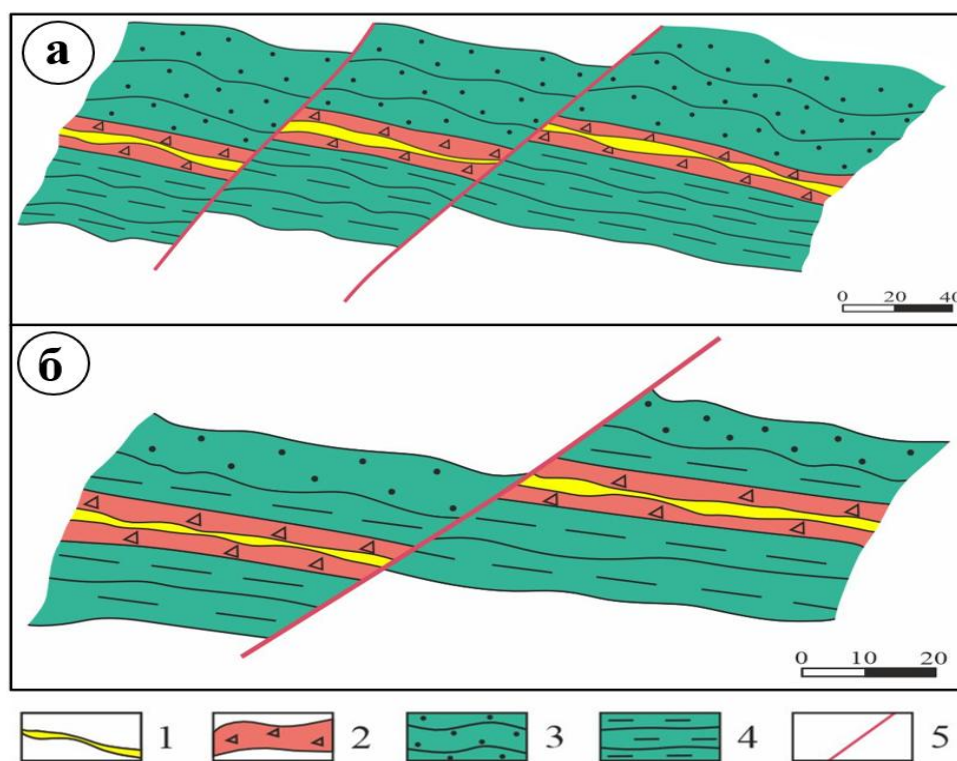
1 - рудные тела; 2 - субширотные разломы; 3 - нумерация рудных тел; 4 - предполагаемые восток-северо-восточные сбросо-сдвиги.

Рис. 5. Морфология рудных тел (в плане) на участке Центральный. Масштаб 1:2000.

Рудные зоны представлены системой относительно прямолинейных субпараллельных взбросо-сбросовых нарушений, наиболее интенсивно развитых в Южной зоне. Они выполнены окварцованными и ожелезненными брекчиями, катаклазитами и милонитами терригенных пород нижнего силура. Вследствие формирования восток-северо-восточных сбросо-сдвигов Южная, Центральная и Северная зоны приобрели своеобразное ступенчатое строение по простиранию, что хорошо прослеживается на примере рудных тел № 3 и № 4 (рис. 6).

Особое место в пределах Каратауской золоторудной зоны занимает месторождение Сармич, открытое в 1968 г. в результате геолого-съёмочных работ масштаба 1:50 000 и последующего обобщения материалов металлотомии, магниторазведки и электроразведки. В пределах Южно-Нуратинских гор были установлены перспективные на золото площади и оконтурено Сармич-Алтынказганское рудное поле [5]. Золотая минерализация субдукционного типа в Нуратинском регионе контролируется разрывными структурами, локальными надвигами и вязкими разрывами Каратаусской рудной зоны, к которой относятся месторождения Сармич, Биран и Кошар, приуроченные к зоне надвига Нурату-Лятобандского комплекса [1].

Главными элементами разрывной тектоники месторождения Сармич являются продольные нарушения - Сармичский и Субаши-Сармичский разломы. Сармичский разлом представлен зонами дробления, рассланцевания и окварцевания мощностью 5–30 м, при этом промышленная золоторудная минерализация в его зоне не установлена. Субаши-Сармичский разлом прослеживается через всю площадь месторождения и объединяет систему рудовмещающих разрывов с общим падением на юг под углом 75–85°; мощность его зоны изменяется от 10 до 60 м [1].



Условные обозначения: 1 - рудное тело, 2 - зона субширотного разлома, 3 - средняя песчаниковая пачка, 4 - верхняя филлитопесчаниково-алевролитовая пачка, 5 - восток-северо-восточный сбросо-сдвиг.

Рис. 6. Взаимоотношение рудного тела с тектоническими структурами: а) рудного тела № 3 и б) №4.

В альпийский этап тектонического развития происходило дальнейшее усложнение строения района, связанное с развитием северо-западных, северо-северо-восточных и

субмеридиональных взбросо-сбросовых нарушений, а также с реактивацией субширотных и восток-северо-восточных разломов. Это сопровождалось дополнительными смещениями и деформациями рудных тел.

Тектонизированные - катаклазированные, милонитизированные и рассланцованные породы, как правило, с сульфидной минерализацией и метасоматическими изменениями. В золоторудных объектах предполагается наложение продуктивной редкометалльно-золото кварцевой ассоциации на пирит-арсенопиритовую, смена с глубиной кварц-хлорит-альбитового метасоматоза на кварц-альбит-калишпатовый (Сармич-II), с общей высотой метасоматической колонны около 800 м [3].

Заключение

Проведённые исследования позволили установить, что структурно-тектонический контроль золоторудной минерализации в пределах гор Каратау определяется многостадийной геодинамической эволюцией региона и сложным взаимодействием складчатых и разрывных структур.

Основными рудолокализирующими элементами являются зоны разрывных нарушений второго порядка, связанные с Каратауским глубинным разломом, а также субширотные разломы раннегерцинского возраста. Важнейшее значение имеют узлы пересечения разломов различных направлений, в пределах которых формируются наиболее перспективные рудные тела.

Установлено, что процессы дробления, катаклаза, милонитизации и окварцевания пород играют ключевую роль в формировании проницаемых зон, обеспечивающих циркуляцию гидротермальных растворов и последующую локализацию золоторудной минерализации.

Таким образом, структурно-тектонический контроль золоторудной минерализации в пределах гор Каратау определяется сочетанием глубинных разломов, сдвиговых зон, складчатых структур и многоэтапных деформационных процессов.

Литература

- [1] Атлас моделей рудных месторождений Узбекистана / Миркамалов Р.Х., Голованов И.М., Чирикин В.В., Фадеичева Л.П., Миркамалова Г.Х. Ташкент: ГП «НИИМР», 2010.
- [2] Гарьковец В.Г., Мушкин И.В., Титова А.П. и др. Основные черты металлогении Узбекистана. - Ташкент: Фан, 1979. - 272 с.
- [3] Пирназаров М.М., Жохов В.Н., Тулегенов Т.Ж. Метасоматически измененные породы месторождения Сармич (Южный Нуратау) // Геология и минеральные ресурсы. - 1999. - № 6. - С. 13-17.
- [4] Пяновская И.А., Енчикова А.Ф., Пяновский Г.В. Геологическое строение хребта Южный Нуратау. - Т.: Фан, 1986. - 132 с.
- [5] Рудные месторождения Узбекистана. (2001) Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 611 с.
- [6] Савчук Ю.С. Структурно-динамические условия формирования крупных орогенных месторождений золота Центральной и Северо-Восточной Азии // Литосфера. - 2021. - Vol. 21, No. 2. - P. 1446-1462.
- [7] Deng J. Regional structural control on the distribution of world-class gold deposits: an overview from the Giant Jiaodong Gold Province, China // Geological Journal. - 2019. - Vol. 54, No. 5. - P. 1058-1074. - DOI:10.1002/gj.3186.
- [8] Fridovsky V.Y., Kudrin M.V. Tectonic evolution and structural control of dike-hosted orogenic gold deposits in the Yana-Kolyma collision orogen (Eastern Siberia) // Geosciences. - 2025. - Vol. 15, No. 5. - Art. 168.
- [9] Hronsky J.M.A. Deposit-scale structural controls on orogenic gold deposits: an integrated, physical process-based hypothesis and practical targeting implications // Mineralium Deposita. - 2019. - Vol. 54, No. 9. - P. 1727-1750. - DOI:10.1007/s00126-019-00918-z.
- [10] Yang Y., et al. Structural controls on the gold mineralization at the eastern margin of the North China Craton // Ore Geology Reviews. - 2021. - Vol. 129. - P. 103953.