

М.С. РАФАИЛОВИЧ

(Институт природных ресурсов ЮГГЕО)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-СКАРНОВОЙ

ФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ:

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация

Рассматривается систематика золотоносных скарнов Центральной Азии. Проведен сравнительный анализ наиболее представительных месторождений. Обсуждаются перспективы их изучения и освоения с учетом современной конъюнктуры.

Ключевые слова: золото-скарновая формация, систематика месторождений, интрузивные комплексы, минеральные и геохимические ассоциации, форма нахождения золота, рудный потенциал, перспективы освоения

Кілт сөздер: алтын-скарнды формация, кенорнының жүйеленуі, интрузивті кешендер, минералды және геохимиялық қауымдастық, алтын табу формасы, кенді әлеует, игерудің келешегі.

Keywords: a gold-skarn formation, systematisation of fields, intrusive complexes, mineral and geochemical associations, the form of a finding of gold, ore potential, development perspectives

Месторождения золото-скарновой формации – многогранный и перспективный вид полезных ископаемых. Значительный вклад в изучение золотоносных скарнов различных регионов Центральной Азии внесли А.Ф. Коробейников, Ю.Г. Щербаков, Л.А. Мирошниченко, Р.Д. Дженчураева, Н.А. Блохина, В.В. Никоноров, В.П. Саяпин, Т.С. Тимофеева, Б.П. Чесноков, С.И. Шевчук и др. [1-11, 13-17, 19]. Актуальность изучения скарнов определяют: недавние крупные открытия Au-Cu руд в скарнах района Эртсберг на о. Новая Гвинея [18], новые тенденции в конъюнктуре минерального сырья (пополняющийся спектр полезных компонентов, переход к освоению объектов с низкими содержаниями металлов), пространственные парагенезисы скарновых месторождений с другими типами оруденения: золоторудными, медными и редкометалльными жилами и штокверками, медно-молибден-порфировыми месторождениями и др. В настоящей статье в сравнительном плане рассмотрим наиболее представительные золото-скарновые

месторождения Центральной Азии с учетом новых данных по их геологии, металлогении, вещественному составу.

Формация золотоносных скарнов подразделяется на четыре субформации: магнезиальную, магнезиально-известковую, известковую и скарново-магнетитовую (таблица).

Магнезиальная субформация отмечается в Алтае-Саянской складчатой области, в Среднем и Южном Тянь-Шане, в структурах мезозойской активизации в Афганистане. Индикаторами ее являются минералы магматического этапа: форстерит, фассаит, шпинель, флогопит, гумит, клиногумит, ксантофилит и др.

Пример магнезиальной субформации – золото-скарновое *месторождение Заркашан* в провинции Газни в Афганистане (рис. 1). На площади месторождения развиты известняки, доломиты и кальцифиры средней-верхней юры, перекрытые терригенными и карбонатными отложениями верхнего мела. Основная структура – антиклиналь второго порядка субширотного простирания протяженностью 1,0 км с падением крыльев от 15-20° до 40-50°. Складка осложнена разломами нескольких направлений и малыми интрузивами и дайками заркашанского комплекса (K₂). Состав интрузивных штоков – гранодиориты, адамеллиты, монзониты, кварцевые сиениты. Дайки сложены аплитами, граносиенитами, сиенитами, редко диоритовыми порфиритами. Магнезиальные скарны, по В.П. Саятину, А.Ф. Коробейникову [5], имеют субпластовую и линзовидную формы, протяженность несколько сотен метров, мощность до первых десятков метров. Выделяются фассаитовые, фассаит-шпинелевые, фассаит-форстеритовые, форстеритовые, фассаит-флогопит-везувиановые и флогопит-везувиановые разновидности.

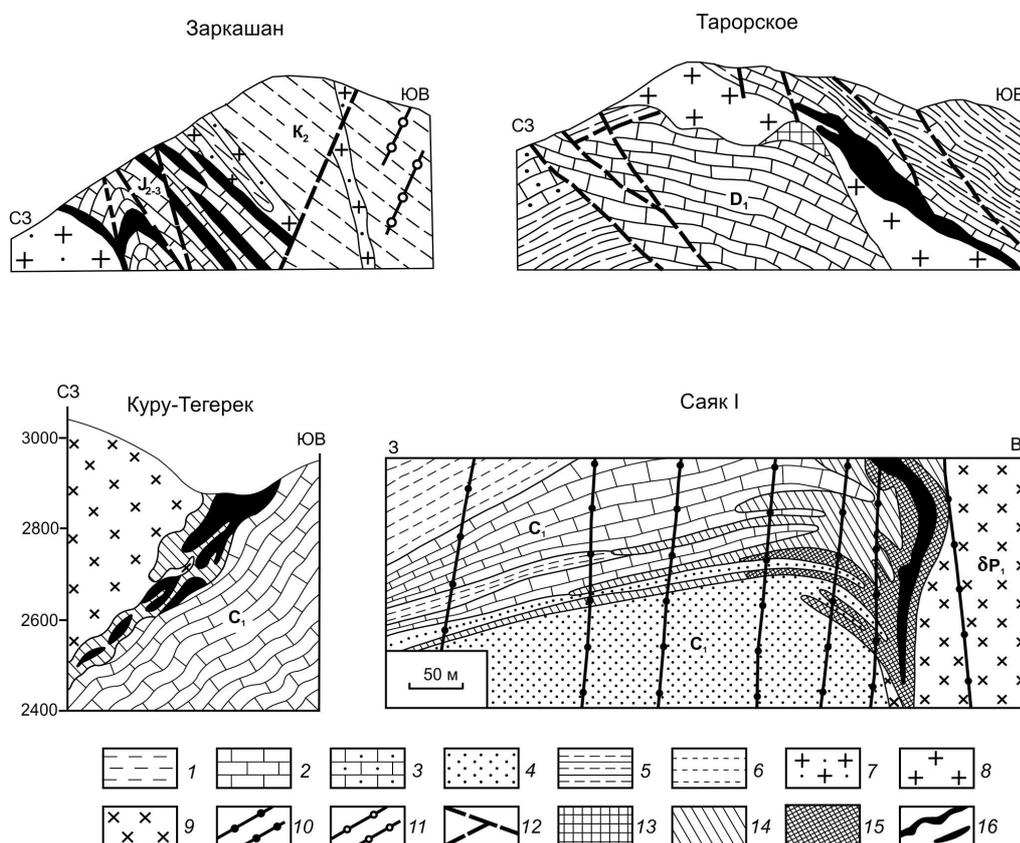


Рисунок – 1. Золото-скарновые месторождения Заркашан, Тарорское, Куру-Тегерек, Саяк
I. Геологические разрезы.

По материалам А.Ф. Коробейникова, Н.А. Блохиной, В.П. Саятина, В.В. Никонорова, Л.А. Мирошниченко и др. [1, 3, 5, 8, 9]:

1 – известняки, гравелиты, конгломераты (Заркашан); 2 – известняки, доломиты, доломитистые известняки; 3 – массивные доломиты и известковистые доломиты (Тарорское); 4 – полимиктовые песчаники (Саяк I); 5 – кремнистые, глинисто-кремнистые, глинистые сланцы с прослоями песчаников и известняков (Тарорское); 6 – туфоалевролиты (Саяк I); 7 – малые интрузивы и дайкообразные тела заркашанского комплекса (гранодиориты, адамеллиты, кварцевые монцониты, монцониты, кварцевые сиениты); 8 – гранитоиды тарорского комплекса (гранодиориты, кварцевые диориты, адамеллиты, монцониты, порфиры и порфириты); 9 – диориты, кварцевые диориты, кварцевые диоритовые порфириты сандалаш-чаткальского и саякского комплексов; 10 – дайки диабазовых и диоритовых порфиритов; 11 – дайки гранит-аплитов, граносиенитов, сиенитов; 12 – разломы; 13 – кварцевые метасоматиты (Тарорское); 14 – сульфидизированные гранатовые, гранат-пироксеновые, пироксеновые скарны (Куру-Тегерек, Саяк I); 15 – золото-медно-молибденовые руды (Саяк I); 16 – скарноворудные тела (Заркашан, Тарорское, Куру-Тегерек), медно-магнетитовые руды (Саяк I)

Известковые скарны ограниченного развития (андрадит, салит, волластонит, магнетит) формировались в послемагматический этап на контакте гранитоидов с мраморами и магнезиальными скарнами. Длина их до 8-12 м, мощность первые метры. Они замещают магнезиальные скарны, а также образуют изолированные тела в горизонтах мраморов.

Золоторудные тела (линзы, слои, залежи), размещенные в серпентинизированных, лиственитизированных, сульфидизированных трещиноватых скарнах, содержат серпентин-лиственит-пирротиную, кальцит-золото-халькопиритовую и халцедон-кальцитовую минеральные ассоциации.

Первая ассоциация представлена серпентином (50-80 %), кальцитом, кварцем, турмалином, эпидотом, пирротином, халькопиритом I и пиритом I. Волокна серпентина содержат реликты форстерита и пироксена. Пирротин ассоциирует с кварцем I, кальцитом I, халькопиритом и пиритом. Зерна пирита обрамлены халькопиритом I. Турмалин I и эпидот слагают тонкие (1-8 мм) прожилки в скарне. Кальцит-золото-халькопиритовая ассоциация образует вкрапления, прожилки, цемент в брекчированных скарнах и лиственитах. Минералы данной ассоциации – самородное Au, халькопирит II, борнит, пирит II, кальцит II, кварц II, турмалин II, хлорит, тальк. Самородное золото – тонкодисперсные выделения в халькопирите, крючки и неправильные зерна размером 0,01-2,0 мм в жилах кварца, пирите II, на стыках кристаллов халькопирита II, кальцита, серпентина, талька, турмалина. В сплошных халькопиритовых рудах, локализованных в флогопитовых метасоматитах и окварцованных мраморах, содержания Au достигают 245 г/т. Пробность Au 910-920‰.

Таблица – Золото-скарновая формация Центральной Азии

Субформация	Примеры месторождений	Возраст формирования	Полезные компоненты	Ресурсы: К – крупные, С – средние, М – мелкие
Магнезиальная	Заркашан (Афганистан)	K ₂	Au, Cu	С, М
Магнезиально-известковая	Куру-Тегерек (Кыргызстан)	C ₂	Au, Cu, Ag, Pt, Pd, волластонит	К
	Тарорское (Таджикистан)	C ₂₋₃	Au, Cu, Ag	К
Известковая	Саякское поле (Казахстан)	P ₁	Au, Cu, Ag, Mo, Co, B	С (возможно, К)
	Кичисандык, Алтын-Джилга, Аугул (Кыргызстан)	P ₁	Au, Cu, Ag, Zn	С
	Ешкеольмес, Узунбулак, Кызылкель, Тохтонысай (Казахстан, Кыргызстан)	O ₂₋₃ , O _{3-S}	Au, Cu, Ag, W, Bi	С, М

	Синюхинское (Россия)	От Pz ₁ до Mz	Au, Cu (Pt, Pd)	С
Скарново-магнетитовая	Коммунарское поле (Россия)	F ₃ -O	Au, Fe, возможно платиноиды	С
	Хантауское (Казахстан)	O ₃	Au, Cu, Fe, Ag	К
	Баксинское (Казахстан)	O ₃	Au, Cu, Fe, Ag	М

Мелко- и крупнозернистый кальцит, ассоциирующий с кварцем, турмалином и сульфидами, цементирует обломки измененных скарнов. Кварц-кальцит-халькопиритовые просечки мощностью до 1-2 см пересекают серпентин-пирротиновые скопления и ранний кварц. Хлорит развит по зальбандам кварц-карбонатных жил. Чешуйки талька приурочены к стыкам зерен кальцита и рудных минералов.

Халцедон-кальцитовая безрудная ассоциация, включающая халцедон (до 90 %), кальцит III, хлорит II, пирит III, выполняет гнезда и прожилки, наложенные на ранее образованные минеральные агрегаты. В зоне окисления отмечаются гипергенное Au, гетит, арагонит, халькозин, самородная Cu, куприт, тенорит, малахит, азурит, хризоколла.

Наиболее представительные объекты **магнезиально-известковой субформации** – крупные месторождения Куру-Тегерек в Кыргызстане и Тарорское в Таджикистане [1-3, 5, 16]. Скарноворудное *месторождение Куру-Тегерек* находится в Чаткало-Сандалашской структурно-формационной зоне, в тектоническом блоке, сложенном карбонатными отложениями нижнего карбона. Месторождение приурочено к синклинальной складке, прорванной штоками кварцевых диоритовых порфиров и биотит-роговообманковых порфиридных диоритов и дайками кварцевых порфиров, гранит-порфиров, лампрофиров, аплитов среднекаменноугольного возраста. Аксессуары – магнетит, гранат,

апатит, сфен, циркон, муассанит, пирит, ильменит, гематит, ортит. Среднее содержание золота в порфиридных диоритах 1,2 мг/т, диориты ядерных частей штоков имеют повышенный фон Au (среднее 4,0 мг/т). Интрузивные тела содержат прожилково-вкрапленную Cu-Mo минерализацию, кварц-халькопиритовые и кварц-молибденитовые жилки.

Скарновые залежи ленто- и подковообразной форм окаймляют интрузивные штоки (рис. 2). Минералы магнезиальных скарнов: фассаит, форстерит, флогопит, брусит. Флогопит-пироксеновый агрегат содержит включения шпинели и клиногумита. Протяженность магнезиальных скарнов до 800-1000 м, мощность от первых десятков метров до 100-150 м. Известковые скарны, наложенные на магнезиальные, представлены пироксеновыми, гранат-пироксеновыми, гранат-волластонитовыми, пироксен-гранат-магнетитовыми разновидностями.

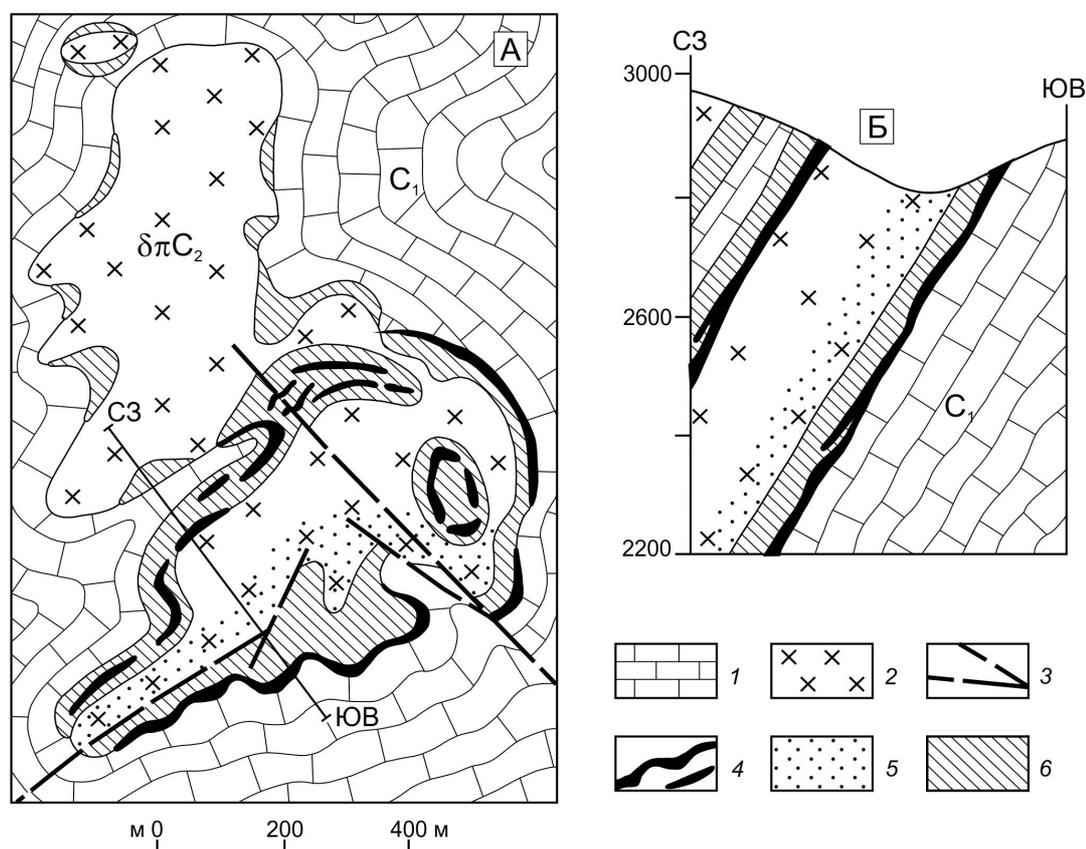


Рисунок – 2. Золото-медно-скарновое месторождение Куру-Тегерек в Кыргызстане.

Схема геологического строения (А) и геологический разрез (Б), по [3]:

1 – известняки, мраморизованные известняки нижнего карбона; 2 – интрузивы кварцевых диоритовых порфиритов, порфиридных диоритов среднего карбона; 3 – разломы; 4 – золото-медные скарноворудные тела; 5 – жильно-прожилковая и прожилково-вкрапленная медно-молибденовая минерализация; 6 – гранат-пироксеновые скарны

Прожилково-вкрапленное золото-сульфидное оруденение локализовано в лиственитизированных магнезиальных и известковых скарнах. Рудные тела имеют протяженность до 500-850 м, мощность 2,8-38,6 м, вертикальный размах до 900 м. Основным концентратором Au является халькопирит-пирротиновая ассоциация, представленная массивными линзами, гнездами, вкраплениями, системами прожилков в измененных скарнах. Подчиненное значение имеют кварцевые и кварц-кальцитовые жилы с молибденитом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом. Ограниченно распространены поздние прожилки кварца и кальцита, содержащие галенит и киноварь.

Золотоносные руды, по Т.С. Тимофеевой, содержат самородное Au, халькопирит, пирротин, борнит, сфалерит, галенит, арсенопирит, тетрадимит, висмутин, теллуровисмутит, самородные Bi и Cu, леллингит, глаукоdot, зигенит, кобальтин, саффлорит, герсдорфит, никелин, хлоантин, раммельсбергит, ульманит, дигенит, вюртцит, шеелит, касситерит, молибденит, гессит, тетраэдрит, джемсонит и другие минералы.

Золото тонкодисперсное и мелкое, присутствует в виде нитей и проволочек в халькопирите, реже в пирротине. Содержания Au в халькопирите 9-17 г/т. Иногда Au отмечается в трещинках пироксенов и гранатов. Размер наиболее крупных золотинок 0,03-0,10 мм, пробность 840-980 ‰. В окисленных рудах Au находится в форме комочков, дендритов, стяжений в ассоциации с лепидокрокитом, гетитом, малахитом, самородной медью.

Месторождение Куру-Тегерек содержит минералы Pt и Pd: порпечит, сперрилит, поликсен, нигглиит, потарит [16]. Порпечит образует дендриты, проволочки, пленки, комочки, кубические и октаэдрические кристаллы размером 0,1-1,0 мм. Сперрилит – гнезда и скопления размером до 2,0 мм в окварцованных скарнах в ассоциации с троилитом, поликсом, куперитом, потаритом, порпечитом и самородным золотом. Поликсен встречен в виде кубических кристаллов размером до 1,0 мм в сочетании с порпечитом, сперрилитом и куперитом. Нигглиит наблюдается в пленках, крючковатых и удлинённых образованиях в халькопирите, пирите и арсенопирите. В молибдените фиксируются неправильные выделения и идиоморфные кристаллы потарита до 0,2 мм. В сульфидизированных скарнах определены содержания Pt до 0,1-1,0 г/т и Pd до 0,17-0,50 г/т.

Куру-Тегерек – комплексное месторождение (Au, Cu, Mo, Ag, Pt, Pd, волластонит) с недоизученными флангами и глубокими горизонтами. Запасы месторождения категории C₁+C₂ составляют (в скобках среднее содержание металла): Au 97,3 т (0,56 г/т), Cu 1022 тыс. тонн (0,60 ‰), Ag 372 т (2,15 г/т). В зоне окисления (глубины 0-60 м) сконцентрированы Au 8,68 т (1,92 г/т), Cu 37,7 тыс. т (0,84 ‰), Ag 21,8 т (4,83 г/т) [3].

Скарноворудное *месторождение Тарорское* находится в Таджикистане, в Зеравшано-Гиссарской металлогенической зоне. Терригенные, карбонатные и кремнистые осадки палеозоя (S-C) смяты в складки и разбиты на блоки серией разрывов, сбросо-сдвигов, сбросов субширотного, северо-западного и северо-восточного направлений. Тарорская антиклиналь в ядре сложена карбонатными породами, на крыльях терригенными. Тарорский пластообразный интрузив, полого погружающийся на юго-восток, выполняет замковую часть складки (см. рис. 1). Он представлен амфибол-биотитовыми

гранодиоритами, кварцевыми диоритами, монцонитами, адамеллитами, порфирами и порфиритами. Преобладают порфиroidные гранодиориты со средним содержанием Au 5,0-5,3 мг/т. Порфирокристы – плагиоклаз, биотит, роговая обманка, пироксен, реже кварц, ортоклаз. Основная масса сложена плагиоклазом, калишпатом, кварцем, биотитом, роговой обманкой. Акцессории – гранат, магнетит, апатит, циркон, сфен, ортит, монацит, турмалин, корунд, шеелит, рутил, пирит, арсенопирит, самородное Au, киноварь.

Скарноворудная залежь расположена в висячем боку интрузива. Простирается ее северо-западное 305° , падение на юго-запад $30-50^\circ$, мощность до 80-100 м. Главные минералы магнезиальных скарнов – диопсид, форстерит, шпинель, второстепенные и редкие – брусит, флогопит, клиногумит, доломит, кальцит, магнетит, людовигит. Короткопризматический диопсид замещен тремолитом, серпентином, тальком. Реже встречаются кальцифиры с форстеритом, шпинелью, диопсидом, людовигитом. Известковые апомагнезиальные скарны представлены гроссуляр-андрадитом, диопсид-геденбергитом, везувианом; послескарновые метасоматиты – тремолит-актинолитом, антигоритом, эпидотом, кварцем, амезитом, тальком, доломитом, хризолитом, альбитом, хлоритом, серицитом, кальцитом, скаполитом, пренитом.

Гранитоиды альбитизированы, калишпатизированы, березитизированы, сульфидизированы. Интенсивность березитизации усиливается к эндоконтакту. Выделяются зоны: неизменный гранитоид – слабо измененный гранитоид (плагиоклаз, биотит, роговая обманка, кварц, новообразованные серицит и хлорит) – березитизированный гранитоид (дополнительно появляются доломит и пирит) – березит (кварц, серицит, доломит, хлорит, пирит). Березитизация сопровождалась десилификацией гранитоидов и привнесом CO_2 , K, S, As, Fe, Au и других компонентов. Золото-сульфидно-кварцевые и кварц-карбонатные жилы и прожилки, отороченные калишпатом, пересекают березитизированные породы. Гранитоиды на контакте со скарнами местами изменены до кварцевого метасоматита. Процесс березитизации происходил при $550-450^\circ\text{C}$.

Скарноворудные тела имеют длину до первых сотен метров (максимально 1000 м), мощность 4,0-22,5 м, вертикальный размах до 500-600 м. Средние содержания по объекту: Au 5,5 г/т, Cu 0,8 %, Ag 180 г/т, Bi 200 г/т, Se 66 г/т, Te 14 г/т, As первые % [1]. Минеральные ассоциации (по Н.А. Блохиной): 1) кварц-шеелитовая, 2) кварц-молибденитовая, 3) ранняя сульфидная (тонкодисперсное Au, кварц, леллингит, арсенопирит, пирит I, марказит), 4) поздняя сульфидная (самородное Au, пирротин, халькопирит I, кубанит, борнит, сфалерит I, пирит II), 5) золото-висмут-теллуридная (самородные Au и Bi, халькопирит II, висмутин, тетрадимит), 6) серебро-сульфосолюно-сульфидная (сфалерит II, станнин, фаматинит, галенит, тетраэдрит, бурнонит, бертьерит, джемсонит, буланжерит, гудмундит, халькопирит III, штернбергит, полибазит, пираргирит, электрум, самородные Au и Sb), 7) кальцит-антимонитовая, 8) гематитовая. Температуры формирования ассоциаций (по С.А. Морозову): ранняя сульфидная $350-250^\circ\text{C}$, поздняя сульфидная $350-200^\circ\text{C}$, серебро-сульфосолюно-сульфидная $250-200^\circ\text{C}$. На Au продуктивны третья-пятая ассоциации, меньше шестая.

Золото представлено тонкодисперсной и видимой формами. Основная масса Au заключена в халькопирите, блеклой руде, пирите, арсенопирите, пирротине, кубаните, галените, джемсоните. Преобладает пылевидное Au (10-30 мкм). В скарнах с богатой

висмута-теллуридной минерализацией размер золотин достигает 0,10-0,25 мм. Формы выделений Au – каплевидная, овальная, удлинённая, крючковатая, пластинчатая, проволочковая, интерстициальная. Пробность Au в ранних парагенезисах 718-865‰, в серебро-сульфосолюно-сульфидной ассоциации 470-580‰. Снизу вверх по восстанию залежи размер золотин увеличивается, а пробность снижается.

Элементы-индикаторы месторождения Тарорское: Au, As, Cu, Bi, Te, Se, Ag, Sb, Hg, Pb, Zn, W, Mo, Sn, Ni, Co и др. По И.И. Неделько, рудные тела сопровождаются геохимическими ореолами различной интенсивности. Для верхнерудного и надрудного среза характерны Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Hg. На среднерудном уровне широкие и контрастные ореолы образуют Au, Bi и As. На нижнерудном и подрудном уровнях преобладают ореолы W, Mo и Co.

Известковая субформация. В месторождениях данной группы преобладают гранатовые, пироксеновые, гранат-пироксеновые, волластонитовые, гранат-волластонитовые скарны при отсутствии или резко подчинённой роли магнезиальных и магнетитовых скарнов. Примеры месторождений: в России – Синюхинское, в Казахстане – Саякское поле, Ешкеольмес, Узунбулак, в Кыргызстане – Кичисандык, Алтын-Джилга, Кызылкель, Насоновское, Аугул, в Западном Узбекистане – Рабинджан [2-5, 7-9, 11, 13, 14 и др.].

Полный представитель известковой субформации в Казахстане – *Саякское скарноворудное поле*, находящееся в Северном Прибалхашье на территории одноименной грабен-синклинали размером 60x30 км, сложенной известняками, разномерными граувакками, полимиктовыми песчаниками, туфопесчаниками, алевролитами, туфоалевролитами, конгломератами нижнего-среднего карбона. Прослойки и горизонты карбонатных пород слагают в верхней части разреза выдержанную тастыкудукскую свиту. С образованиями свиты и рвущими их диорит-гранодиоритами саякского комплекса сопряжены скарны, гидротермалиты и комплексное оруденение Саякского поля [4, 7-10].

Саякский интрузивный комплекс нижнепермского возраста состоит из мелких штоков габбро и диоритов, крупных тел гранодиоритов и диоритов, редких поздних биотит-роговообманковых гранитов. Интрузивы и вмещающая рама насыщены дайковыми образованиями (в порядке внедрения): аплиты, диабазовые и диоритовые порфириды, кварцевые диорит-порфириды, гранодиорит-порфиры, спессартиты.

Гидротермалиты Саякского поля подразделяются на скарноиды, ранние калишпатоиды, альбититы, скаполитовые и актинолитовые породы, известковые скарны, магнетитовые тела, эпидозиты, поздние калишпатоиды, березиты, турмалиновые и аксинитовые образования, кварц-кальцит-хлоритовые и апофиллит-цеолит-карбонатные изменения (Л.А. Мирошниченко, В.И. Фомичев, Г.П. Бурдуков, Н.Т. Кулкашев и др.). Широко распространены скарны гранатового (гроссуляр-андрадит), пироксенового (диопсид-салит) и переменного гранат-пироксенового состава и эпискарновые образования: пропилиты, актинолитовые и кварц-кальцит-хлоритовые породы.

В интрузивах проявлены березиты и пропилиты с Au-Cu-Mo прожилково-вкрапленной минерализацией, кварцевые и кварц-турмалиновые жилы, в экзоконтактовой скарновой зоне – Au-Cu-Mo залежи с Co, Ag, Fe и другими компонентами (Саяк I, Саяк III, Саяк IV,

Тастау), в карбонатных породах – боросиликаты. На месторождении Саяк IV выделяются четыре рудно-метасоматические зоны (от контакта интрузива к периферии): внутренняя гранат-пироксеновая золото-виттихенит-молибденит-борнит-халькопиритовая, средняя эпидот-актинолитовая золото-висмут-халькопирит-пирротиновая, внешняя кварц-кальцит-хлоритовая золото-герсдорфит-арсенопирит-кобальтиновая и жильная кварц-кальцит-хлоритовая галенит-сфалеритовая.

Внутренняя зона (контакт карбонатных пород с гранодиоритами) сложена гранатовыми и пироксен-гранатовыми скарнами с линзовидными скоплениями магнетита и обильной сульфидной минерализацией. Руды представлены халькопиритом, борнитом, молибденитом, самородным золотом. Халькопирит и борнит содержат включения гессита, виттихенита, галенита, сфалерита, блеклой руды, эмплектита, клапротолита, реже сильванита, креннерита, калаверита, галеновисмутита, козалита, матильдита, бенжаминита, буланжерита, антимонита, станнина, шеелита. Самородное золото отмечается в борните, реже халькопирите, виттихените, гессите и эмплектите. Оно представлено прожилками, зернами, овальными выделениями размером до 0,1-1,0 мм, образует тончайшие каемки вокруг зерен виттихенита и эмплектита и каплевидные включения в гессите. Пробность золота 550-880%. Широко распространены теллуриды Au и Ag (гессит, сильванит, креннерит, калаверит), образующие сростания с эмплектитом, виттихенитом, клапротолитом.

Средняя эпидот-актинолитовая золото-висмут-халькопирит-пирротиновая зона отличается повышенной концентрацией благородного металла. Она охватывает поле актинолитизированных скарнов, удаленное от интрузива на 0,35-1,50 км. С этими метасоматитами совмещены халькопирит-пирротиновые руды, содержащие айкинит, энаргит, пирит, марказит, кубанит, тетрадимит, теллуrowисмутин, эмплектит, люционит, фаматинит, сфалерит, галенит. Нерудные минералы – кварц, кальцит и хлорит. Свободное Au встречается в пластинках, округлых и вытянутых зернах в ассоциации с халькопиритом и гесситом. Размер золотинок до 0,01-0,2 мм, пробность 750-820%.

Внешняя кварц-кальцит-хлоритовая золото-герсдорфит-арсенопирит-кобальтиновая зона располагается на расстоянии 0,4-2,2 км от гранитоидного массива. Она представлена ранней высокотемпературной минеральной ассоциацией, включающей самородное Au, кобальтин, арсенопирит, герсдорфит, глаукоdot, саффлорит, пирит, смальтин, линнеит, зигенит, полидимит, никелин, ульманит, леллингит, маухерит, раммельсбергит, брейтгауптит, рипидолит, железистый хлорит, кальцит, кварц. Золото двух генераций. Высокопробное (990‰) самородное Au I с размером зерен от 7 мкм до 0,15 мм концентрируется в кварцево-кальцит-хлоритовых породах среди реликтов граната, актинолита и по зальбандам кварц-халькопирит-кобальтиновых прожилков. Вторая более распространенная разновидность ассоциирует с глаукоdotом, герсдорфитом и саффлоритом.

Жильная кварц-кальцит-хлоритовая галенит-сфалеритовая зона размещается в окварцованных песчаниках и туфопесчаниках, перекрывающих рудоносные скарны.

Скарноворудные залежи Саяка I в разрезе имеют своеобразную пламевидную, факелообразующую форму (см. рис. 1). В зоне эндо- и экзоконтакта развиты

крутозалегающие золотоносные халькопирит-магнетитовые тела и удлиненные золото-молибденово-медные линзы, которые в карбонатно-терригенной толще сменяются пластовыми Au-Cu залежами субгоризонтального залегания и гранатовыми скарнами.

В Саякском поле распространены руды нескольких типов: медные, медно-золотые, медно-золото-молибденовые, золото-кобальтовые, кобальтовые, борные. Рудные тела имеют протяженность до 800-1200 м, мощность от первых метров до первых десятков метров. На месторождениях Саяк I, Саяк III и Тастау средние содержания элементов составляют: Cu 2,5, 3,0, 1,4 %, Au 1,0, 1,0, 0,6 г/т, Ag 18, 20, 10 г/т, Mo 0,01, 0,005, 0,003 %. Средние содержания на Саяке IV: Au 7,3 г/т (максимально 112 г/т), Co 0,12-0,2 % (максимально 4,0 %), бора 2,19 %; попутные компоненты: Cu 0,05-0,1 %, Zn до 0,2 %, Mo и Bi до 0,05-0,07 %, Ag 1,4-14,0 г/т, Ni до 0,02 %. Концентрация As первые % (до 12,9 %) [4, 8].

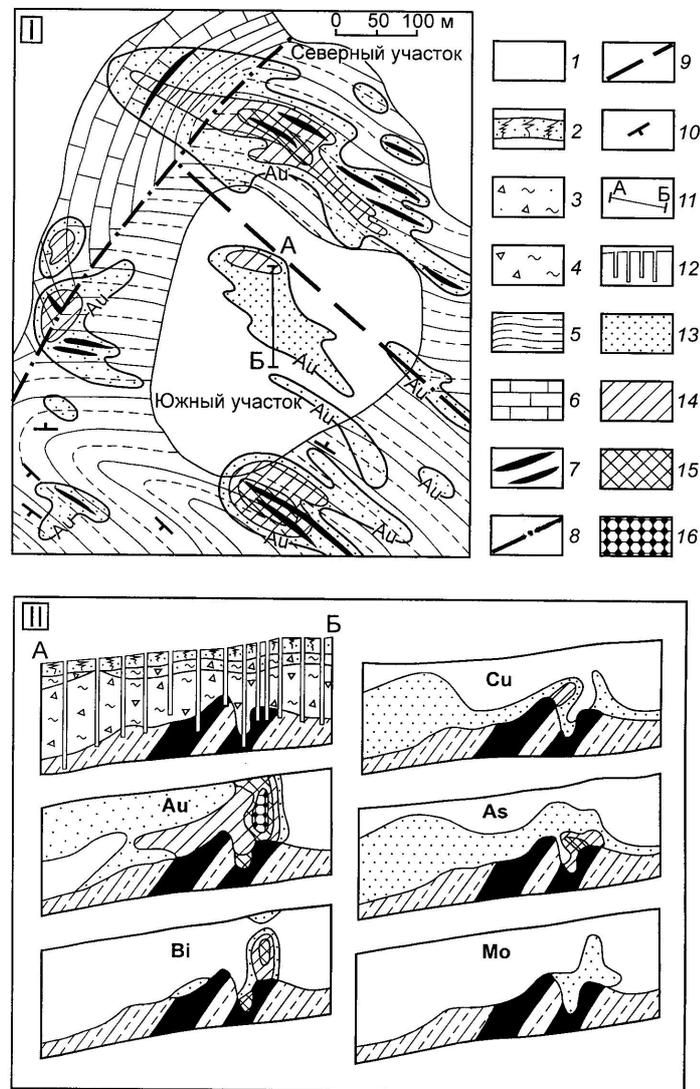


Рисунок – 3. Золото-скарновое месторождение Узунбулак в Южном Казахстане (Заилийский Алатау).

Геологическая схема (I) и геологический разрез по линии А-Б (II), по М.С. Рафаиловичу, В.И. Данилову:

1 – фрагменты горно-лугового ландшафта с повышенной (до 3-5 м) мощностью рыхлого покрова; 2 – черноземные бесщелебистые почвы с корневой системой трав горно-лугового типа; 3 – делювиальные супеси, суглинки, пески с щебенкой терригенных пород; 4 – элювиально-делювиальные глины с частой щебенкой терригенных пород и скарнов; 5-6 – породы среднего ордовика: 5 – переслаивание алевролитов и песчаников, 6 – известняки; 7 – тела золото-висмутоносных гранат-пироксеновых скарнов; 8-9 – разломы: 8 – достоверные, 9 – предполагаемые; 10 – элементы залегания слоистых пород; 11 – линия геологического разреза; 12 – шурфы; 13-16 – вторичные геохимические ореолы: 13 – Au 5-15 мг/т, Bi 2-20 г/т, Cu 0,01-0,02 %, As 0,01-0,03 %, Mo 3-6 г/т, 14 – Au 15-50 мг/т, Bi 20-40 г/т, Cu 0,02-0,05 %, As 0,03-0,10 %, 15 – Au 50-150 мг/т, Bi 40-100 г/т, As 0,10-0,30 %, 16 – Au 150-500 мг/т

На месторождениях известковой субформации нередко развита высокопродуктивная зона окисления (содержания Au сотни-первые тысячи г/т). Такие объекты представляют практический интерес даже при небольших параметрах рудных тел. Примером может служить золото-скарновое *месторождение Узунбулак*, расположенное в Южном Казахстане (Зайский Алатау, Кастекский район). Площадь месторождения сложена флишоидными отложениями среднего ордовика (алевролиты, алевропелиты, песчаники, известняки). В южной части месторождения флишоиды смяты в локальную антиклинальную складку (Южный участок) (рис. 3). На западном фланге в составе осадочных пород преобладают известняки. Месторождение находится в зоне контактового ореола гранитного плутона верхнепалеозойского возраста. Интрузивный массив, выходящий на поверхность восточнее месторождения, полого (40-55°) погружается под месторождение Узунбулак. В экзоконтактовом ореоле массива развиты дайки диоритов и аплитов. Граниты порфиридные калишпат-биотит-роговобманковые. Для даек характерно как согласное, так и секущее залегание в осадочных породах. Площадь месторождения разломами нескольких направлений разбита на серию тектонических блоков.

Золотоносные гранат-пироксеновые скарны сосредоточены в южном и северном тектонических блоках (Южный и Северный рудные участки). Протяженность скарновых тел от первых десятков метров до 500-600 м, мощность от 0,3-1,0 м до 15-20 м. Скарны имеют гранобластовую структуру и массивную текстуру. Гранат и пироксен местами замещены послескарновыми эпидотом, альбитом, скаполитом, кальцитом. Основные рудные минералы – самородное золото, пирит, висмутин, халькопирит, подчиненные – пирротин, молибденит, галенит. Элементы-спутники золота: Bi, Ag, Cu, As, Sb, Pb, Zn, Mo, W, Co. Среднее отношение Au/Ag 1:6. Золото в рудах положительно коррелирует: на Северном участке с Bi, Ag, Sb, Zn, на Южном участке с Bi, Ag, Cu, W. По геолого-геохимическим данным Северный участок имеет надрудно-верхнерудный эрозионный срез, Южный участок – средне-верхнерудный. Месторождение изучено только с поверхности; содержания золота в поверхностных горных выработках составляют:

Северный участок – десятые доли г/т-первые г/т (мощность рудных пересечений до 10-12 м), Южный участок – от 0,5-3,0 г/т до 800-1500 г/т (на мощность 0,3-1,5 м).

Богатые золоторудные тела отмечаются в зоне окисления Южного участка. Окисленные руды представляют собой интенсивно лимонитизированный губчато-пористый агрегат буровато-желтого, охристого цвета с частыми пустотами выщелачивания сульфидов. Минералы зоны окисления: гидрогематит, гематит, гетит, бисмутит, самородное золото, ярозит, малахит, азурит, хризоколла (рис. 4). Вторичные минералы железа, составляющие основную массу зоны окисления, подразделяются на лимониты замещения и лимониты заполнения. Первые представлены гидрогематитом, гематитом и гетитом с натечно-скорлуповатой, ячеистой, пористой и губчатой текстурами и агрегатами зонально-колломорфного строения. Лимониты заполнения образуют плотные и охристые разности. Плотные разности слагают оторочки вокруг пустот выщелачивания и выделений гематита и гидрогематита. Охры заполняют пустоты выщелачивания сульфидов и слагают пленки по стенкам трещин. Реже отмечаются лимонитизированные сыпучки. Видимое гипергенное золото присутствует в лимонитах обоих типов.

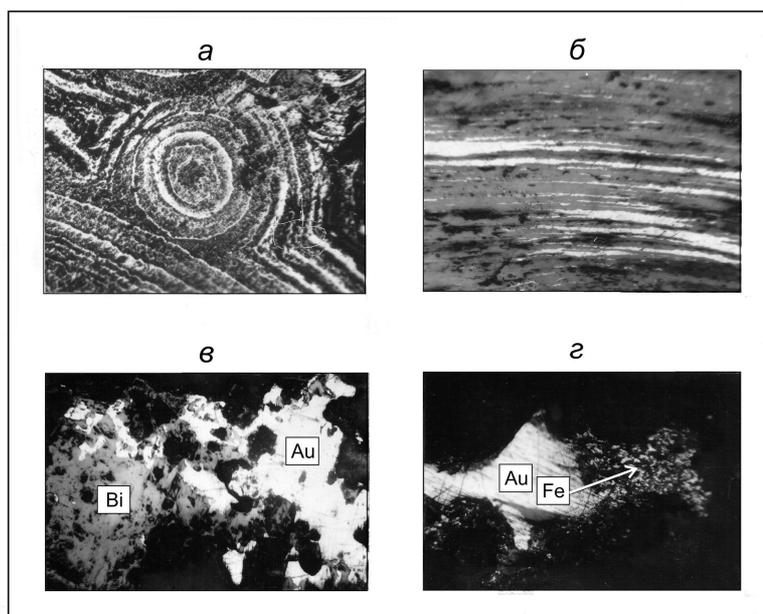


Рисунок – 4. Месторождение Узунбулак. Минералы-индикаторы зоны окисления, по М.С. Рафаиловичу:

а – зонально-колломорфные стяжения гематита и гидрогематита; *б* – реликты гипогенного висмутина (белое) в бисмутите (серое); *в* – сросток гипергенного золота (Au) и бисмутита (Bi); *г* – гипергенное золото (Au) в парагенезисе с губчато-пористым лимонитом (Fe); *а* – увел. 70; *б, в, г* – увел. 200

В зоне окисления широко распространены вторичные висмутовые минералы (две генерации). Первая генерация – зеленовато-серый, желтовато-серый бисмутит, содержащий примеси, г/т: Ag 10000, Pb 5000, Cu 300, As 100, Sb и Ni 50, Mo 4. Вторая генерация – черно-бурый рентгеноаморфный недиагностированный висмутовый минерал,

образующий листоватые слюдоподобные выделения размером от долей мм до 1-2 мм. Минерал легко расщепляется на пластинки по плоскостям совершенной спайности, содержит реликты белого, светло-серого гипогенного висмута и пленки самородного золота. Примеси, г/т: Au 1000, Pb 10000, Ag 300, Sb 300, As 100.

Вторичные медные минералы (хризоколла, малахит, азурит) образуют примазки, пленки, колломорфно-почечные выделения в лимонитах.

Гипергенное самородное Au ассоциирует с гидроокислами и окислами железа и вторичными висмутовыми минералами. Металл концентрируется в трещинках, кавернах, пустотах выщелачивания, формы его выделений – жилки, пластинки, комки, дендриты, проволочки, пробность 840-960%, примеси в самородном Au, г/т: Ag 1000, Bi 100, Pb 1000. Размеры золотин от десятков мкм (окисленные рядовые руды) до 3-5 мм (богатые руды).

Месторождение Узунбулак не изучено ни на флангах, ни на глубину. Рудные зоны Южного и Северного участков необходимо оценить несколькими профилями поисковых скважин до глубины 200-300 м. Заслуживает детального изучения площадь между Южным и Северным участками, перекрытая субальпийскими лугами с повышенной (до 3-5 м) мощностью рыхлых отложений. Этот ландшафт характеризуется следующим разрезом (от коренного плотика к поверхности, в скобках мощность в м): 1) зеленовато-серые комковатые обводненные элювиально-делювиальные глины с частой щебенкой алевролитов, песчаников, роговиков и скарнов (от 0,5 до 3,5-4,0); 2) делювиальные серые, серовато-бурые суглинки, супеси, пески с щебенкой терригенных пород (до 1,0-1,5), 3) черноземные практически бесщебенистые почвы с хорошо развитой корневой системой трав горно-лугового типа (0,2-1,0). В данном ландшафте развиты вторичные ореолы золота и его спутников, сформировавшиеся при выветривании апикальных частей двух погребенных скарноворудных тел. Ореол Au – главного компонента руд – имеет максимальные (по отношению к ореолам сопутствующих компонентов) параметры и наиболее высокую контрастность. Внутри него фиксируются два сгущения с повышенными концентрациями (Au 0,05-0,5 г/т), одно из которых отмечается над рудным телом в виде столба, секущего разрез рыхлых отложений, а второе приурочено к приплотиковой части локального понижения поверхности скального фундамента.

Ореолы Bi характеризуются размерами, сопоставимыми с размерами самих рудных тел. Контуры повышенных его содержаний (десятки г/т) повторяют таковые золота. В черноземных почвах отмечается скачкообразное снижение содержаний висмута (до минимально аномальных).

Своеобразие ореолов Cu (0,01-0,05 %), As (0,01-0,3 %) и Mo (3-6 г/т) заключается в их «слепом» залегании под горизонтом черноземных почв [11]. Мощность (высота) ореолов Cu и As увеличивается, а содержания элементов в них снижаются при удалении на 60-80 м вниз по склону от рудных тел.

Длительное формирование горно-лугового ландшафта и некоторые его особенности (неоднородное строение, повышенная мощность, экранирующий горизонт черноземных почв) определяют необходимость дифференцированного подхода к проведению геохимических работ в высокогорных районах Заилийского Алатау. При поисках

золотоносных скарнов в пределах обнаженных частей горного рельефа (водоразделы, склоны южной экспозиции) необходимо ориентироваться на традиционную золотометрическую съемку по вторичным и первичным ореолам. В перспективных участках с горно-луговым ландшафтом, перекрывающем коренные породы (понижения рельефа, склоны северной экспозиции), следует применять глубинные литохимические поиски с проходкой шурфов по сети 200-100x50-25 м с опробованием стенок и коренного плотика [11]. По результатам анализов коренных и рыхлых проб, наряду с картами моноэлементных ореолов, рекомендуется составлять карты и разрезы золотопродуктивных ассоциаций, позволяющие локализовать скарноворудные тела и предсказывать их склонение.

Скарново-магнетитовая субформация. Скарново-магнетитовые месторождения представляют интерес как источник благородных металлов. Ряд железорудных объектов Сибири, по А.Я. Булынникову, Н.А. Фогельман, А.Ф. Коробейникову, Ю.Г. Щербакову, содержат золото-сульфидно-кварцевые штокверки, кварцевые жилы, золото-сульфидные тела промышленного значения (Казское, Сухаринское, Коммунарское поля в Горной Шории и Кузнецком Алатау). В скарново-магнетитовых месторождениях Абакан, Маргозское, Рудный Каскад, Самсоновское, Березовское в Красноярском крае выделяются зоны сульфидизации мощностью до десятков метров с весовыми, иногда ураганскими содержаниями Au [17].

В Казахстане золотоносные скарново-магнетитовые руды отмечаются на месторождениях Хантауское, Баксинское, на некоторых объектах Саякского рудного района. Новым для Казахстана является *хантауский золото-медно-железорудный скарновый промтип* [14]. Хантауский золото-медно-железорудный район протяженностью более 40 км и шириной 5-10 км расположен в Шу-Кендыктасском террейне в 100-120 км на юго-восток 160° от месторождения золота Акбакай. Объект открыт в конце 80-х годов прошлого столетия Хантауской партией Казгеофизтреста в процессе глубинного геологического картирования Чу-Сарысуйской депрессии с использованием опережающих геофизических работ (С.И. Шевчук и др.). Рудный район, перекрытый чехлом рыхлых отложений мощностью до 200-300 м, отметился общим повышением магнитного поля и серией линейно вытянутых и изометричных локальных положительных аномалий интенсивностью от 150-200 до 800-1000 нТл, протяженными (до 25-30 км) эндогенными ореолами Au 0,01-0,1 г/т (максимально до первых г/т) и Cu 0,01-0,3 %.

Главная рудоконтролирующая структура – Кордай-Мойынкумская шовная зона северо-западного простирания, содержащая офиолиты, катаклазированные породы, тектонические брекчии, проявления пневмато-гидротермальных процессов (А.В. Смирнов, С.И. Шевчук, М.С. Рафаилович). Ширина зоны от 0,5 км до 2-3 км, падение крутое $75-80^\circ$ на северо-восток.

Домезозойский фундамент района сложен метаморфитами протерозоя, офиолитами кембрия, вулканогенными и интрузивными породами верхнего ордовика, терригенно-осадочными породами D_3-C_1 возраста. Древние отложения представлены гранито-гнейсами, мигматитами, кварц-биотитовыми сланцами, в различной степени

хлоритизированными, альбитизированными, содержащими вкрапления магнетита и пирита.

Эффузивы ордовикского возраста (андезиты, андезитовые и диабазовые порфириты, туффиты) образуют полосу северо-западного простирания шириной до 3-5 км, выполняющую осевую часть Кордай-Мойынкумской зоны смятия. Это темнозеленые или темносерые скрытокристаллические породы с порфировыми выделениями роговой обманки и плагиоклаза, перекристаллизованные, дислоцированные, замещенные пироксеном, гранатом, магнетитом, скаполитом, актинолитом, хлоритом, карбонатом, биотитом, кварцем. Породы имеют повышенный фон Co, Cr, V, Ni, Pb, Ag.

Интрузивные породы кордай-шатыркольского комплекса O₃ возраста (диориты, кварцевые диориты, монцониты, гранодиориты, плагиограниты, граниты) слагают более 70 % площади Хантауского района. Они имеют гипидиоморфнозернистую структуру с размером зерен биотита, амфибола, плагиоклаза, кварца 0,1 мм. Акцессории – магнетит, апатит, вторичные минералы – хлорит, цоизит, альбит, карбонаты. Гидротермальные преобразования, предваряющие формирование золотой и золото-медной минерализации, – калишпатизация и березитизация. Калишпат (микроклин) развивается по плагиоклазу и амфиболу, образуя порфиробласты, пойкилиты, отдельные включения. Березитизированным диоритам свойственна кварц-серицит-мусковит-пиритовая ассоциация.

Хантауское месторождение выявлено при оценке магнитной аномалии, имеющей северо-западное простирание, протяженность 5 км, ширину 0,8-1,5 км, интенсивность от 130 до 1000 нТл (рис. 5). Под чехлом рыхлых отложений мощностью 200-220 м, в зоне смятия пород фундамента, были вскрыты золотоносные гранат-пироксеновые, гранат-пироксен-магнетитовые, пироксен-магнетитовые скарны с обильным халькопиритом. Послескарновые пропилитизация, калишпатизация, березитизация охватывали зону смятия и ее борта, накладываясь на вулканиты, гранитоиды, сланцы, скарнированные породы. С гидротермально-метасоматической стадией связано отложение основного объема самородного Au, Ag, сульфидов, арсенидов, теллуридов, висмутсодержащих минералов.

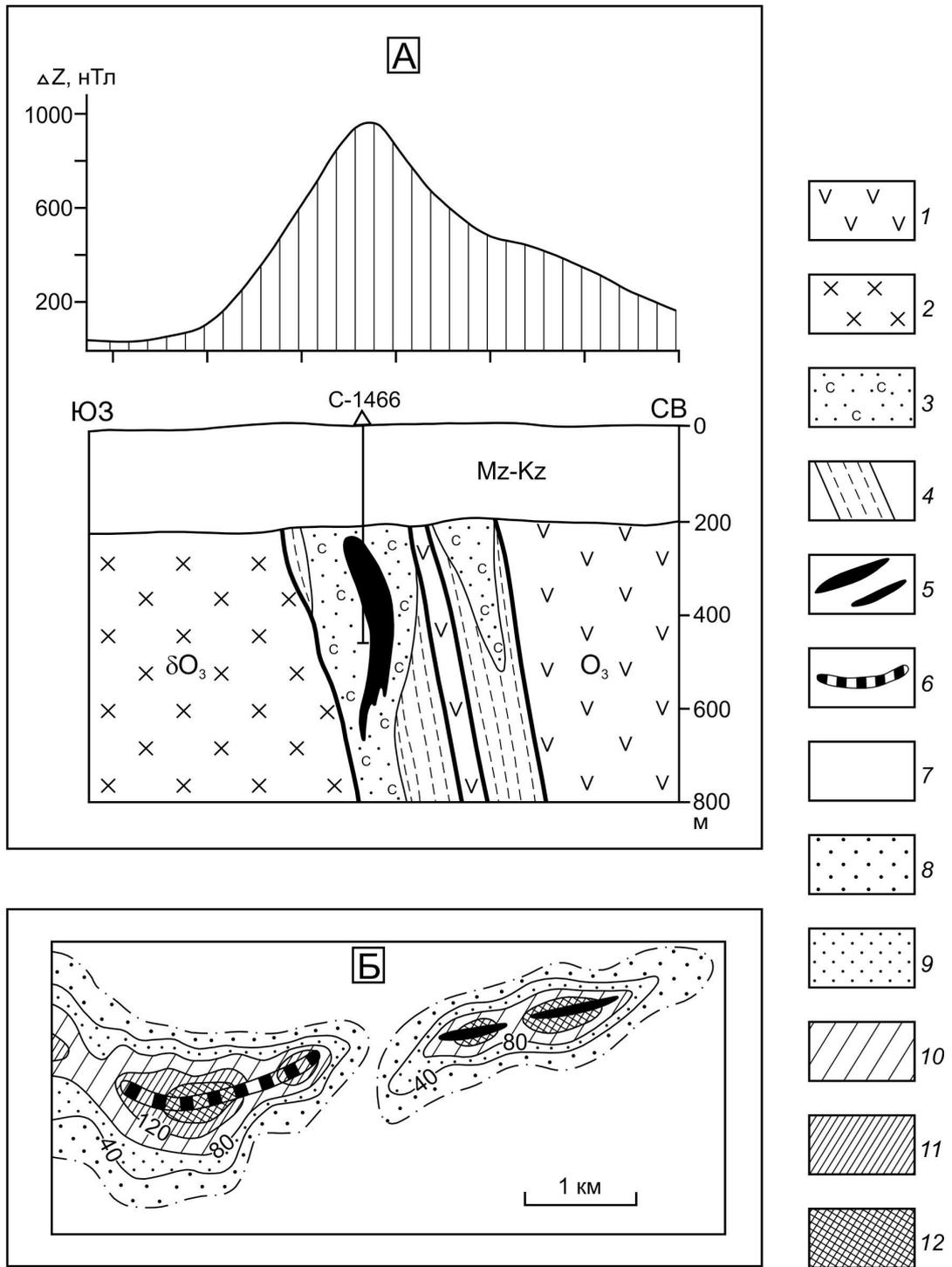


Рисунок – 5. Золото-медно-железорудное месторождение Хантауское. Геолого-геофизический разрез по профилю скв. 1466 (А) и позиция рудных тел в остаточном магнитном поле (Б), по С.И. Шевчуку:

1 – андезитовые и базальтовые порфириды; 2 – диориты, монцониты; 3 – гранат-пироксеновые скарны;

4 – зоны смятия; 5-6 – рудные тела: 5 – установленные по геофизике и подтвержденные бурением, 6 – тело, предполагаемое по магниторазведочным данным; 7-12 – интенсивность остаточных аномалий ΔZ , нТл:

7 – менее 0, 8 – 0-40, 9 – 40-80, 10 – 80-120, 11 – 120-200, 12 – более 200

На месторождении, по геологическим и геофизическим данным, выделены три рудных тела со следующими параметрами (с запада на восток): протяженность 2000, 450 и 800 м, мощность 90-100, 75 и 65 м, глубина залегания верхней кромки 300-400, 350 и 240 м. Рудные тела находят отчетливое выражение в остаточном магнитном поле ΔZ . Восточное рудное тело, вскрытое скв. 1466, имеет стволовую мощность золото-медного интервала 88,0 м при средних содержаниях Au 1,62 г/т и Cu 0,94 %. Стволовая мощность интервала с магнетитовой рудой равна 153,0 м, среднее содержание Fe 43,4 % (рис. 6).

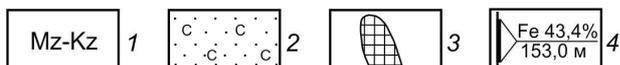
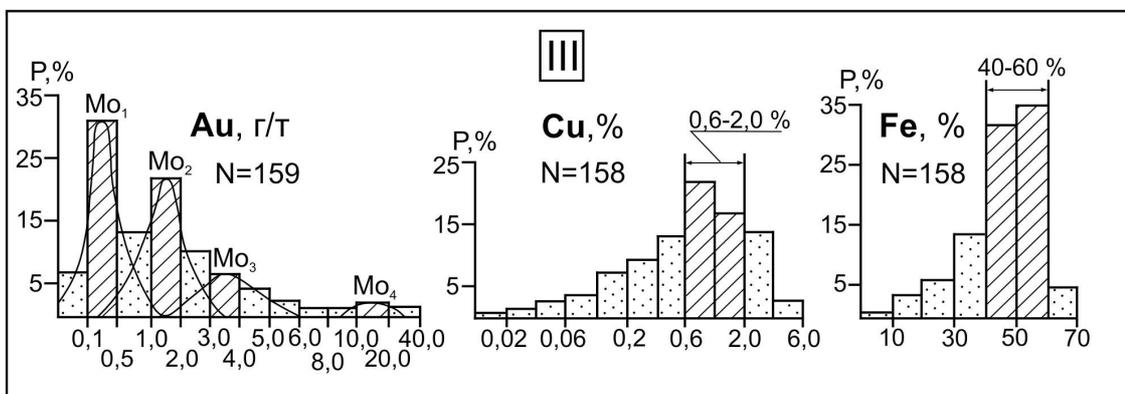
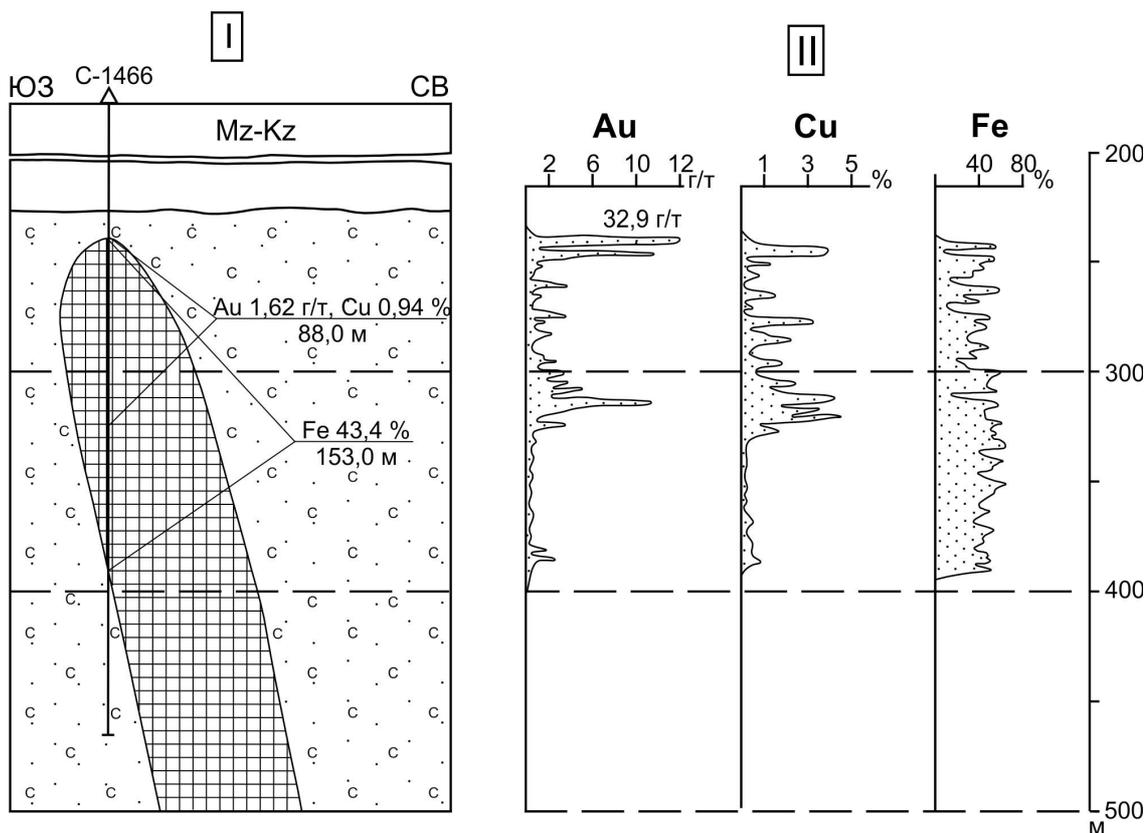


Рис. 6. Главное рудное тело Хантауского месторождения. Геологический разрез (I), распределение Au, Cu и Fe

в скважине С-1466 (II), гистограммы содержаний Au, Cu и Fe (III), по С.И. Шевчуку, М.С. Рафаиловичу:

1 – мезо-кайнозойский рыхлый чехол; 2 – гранат-пироксеновые скарны; 3 – контур рудного тела; 4 – параметры оруденения: в числителе – средние содержания полезных компонентов, в знаменателе – стволовая мощность;

N – количество проб

Минералы-индикаторы – магнетит, халькопирит и самородное золото. Второстепенные – мельниковит-марказит, марказит, пирит, сфалерит, галенит, кобальтин, никелин, саффорит, раммельсберgit, герсдорфит, висмутин. Редко встречаются теллуриды Au и Ag, ильменит, рутил, миллерит, арсенопирит, молибденит, шеелит, виттихенит, смальтин, тетрадимит, самородный Bi, самородное Ag, акантит, айкинит, аляскаит, касситерит. Гипергенные минералы – лимонит, борнит, халькозин, ковеллин, сульфосоли Ag, куприт, самородная Cu, гидроокислы марганца (М.М. Старова, И.В. Григорьева, С.И. Шевчук). Главные нерудные минералы – пироксен 10-40 %, гранат гроссуляр-андрадитового ряда 10-50 %, актинолит 5-10 %. Второстепенные и редкие – скаполит, эпидот-цоизит, роговая обманка, калишпат, мусковит, биотит, хлорит, барит, гидрослюда [14].

Магнетит в рудном процессе занимает «транзитное» положение. Количество его от первых % до 30-70 %. Выделяются четыре морфогенетические разновидности. Магнетит I – зерна 0,01-0,05 мм с реликтами пластинчатого гематита в скарновой породе. Он ассоциирует с хлоритом, ульвошпинелью, ильменитом.

Магнетит II – неправильные, часто скелетные выделения 0,01-0,5 мм среди позднего магнетита, халькопирита, марказита. Он слагает вкрапленно-гнездовые, массивные и пятнистые руды, содержит включения хлорита, рутила, ильменорутила, ульвошпинели, ильменита. Примеси в магнетите II: Ti 0,3-0,5 %, Mn 0,1-0,3 %, V до 0,05 %, Cr 0,04-0,1 %, Ni и Co 10-100 г/т, Cu до 0,5 %, Bi 10 г/т, Ag до 7 г/т, Sg до 80 г/т.

Магнетит III наблюдается в виде интерстициальных выделений среди пироксена и граната. Он слагает гнезда 1-3 мм, желваки и жилки мощностью до 1,0 см, участвует в образовании полосчатых, брекчиевых и массивно-пятнистых руд, ассоциируя с халькопиритом, пирротинном, сфалеритом. Магнетит III трещиноватый, участками дробленый. По трещинкам развит хлорит с редкими включениями самородных металлов (Au, Ag, Cu). Минерал содержит Ti 0,3-0,5 %, Mg более 0,5 %, Mn 0,2-0,4 %, V до 300 г/т, Co 0,01-0,06 %, Cu 0,3-1,0 %, Zn до 0,3 %, Ag 6-20 г/т, Pb 008 %.

Магнетит IV представлен интерстициальными выделениями 0,01-0,2 мм. В сростании с магнетитами II и III он слагает метаколлоидные, прожилковые, пятнистые и массивные

руды. Примеси в магнетите IV: Ti до 0,5%, Mg более 0,08 %, Mn 0,08-0,3 %, V до 0,03 %, Cr до 0,08 %, Co 0,02 %, Cu 0,005-0,8 %, Ag 5-40 г/т, Bi до 30 г/т, Sr до 0,02 %.

Халькопирит образует пять разновидностей (от 1 % до 20 %).

Халькопирит I – изометричные вкрапления до 10 мкм в плагиоклазе и пироксене.

Халькопирит II – полосчатый, линзовидный, ситообразный, локализован в магнетитовом агрегате. Мощность полос и линз халькопирита 0,1-10 мм. Внутреннее строение криптозернистое и двойниковое. Халькопирит II ассоциирует с магнетитом, пирротинном, сфалеритом, мельниковит-марказитом, пиритом, гранатом, пироксеном. Содержит Co 0,006-1,0 %, Zn 0,1-1,0 %, Mn до 0,05 %, Cr до 0,08 %, Ag 7-60 г/т, Sb до 0,005 %, Pb до 0,005 %.

Халькопирит III – интерстициальные и жилковидные выделения 0,01-0,1 мм в межзерновых пространствах граната и пироксена. Внутреннее строение решетчатое, двойниковое, оолитовое. Ассоциирует с гранатом, скаполитом, пироксеном, апатитом, магнетитом IV, пирротинном, арсенопиритом, пиритом, сфалеритом. Примеси: Ti 0,07-0,5 %, Mn 0,06-0,2 %, Cr 0,01-0,06 %, Zn до 0,1 %, Ag 7-20 г/т, Bi до 20 г/т, Sr до 80 г/т.

Халькопирит IV с актинолитом и хлоритом встречается в магнетите, амфиболитизированных пироксенах, в интерстициях граната, в эпидот-цоизит-гранатовых прожилках. Образует гнезда 0,1-3,0 мм до 5-15 мм, прожилки мощностью 0,5-3 мм, каёмки 0,01-0,1 мм по сфалериту и мельниковит-марказит-пиритовому агрегату. Содержит: Ag 8-200 г/т, Au до 20 г/т, Ti до 0,4 %, Co и Mn до 0,5 %, Ni до 0,05 %, Zn до 1 %, Pb до 0,06 %, Cr 0,01-0,1 %, Bi и Sb до 0,05-0,08 %.

Халькопирит V выполняет метаколлоидные каймы шириной 0,01-0,1 мм по зернам халькопирита IV. Он ассоциирует с кварцем, хлоритом, кальцитом, баритом, самородными Au и Ag, калаверитом, теллуридами Cu и Bi.

Золото в рудах присутствует в трёх формах: примесной, самородной и в виде теллурида Au и Ag. Самородное Au – определяющая форма нахождения благородного металла. Знаки золота размером первые мкм-десятки мкм, очень редко первые сотни мкм ассоциируют с халькопиритом, пиритом, марказитом, герсдорфитом, магнетитом, сфалеритом, борнитом, висмутином. Интерстициальные и прожилковые выделения раннего Au отмечаются в зонах дробления в пироксене, магнетите, халькопирите. Золото наиболее тесно связано с сульфидами гидротермально-метасоматического процесса: поздним халькопиритом, герсдорфитом, висмутином. Формы его кристаллические, изометричные и прожилковые. Кристаллическое Au (кубы) размером 30-40 мкм наблюдается в халькопирите. В скелетном пирите Au отмечено среди реликтов пирротина и халькопирита. Изометричные обособления Au и креннерит-калаверита размером 10-50 мкм наблюдаются в марказит-халькопиритовых агрегатах. В борните, наложенном на гранатовый скарн, присутствуют зерна самородного Au 10x30-50 мкм.

Геохимический спектр Хантау составляют Au, Cu, Fe, Ag, Ti, Co, Ni, Mn, V, Mg, Zn, Cd, As, Bi, Mo, W, Sn, Te, Ba, Sr, Sb и др. Промышленный интерес представляют (в скобках среднее и максимальное содержания): Au (1,6 и 32,9 г/т), Cu (0,94 и 4,71 %), Fe (43,4 и 65,1 %) и Ag (3,0-6,0 и 25,0 г/т). Медь, железо и серебро имеют мономодальное

распределение с наиболее часто встречающимися концентрациями Cu 0,6-2,0 %, Fe 40-60 %, Ag 1,2-10,0 г/т (см. рис. 6). Для золота характерны четыре элементарных распределения со следующими модами, г/т: 0,1-0,5; 1,0-2,0; 3,0-4,0; 10-20. Отношение Au/Ag от 1:0,6 до 1:60, наиболее распространенные значения 1:2-1:6, среднее 1:3,8. Серебро слагает собственные минералы (самородное Ag, акантит, теллуриды Au и Ag) и примесью входит в магнетит и пирротин (до 10-50 г/т), марказит (5-100 г/т), пирит (следы до 800 г/т), арсенопирит (100-300 г/т), халькопирит (7-200 г/т), борнит (80-600 г/т). Железо относительно равномерно распределено на всю мощность скарноворудного тела. Медью и золотом обогащены осевая зона и висячий бок. Золото наиболее тесно коррелирует с Cu и Ag; зависимость между концентрациями Au и Cu описывается параболической кривой, Au и Ag – линейным графиком (рис. 7).

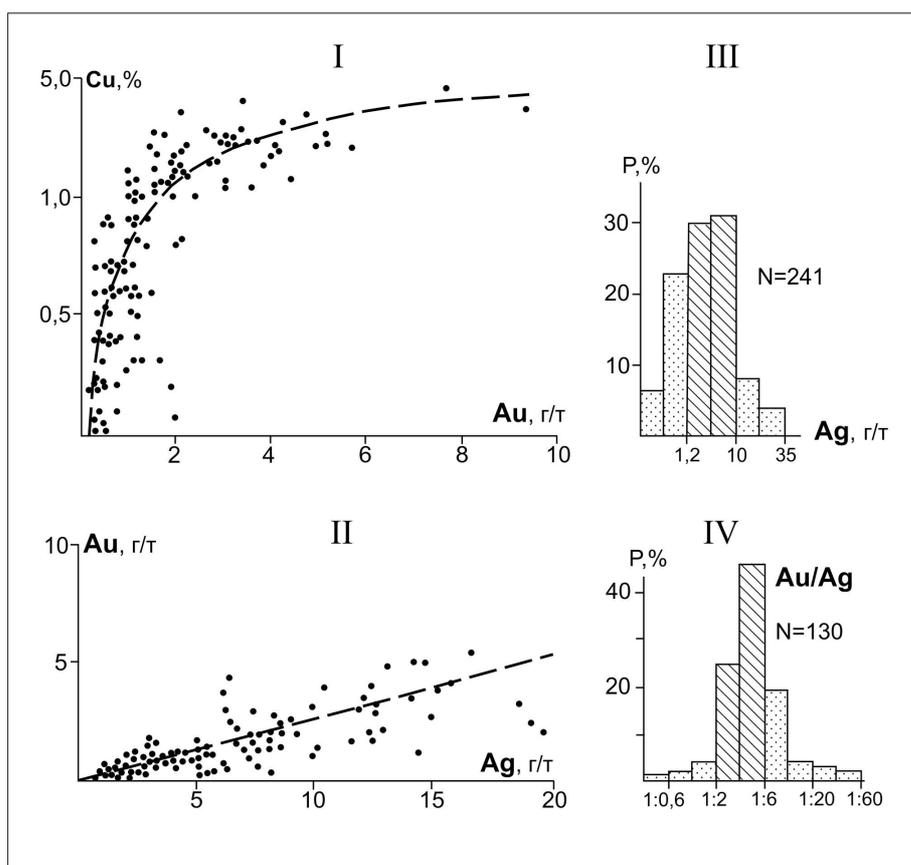


Рисунок – 7. Главное рудное тело Хантауского месторождения. Соотношения концентраций Cu и Au (I),

Au и Ag (II), гистограммы распределения Ag (III) и Au/Ag (IV), N – количество проб.

Составил М.С. Рафаилович по материалам Хантауской партии

Баксинское золото-медное скарново-магнетитовое месторождение, расположенное в западном борту Кокшетауского террейна (правобережье реки Ишим), открыто по следам древних выработок. В разные годы его изучали З.М. Усачева, Л.А. Карнаева, Н.А. Фогельман, М.А. Абдулкабирова и др.

Месторождение локализовано в экзоконтактовой зоне Баксинского интрузива гранодиорит-гранитов верхнего ордовика (крыккудукский комплекс) в вулканитах среднего состава (андезиты) и известковистых аргиллитах кембро-ордовикского возраста (рис. 8). Андезитовые порфириды и аргиллиты скарнированы и ороговикованы. Скарны гранатовые, пироксен-гранатовые, гранат-магнетитовые, пироксен-гранат-магнетитовые, залегают согласно с напластованием вмещающих пород, имеют пластообразную и линзовидную морфологию. Протяженность скарновых горизонтов до 250-400 м, мощность первые десятки метров, падение крутое, близкое к вертикальному. Параметры золото-медных рудных тел (линзы, гнезда, столбы): протяженность до 100-150 м, мощность от первых метров до 20-25 м, вертикальная протяженность 60-100 м. Магнетитовые руды (развиты до глубин 150-200 м, возможно, более) имеют массивное и прожилково-вкрапленное строение. Рудные минералы – пирит, халькопирит, пирротин, магнетит, гематит, самородное золото; реже встречаются тетраэдрит, галенит, борнит, халькозин и ковеллин. В зоне окисления отмечаются гидрогетит, гидрогематит, малахит, азурит, тенорит, самородная Cu, гипергенное Au. Нерудные минералы – кварц, кальцит, турмалин, эпидот, амфибол [7, 8].

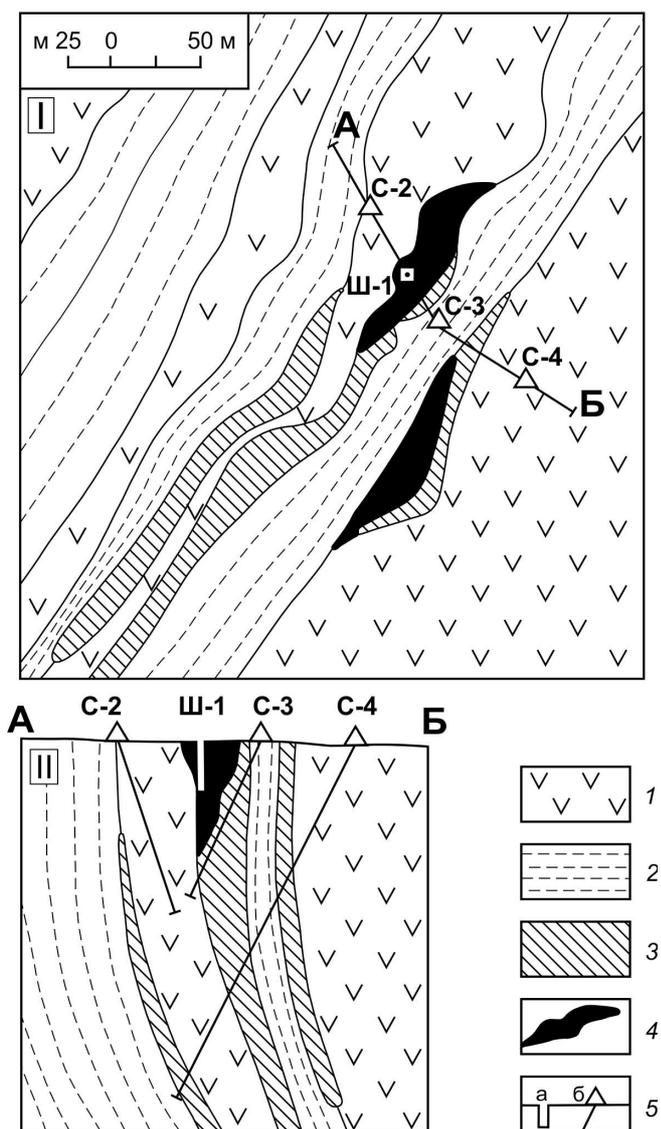


Рисунок – 8. Геологическая схема (I) и геологический разрез по линии А-Б (II) месторождения золотоносных скарнов Баксинское в Северном Казахстане (западный борт Кокшетауского террейна), по Л.А. Мирошниченко [7]:

1-2 – породы кембро-ордовикского возраста: 1 – андезиты и их туфы, 2 – известковистые аргиллиты; 3 – пироксен-гранат-магнетитовые скарны; 4 – золото-медные рудные тела; 5 – горные выработки: а – шурф, б – скважины

Основными полезными компонентами являются Cu (среднее содержание 2,14 %, максимальное 4,65 %), Au (0,2-4,0 г/т, среднее 1,98 г/т) и Ag (до 10-15 г/т, среднее 6,43 г/т). Концентрации Au в окисленной руде до 44 г/т, в лимонитовой сыпучке до 50 г/т. Отмечаются повышенные содержания Bi, Sb, Pb, Mo.

В 4 км на северо-запад от рассматриваемого скарнового месторождения, в Баксинском интрузиве расположено медно-молибденовое проявление Баксы. Оно представлено 15 кварцевыми жилами, тесно связанными с пегматитами среди гранитов верхнего ордовика. Простираение жил восток-северо-восточное 80-85°, падение на юго-восток под углами 50-60°, протяженность 15-40 м, мощность 0,20-0,35 м. Молибденит и халькопирит образуют в жилах тонкие вкрапления и неравномерные гнезда размером 2-3 см. Сопутствующие минералы – пирит и гематит. Гипергенные минералы представлены молибденовыми охрами, малахитом и азуритом. Баксинское месторождение и сопровождающие его участки с Au-Cu и Cu-Mo минерализацией недоразведаны.

Золото-скарновые месторождения образуют тесные парагенезисы с месторождениями разных промышленных типов руд. В практическом отношении крайне интересны соотношения скарноворудных образований контактовой зоны с месторождениями, локализованными в интрузивных плутонах (порфировыми, штокверковыми, жильными и жильно-прожилковыми). Эти две группы месторождений различаются вмещающей средой, пространственно-временными характеристиками, масштабностью процессов, и в тоже время между ними есть выраженное «связующее» звено – приуроченность к одним и тем же интрузивным комплексам, часто к единым массивам гранитоидов [4-6, 9, 12, 14, 15, 18, 19]. Скарны в данном случае могут выступать как инструмент прогноза иных, нередко более представительных промтипов, как нетрадиционный поисковый критерий. Приведем примеры подобных рудно-магматических ансамблей.

Алмалыкское поле в Узбекистане, Алмалыкский сиенито-диоритовый плутон C₂-P₁ возраста; в ядре плутона локализованы гигантские золото-медно-порфировые месторождения Кальмакыр и Дальнее, в кровле плутона, в блок-ксенолите карбонатных пород верхнего девона располагается крупное свинцово-цинковое скарновое месторождение Кургашикан; в нем с глубиной, при приближении к интрузивному массиву, свинцово-цинковые руды сменяются золото-медноколчеданными [6, 15].

Саякский район в Центральном Казахстане; дифференцированные пермские интрузивы гранитоидов концентрируют золоторудное жильное месторождение Долинное, золото-медно-порфировую минерализацию Беркара Южная, березитовые тела, кварц-

турмалин-сульфидные жилы; в экзоконтакте интрузивов, как отмечалось, сосредоточена серия скарновых месторождений саякского типа.

Кокшетауский район в Северном Казахстане; верхнеордовикские диорит-гранодиорит-гранитные плутоны зерендинского и крыккудукского комплексов содержат золотоносные штокверки васильковского типа, медно-молибденовые кварцевые жилы, медно-порфировую минерализацию, в экзоконтактах интрузивов локализованы Au-Cu скарны Ешкеольмес, Баксинское, Жиямбай.

Шуйско-Кендыктасский террейн в Южном Казахстане; интрузивы кордай-шатыркольского комплекса диорит-гранодиорит-монцитов (O_3) вмещают Au-Cu-Mo жильные месторождения Шатырколь и Жайсан, золоторудный штокверк Когадыр, в экзоконтакте размещается Au-Cu-железородное скарновое месторождение Хантауское.

Джилаоское рудное поле в Таджикистане, Чинорсайский гранодиорит-монцитовый интрузив S_2 возраста; в эндоконтакте интрузива размещается крупный золото-сульфидно-кварцевый штокверк Джилао, в экзоконтакте – промышленные золото-шеелитовые скарновые залежи; по изотопно-геохимическим данным и геохимии флюидных включений, оба типа руд сформировались из единого магматогенно-гидротермального источника [19].

Обсуждение результатов. Рудоносные скарны образуют группу мезотермальных месторождений длительного развития, располагающихся в карбонатных, терригенно-карбонатных, вулканогенно-терригенных породах на контакте с дифференцированными интрузивами гранитоидов I или I-S типа. Скарны Центральной Азии по возрасту подразделяются на раннепалеозойские, позднепалеозойские и мезозойские, по минеральному составу – на магнезиальные, магнезиально-известковые, известковые и известково-магнетитовые. Скарны и руды раннего палеозоя (месторождения Ольховское, Натальевское, Тарданское, Казское, Хантауское, Ешкеольмес и др.) – индикаторы островодужной стадии и ранней коллизии; они сопряжены с интрузивами ольховского, мартайгинского, тельбесского, крыккудукского, зерендинского, кордай-шатыркольского и других аналогичных им комплексов. Месторождения Куру-Тегерек, Тарорское, Гиждарва, Джилао, Саяк – производные позднеколлизионного этапа, сформировавшиеся под воздействием более молодых (карбон-пермь) интрузивных комплексов: сандалашчаткальского, тарорского, чинорсайского, саякского. В постколлизионный этап (поздний мел) образовались скарноворудно-магматические системы заркашанского типа. На золото и попутные компоненты максимально продуктивны магнезиально-известковые, известковые и известково-магнетитовые скарны раннего и позднего палеозоя.

Показательная черта скарновых месторождений – формирование по единому или очень близкому сценарию, большое сходство между собой по многим признакам. Интрузивные комплексы различного возраста имеют преобладающий диорит-гранодиоритовый состав, натровую специализацию, повышенный фон Au, отличаются фазово-фациальным разнообразием пород, проявлениями даек второго этапа, своеобразным набором акцессорных минералов (А.Ф. Коробейников, Ю.Г. Щербаков, Р.Д. Дженчураева и др.). Типовая зональность магнезиальных скарнов: диорит-гранодиоритовый интрузив – шпинель-фассаитовая порода – фассаитовый скарн –

форстеритовый скарн – фассаит-форстеритовый кальцифир – мрамор, известняк. Зональность известковых скарнов: интрузивное тело – гранатовый, гранат-везувийный скарн – гранат-пироксеновый, гранат-пироксен-магнетитовый скарн – гранат-пироксен-волластонитовый скарн – волластонитовый скарн – мрамор, известняк. Послескарновые ассоциации: магнетит-актинолитовая, магнетит-актинолит-тремолитовая, эпидот-актинолитовая, эпидот-хлоритовая, кварц-кальцит-хлоритовая и др. Самородное Au двух генераций: 1) синхронное скарнообразованию (подчиненная форма), 2) наложенное на скарны, связанное с поздними магнетитом, сульфидами, сульфоарсенидами, теллуридами, висмутидами, кобальт- и никельсодержащими соединениями (ведущая форма). Нередки теллуриды Au и Ag, проявления гипергенного золота.

Семейство скарнов, обладающее многогранным потенциалом, заслуживает комплексного, дифференцированного подхода к их изучению и освоению. Приоритетное направление исследований – полноценная геолого-экономическая ревизия скарнорудных полей и месторождений с целью их перевода в рентабельные объекты с относительно бедными рудами, но с более крупной морфологией и более крупными запасами. Скарны контактовой зоны и гидротермальные месторождения внутренних частей интрузивного плутона следует оценивать как единый поликомпонентный ансамбль. Необходимы углубленные исследования всех разновидностей скарнов и связанных с ними руд на максимально широкий перечень химических элементов. Особого внимания заслуживают Au, Ag, платиноиды: формы нахождения, распределение и воспроизводимость содержаний, промышленные масштабы, способы извлечения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 *Блохина Н.А., Вихтер Б.Я.* Тарорское месторождение // Золоторудные месторождения СССР. Т. 2. Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М.: ЦНИГРИ, 1986. С. 207-213.
- 2 *Дженчураева Р.Д.* Скарны Срединного Тянь-Шаня: закономерности распределения и рудоносность. Фрунзе, 1983. 308 с.
- 3 Золото Кыргызстана. Т. 2. Описание месторождений / В.В. Никоноров, Ю.В. Караев, Ф.Н. Борисов и др. Бишкек, 2004. 342 с.
- 4 Золоторудные месторождения СССР. Т. 2. Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М.: ЦНИГРИ, 1986. 287 с.
- 5 *Коробейников А.Ф., Зотов И.А.* Закономерности формирования месторождений золото-скарновой формации. Томск: ТПУ, 2006. 235 с.
- 6 *Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В.* Меднопорфировые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с.
- 7 Месторождения золота Казахстана. Справочник. Алматы, 1996. 183 с.
- 8 Месторождения меди Казахстана. Справочник. Алматы, 1997. 154 с.
- 9 Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд золота. Алма-Ата, 1980. 223 с.
- 10 *Мирошниченко Л.А., Фомичев В.И., Кузнецова Е.И.* Золотоносность метасоматических зон скарновых месторождений саякской группы // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1970. № 4. С. 9-19.

11 Рафаилович М.С. Некоторые особенности формирования и интерпретации вторичных геохимических ореолов в горно-луговых ландшафтах // Геология россыпей золота Казахстана. Алма-Ата: КазИМС, 1987. С. 65-71.

12 Рафаилович М.С. Крупные золоторудные штокверки Центральной Азии, ассоциирующие с гранитными плутонами // Руды и металлы. 2009. № 3. С. 43-53.

13 Рафаилович М.С., Алексеева Л.К., Алексеев В.А. Золотоносные метасоматические формации Казахстана // Уральский геологический журнал. 2000. № 5. С. 41-84.

14 Рафаилович М.С., Шевчук С.И. Золотоносные скарны Центральной Азии // Геология и охрана недр. 2010. № 1. С. 23-34.

15 Рудные месторождения Узбекистана / под ред. И.М. Голованова. Ташкент:ГИДРОИНГЕО, 2001. 611 с.

16 Тимофеева Т.С. Минералы платины и палладия в рудах золото-колчеданного месторождения // Зап. ВМО. Серия 2. 1968. № 4. С. 461-469.

17 Чесноков Б.П., Фетисова О.Б. Железорудные месторождения Сибири – нетрадиционный источник получения золота // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. Томск: ТПУ, 2005. С. 570-573.

18 Feebrey Craig A. Cooper and gold exploration in South-East Asia // SGA Newsletter. 1999. № 7. Pp. 1, 5-10.

19 Yakubchuk A., Cole A., Seltmann R., Shatov V. Tectonic setting, characteristics and regional exploration criteria for gold mineralization in the Altai orogenic collage: the Tien Shan province as key example // Society of Economic Geologists. Special publication. 2002. № 9. Pp. 177-201.

REFERENCES

1 Blohina N.A., Vihter B.Ja. Tarorskoe mestorozhdenie // Zolotorudnye mestorozhdenija SSSR. T. 2. Geologija zolotorudnyh mestorozhdenij Kazahstana i Srednej Azii. M.: CNIGRI, 1986. S. 207-213.

2 Dzhenchuraeva R.D. Skarny Sredinnogo Tjan'-Shanja: zakonomernosti raspredelenija i rudosnost'. Frunze, 1983. 308 s.

3 Zoloto Kyrgyzstana. T. 2. Opisanie mestorozhdenij / V.V. Nikonorov, Ju.V. Karaev, F.N. Borisov i dr. Bishkek, 2004. 342 s.

4 Zolotorudnye mestorozhdenija SSSR. T. 2. Geologija zolotorudnyh mestorozhdenij Kazahstana i Srednej Azii. M.: CNIGRI, 1986. 287 s.

5 Korobejnikov A.F., Zotov I.A. Zakonomernosti formirovanija mestorozhdenij zoloto-skarnovoj formacii. Tomsk: TPU, 2006. 235 s.

6 Krivcov A.I., Zvezdov V.S., Migachev I.F., Minina O.V. Mednoporfirovyje mestorozhdenija. Serija: Modeli mestorozhdenij blagorodnyh i cvetnyh metallov. M.: CNIGRI, 2001. 232 s.

7 Mestorozhdenija zolota Kazahstana. Spravochnik. Almaty, 1996. 183 s.

8 Mestorozhdenija medi Kazahstana. Spravochnik. Almaty, 1997. 154 s.

9 Metallogenija Kazahstana. Rudnye formacii. Mestorozhdenija rud zolota. Alma-Ata, 1980. 223 s.

10 Miroshnichenko L.A., Fomichev V.I., Kuznecova E.I. Zolotonosnost' metasomaticeskikh zon skarnovykh mestorozhdenij sajakskoj gruppy // Izv. AN KazSSR. Ser. geol. 1970. № 4. S. 9-19.

11 Rafailovich M.S. Nekotorye osobennosti formirovanija i interpretacii vtorichnyh geohimicheskikh oreolov v gorno-lugovykh landshaftah // Geologija rossypej zolota Kazahstana. Alma-Ata: KazIMS, 1987. S. 65-71.

12 Rafailovich M.S. Krupnye zolotorudnye shtokverki Central'noj Azii, associirujushhie s granitnymi plutonami // Rudy i metally. 2009. № 3. S. 43-53.

13 Rafailovich M.S., Alekseeva L.K., Alekseev V.A. Zolotonosnye metasomaticeskie formacii Kazahstana // Ural'skij geologicheskij zhurnal. 2000. № 5. S. 41-84.

14 Rafailovich M.S., Shevchuk S.I. Zolotonosnye skarny Central'noj Azii // Geologija i ohrana neдр. 2010. № 1. S. 23-34.

15 Rudnye mestorozhdenija Uzbekistana / pod red. I.M. Golovanova. Tashkent:GIDROINGEO, 2001. 611 s.

16 Timofeeva T.S. Mineraly platiny i palladija v rudah zoloto-kolchedannogo mestorozhdenija // Zap. VMO. Serija 2. 1968. № 4. S. 461-469.

17 Chesnokov B.P., Fetisova O.B. Zhelezorudnye mestorozhdenija Sibiri – netradicionnyj istochnik poluchenija zolota // Problemy geologii i razvedki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. Tomsk: TPU, 2005. S. 570-573.

18 Feebrey Craig A. Cooper and gold exploration in South-East Asia // SGA Newsletter. 1999. № 7. Pp. 1, 5-10.

19 Yakubchuk A., Cole A., Seltmann R., Shatov V. Tectonic setting, characteristics and regional exploration criteria for gold mineralization in the Altaids orogenic collage: the Tien Shan province as key example // Society of Economic Geologists. Special publication. 2002. № 9. Pp. 177-201.

Резюме

М.С. Рафаилович

(Табиғи ресурстар институты)

ОРТАЛЫҚ АЗИЯНЫҢ АЛТЫН-СКАРНДЫ ФОРМАЦИЯСЫНЫҢ КЕНОРНЫ:

ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ПОЗИЦИЯСЫ, ЗАТТЫҚ ҚҰРАМЫ, КЕЛЕШЕГІ

Орталық Азияның алтынды скарндардың жүйеленуі қарастырылады. Ерекше маңдай алды кенорнына салыстырмалы түрде талдау жасалған. Оларды зерттеудің келешегі мен заманауи конъюнктураны есепке ала отырып игеру талқыланады.

Кілт сөздер: алтын-скарнды формация, кенорнының жүйеленуі, интрузивті кешендер, минералды және геохимиялық қауымдастық, алтын табу формасы, кенді әлеует, игерудің келешегі.

Summary

M.S. Rafailovich

(Institute of natural resources of YuGGEO)

FIELDS OF A GOLD-SKARN FORMATION AT THE CENTRAL ASIA:

A GEOLOGIC POSITION, MATERIAL COMPOSITION, PERSPECTIVES

The systematization of gold-bearing skarns of Central Asia region is considered. The comparative analysis of representative deposits is carried out. On the base of current conjuncture the perspectives of exploration and mining of gold-bearing skarn objects are discussed.

Keywords: a gold-skarn formation, systematisation of fields, intrusive complexes, mineral and geochemical associations, the form of a finding of gold, ore potential, development perspectives

Поступила 9.02.2013 г.