

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 550.84.094; 551.24

Н.Н. ТРОФИМОВ, А.И. РЫЧКОВ, В.В. ДЬЯКОНОВ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ЙОДА
НА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Рассмотрены основные особенности литохимических ореолов йода на золоторудных месторождениях. При решении методических вопросов выявления погребенного и скрытопогребенного оруденений по результатам литохимического опробования поверхности особое внимание уделено наложенным ореолам йода.

Золоторудные месторождения по изученности на них ореолов йода значительно уступают месторождениям других рудных формаций [2]. К настоящему времени наиболее полно такие ореолы изучены авторами на месторождениях Карамкен (Россия), Зармитан (Узбекистан), Кам-Там (Вьетнам).

Месторождение Карамкен по геолого-структурной позиции, минеральному составу рудных тел и околорудных метасоматитов — типичный представитель близповерхностного золотосеребряного оруденения. Месторождение приурочено к вулканоструктуре второго порядка, сложенной толщей вулканогенных пород мелового возраста. В их разрезе в целом выделяют четыре пачки (снизу вверх): андезитобазальты, дациты, андезиты и липаритовые лавы и туфы. Оруденение приурочено главным образом к нижней, андезитобазальтовой, пачке, а верхняя пачка кислых пород, широко развитая в районе и на месторождении, является надежным экраном для ореолов практически всех общепризнанных элементов-индикаторов и обуславливает низкую эффективность литохимических поисков скрытого оруденения в районе. В составе рудных тел, представленных в основном крутопадающими жилами адуляр-кварцевого и адуляр-гидрослюдисто-кварцевого составов, установлены около 60 минералов, на долю рудных приходится 0,5—1,5%. Из рудных минералов в заметных количествах в жилах отмечены пирит, сфалерит, халькопирит, полибазит, фрейбергит, электрум. Золото присутствует в самородном состоянии в виде субмикроскопических выделений неправильной формы.

Отобраны 400 литохимических проб на поверхности из коренных пород и элювиально-делюви-

альных отложений с шагом 20 м по пяти профилям длиной 1000—1200 м. Изученный интервал по простиранию рудных жил — 1100 м. Кроме этого, 244 пробы взяты с шагом 10 м из горных выработок на шести горизонтах по одному разрезу. Изученный вертикальный интервал составляет 350 м. Все пробы проанализированы на подвижный йод химическим с чувствительностью $0,4 \cdot 10^{-6}\%$ и спектральным приближенно-количественным на Ag, Pb, Zn, Co, Ni, Cu, Mo, Cd, As, Sb, Bi, Sr, Ba, Mn, Sn, W, Ta, В методами.

Оконтуривание геохимических ореолов на поверхности проводилось по трехфоновым содержаниям элементов. Опыт показал, что эта величина является оптимальной для большинства элементов, так как обнаруживает тесную пространственную связь с известными рудными телами, а в фоновом поле концентрации элементов, как правило, не превышают эту величину. Ореолы йода оконтурены по минимальной величине содержания $1,0 \cdot 10^{-6}\%$, надежно выявляемой анализом. Месторождение как на поверхности, так и в горных выработках сопровождается ореолами I, Ag, As, Sb, Ba, Mo, Co, Mn, Cu, Zn.

Йод образует на месторождении очень четкую ореольную картину. Ореолы йода сопровождают все известные рудные тела как на поверхности, так и в изученном разрезе (рис. 1, 2). На поверхности ореолы йода вытягиваются в контрастные субпараллельные зоны север — северо-восточного простирания. Ширина ореолов 80 м и более, среднее содержание йода в них в андезиитоцигитовых породах $2,3 \cdot 10^{-6}\%$, в липаритовых туфах $1,5 \cdot 10^{-6}\%$, максимальное $4,2 \cdot 10^{-6}\%$. Характерно, что ореолы йода прослеживаются и в экранирующей оруденение толще липаритовых туфов мощ-

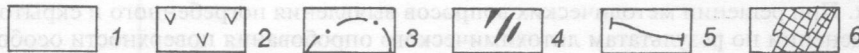
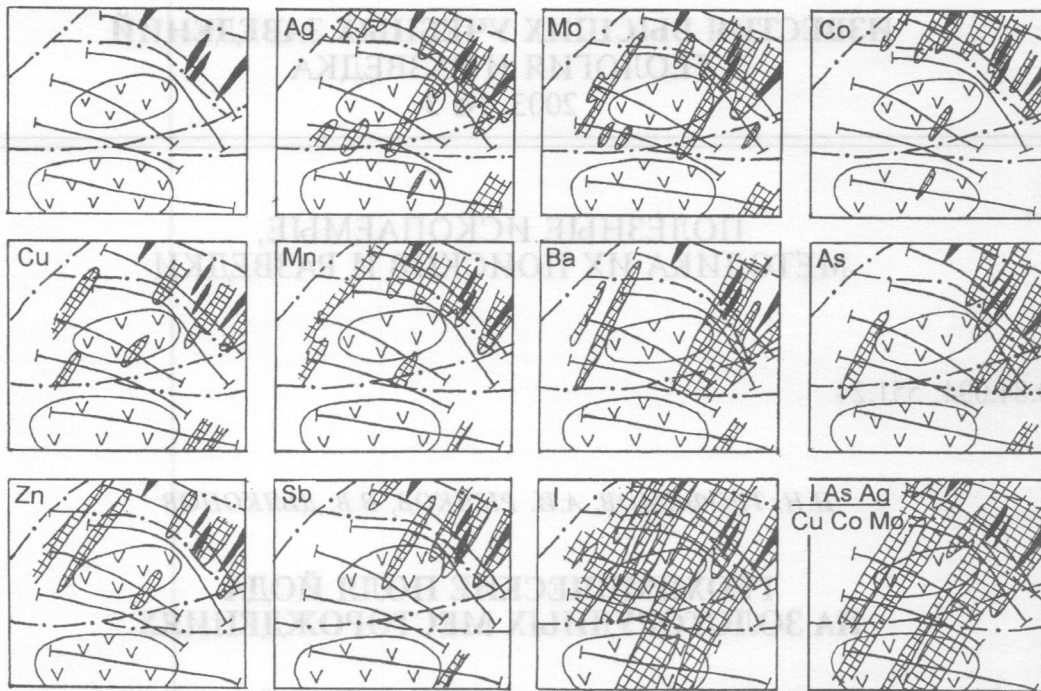


Рис. 1. Литохимические ореолы месторождения Каракум: 1 — лавы андезитов, базальтов, их туфы; 2 — лавы и туфы липаритов; 3 — разломы; 4 — рудные жилы; 5 — геохимические профили; 6 — литохимические ореолы

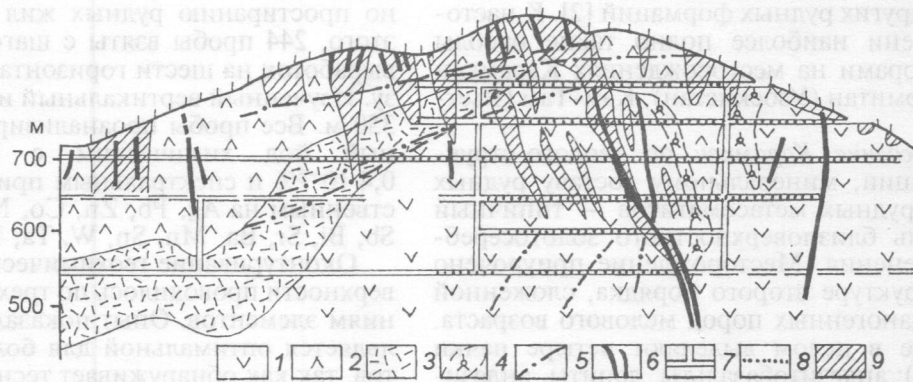


Рис. 2. Геохимические ореолы йода на разрезе месторождения Каракум: 1 — дациты; 2 — автомагматические брекчи андезитов; 3 — брекчи липаритового состава; 4 — брекчи кварц-сульфидные; 5 — зоны дробления; 6 — рудные тела; 7 — горные выработки; 8 — точки отбора геохимических проб; 9 — литохимические ореолы ($I > 1 \cdot 10^{-6}\%$)

ностью 120 м и продолжают за широтный разлом, практически не меняя размеры и параметры.

В разрезе ореол йода существенно усиливается по восстанию жилы Главной, наиболее прослеженной и изученной. Средние концентрации йода в ореоле на горизонтах: 5 — $0,8 \cdot 10^{-6}\%$, 4 — $2,2 \cdot 10^{-6}\%$, 2 — $3,0 \cdot 10^{-6}\%$. Также постепенно увеличивается и ширина ореола: от 20 м на горизонте 5 до 80 м на поверхности. На самых нижних горизонтах ореолы йода практически отсутствуют. Наилучшие индикационные свойства йод проявляет на верхних горизонтах и на поверхности.

Аномальные концентрации традиционных элементов-индикаторов отмечаются главным образом вокруг вскрытых эрозией и приповерхност-

ных рудных жил в пределах автобрекчий андезитов; в кислых эффузивах ореолы этих элементов не наблюдаются. Вертикальная зональность в строении эндогенных ореолов месторождения выражается следующим рядом (сверху вниз): I, As, Sb, Ba, Ag, Pb, Mn, B, Ni, Sn, Zn, Co, (Mo, Cu).

Максимальными изменениями параметров с глубиной характеризуются средние значения индикаторного отношения $I \cdot As \cdot Ag / Cu \cdot Co \cdot Mo$ ($n \cdot 10^{-4}$): поверхность — 1000, штольни: 2 бис — 500, 3 бис — 350, 4 бис — 80, горизонты: 4 — 40, 5 — 40, 6 — 2.

Интересные данные получены при исследовании геохимического поля прилегающей площади. В интерпретации результатов литохимического опробования в условиях района с широким разви-

тием экранирующих пород первостепенную роль играет распределение йода. Изучение концентраций йода на площади позволило составить представление о ее геохимическом поле и выделить ряд участков, перспективных на обнаружение скрытого оруденения при очень бедной информации по всем другим элементам-индикаторам (при глубине залегания рудовмещающих пород по данным бурения не менее 500 м).

Месторождение Зармитан. В геологическом строении месторождения принимают участие гранитоидные породы и толщи преимущественно терригенных осадков с подчиненным развитием карбонатно-вулканогенных отложений. Промышленное золотокварцевое оруденение в экзоконтактной зоне гранитоидов не выходит за пределы ореола термального метаморфизма, при этом значение вмещающей среды в локализации оруденения второстепенное и, видимо, ограничено поставкой кварцевого материала.

Все известные рудные тела экзоконтакта приурочены к толщам ороговикованных пород и роговиков существенно слюдисто-кварцевого состава, или к контакту этих пород с апофизами гранитоидов. В локализации оруденения решающую роль играет структурный фактор. Рудные тела размещены главным образом в системе сколовых рудовмещающих разрывов. Главная рудоподводящая структура месторождения — зона смятия, к которой приурочен южный контакт гранитного массива. По морфологии выделяются жильные рудные тела, линейные минерализованные зоны и линейные штокверки.

Месторождение относится к классу гидротермальных среднеглубинных жильных месторождений золотокварцевой малосульфидной формации. По крупности золота принадлежит к категориям пылевидного, реже мелкого, характер его распределения в рудах весьма неравномерный.

Эрозионный срез рудной колонны на месторождении по минералогическим критериям проходит в 200—300 м выше ее средней части. Практически повсеместно рудовмещающие породы перекрыты лёссовыми отложениями мощностью 60—120 м.

На площади месторождения литохимические пробы отобраны на поверхности из лёссовых отложений по четырем разведочным профилям с известным геологическим строением с шагом 20 м. Профиль 70 проходит в центральной части месторождения, по западному краю карьера; остальные профили пройдены в западной части рудного поля, где лёссовые отложениям характеризуются максимальной мощностью. Для надежного выхода в область фоновых содержаний длина каждого профиля составила 4 км. Все пробы проанализированы спектральным приближенно-количествен-

ным на Pb, Zn, Cu, Ag, Be, As, Sb, Bi, W, Sn, Mo, Co, Cd, Mn, Ce, Be, Se, Sr, Ga, Tl, Ni, V, Ta, Nb, Yt, La и химическим на подвижный йод анализами. Прогнозная информация обеспечивается только изучением ореолов йода. Другие элементы не обнаруживают аномальных концентраций в лёссах над рудными зонами и не могут служить индикаторами при поисках в данных условиях. Эти элементы можно использовать только для подтверждения сложившихся представлений о геохимическом поле по данным анализа распределения йода.

Профиль 70 пройден в наиболее богатой части месторождения (рис. 3). К центральной части профиля приурочено множество кварцевых жил, в том числе с промышленным оруденением; южная часть профиля пересекает зону смятия, мелкие разрывные нарушения и отдельные кварцевые жилы. Геологическое строение площади вдоль северной трети профиля полностью не ясно, в конце профиля по геофизическим данным выделен участок, перспективный на обнаружение скрытого оруденения. По всему профилю рудовмещающие породы перекрыты лёссовидными суглинками мощностью 30—35 м. Вся минерализованная зона в центральной части профиля целиком фиксируется контрастным ореолом йода шириной 800 м (при мощности зоны оруденения 600 м), максимальное содержание йода в аномалии $1,7 \cdot 10^{-5}\%$. Южнее также выделены зоны с аномальными концентрациями йода, менее контрастные, связанные с зоной смятия и разрывной тектоникой. На северном конце профиля регистрируется контрастная аномалия йода шириной 400 м с максимальным содержанием йода $1,3 \cdot 10^{-5}\%$, аналогичная по параметрам ореолу рудной зоны и полностью совпадающая с поло-

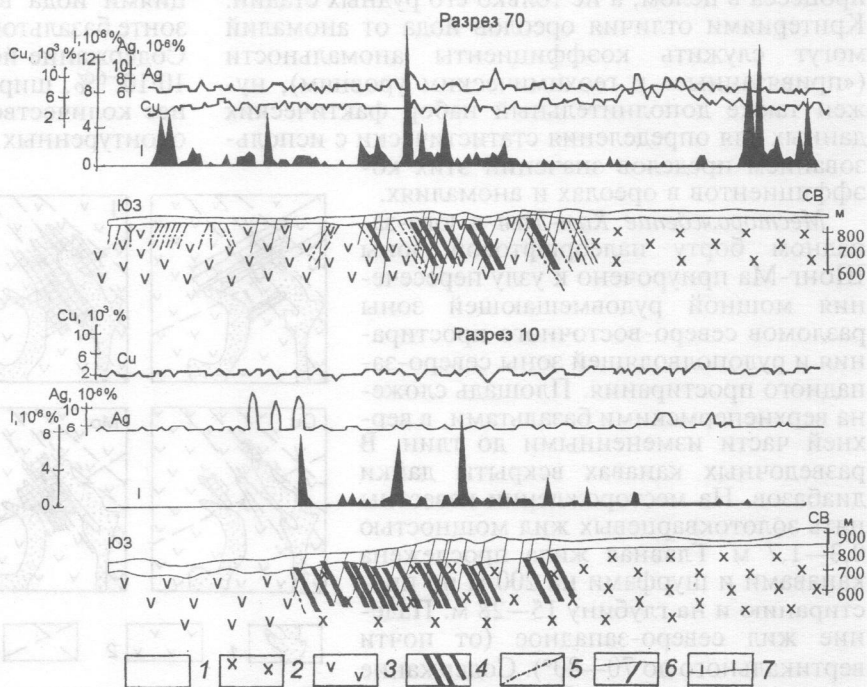


Рис. 3. Изменения содержаний элементов вдоль профилей 70 и 10 месторождения Зармитан: 1 — лёссовидные суглинки; 2 — граносиениты; 3 — туфы среднего состава; 4 — кварцевые жилы, в том числе золотоносные; 5 — разломы; 6 — скважины; 7 — точки опробования

жением перспективного участка, выделенного по данным геофизики. Позже бурением здесь вскрыт участок с золотым оруденением.

По профилю 10 рудная зона, изученная скважинами, достаточно хорошо выражена, она перекрыта лёссовидными суглинками наибольшей мощности, 50—120 м (рис. 3). Размеры ореола йода соответствуют проекции рудной зоны на поверхность, контрастность ореола высокая, максимальное содержание йода в ореоле $1,1 \cdot 10^{-5}\%$, среднее $1,3 \cdot 10^{-6}\%$. Золотосодержащие кварцевые и безрудные жилы в ореоле йода не разделяются.

Проведенные на месторождении исследования показали, что рудная зона по всем профилям сопровождается наложенным ореолом йода в лёссовых отложениях, четко регистрируемом при литохимическом опробовании поверхности. Контрастность ореолов йода зависит от интенсивности проявления рудного процесса.

Коэффициенты контрастности и аномальности ореолов рудных зон по профилям 70, 10, характеризующихся наибольшей минерализацией, превышают таковые в ореолах рудных зон по профилям 20, 40.

По геолого-минералогическим данным лёссовые отложения перекрывают рудные зоны в их верхнерудном (среднерудном?) эрозионном срезе. Опыт работ свидетельствует о преимущественном и широком развитии ореолов йода в надрудных сечениях, следовательно, можно ожидать еще более интенсивных и широких ореолов йода в лёссах при скрытопогребенном залегании оруденения. Безрудные кварцевые жилы в общей рудной зоне также сопровождаются аномально высокими концентрациями йода в лёссовых отложениях, поэтому можно предположить, что йод на месторождении — индикатор гидротермального процесса в целом, а не только его рудных стадий. Критериями отличия ореолов йода от аномалий могут служить коэффициенты аномальности («привязанные» к геохимическим уровням), нужен также дополнительный набор фактических данных для определения статистически с использованием пределов значений этих коэффициентов в ореолах и аномалиях.

Месторождение Кам-Там в юго-западном борту палеорифтовой зоны Шонг-Ма приурочено к узлу пересечения мощной рудовмещающей зоны разломов северо-восточного простирания и рудоподводящей зоны северо-западного простирания. Площадь сложена верхнепермскими базальтами, в верхней части измененными до глин. В разведочных канавах вскрыты дайки диабазов. На месторождении известны пять золотокварцевых жил мощностью 0,3—1,7 м. Главная жила прослежена канавами и шурфами на 200 м по простиранию и на глубину 15—28 м. Падение жил северо-западное (от почти вертикального до $70-80^\circ$). Содержание золота от 0,7 до 25 г/т. В кварцевых жилах количество пирита, халькопирита, реже арсенопирита достигает 5%. Площадь практически закрыта, мощность

почвенного горизонта до 1,0 м, с глубины 40 см встречается тонкий щелнистый элювиально-делювиальный материал.

На месторождении отобраны 2800 литохимических проб по серии субпараллельных профилей вкрест простирания рудных жил. Расстояние между профилями в центральной части месторождения 50 м, на флангах 100 м. Шаг опробования в 100-метровой полосе рудных жил 5 м, на флангах 10 м. По девяти профилям в каждой точке отобраны три пробы: из почвы с глубин 20 и 40 см и делювия.

Все литохимические пробы проанализированы спектральным методом на 23 элемента, спектрохимическим на золото, 540 проб рентгено-флуоресцентным на сурьму и мышьяк. Впервые для условий влажных тропиков выполнен химический анализ всех проб на подвижный йод.

Изучение геохимического поля площади показывает в целом высокую эффективность литохимического метода для поисков коренных руд золота в данных условиях. Элементарно-индикаторами при этом являются I, Ba, Pb, Zn, Cu, Mo, Mn, Co, Be, Ag, As, Sb. Информативность отдельных элементов при поисках зависит от эрозионного среза искомых рудных жил. В над- и верхнерудных горизонтах наилучшие индикаторы — I и Ba, на среднерудных уровнях — Zn, Pb, Cu, Ag, Co, Mn. Золото, проанализированное с чувствительностью 0,004 г/т, выявлено лишь в единичных пробах и не может быть надежным индикатором золоторудных жил.

Лучший индикатор на месторождении — йод. Он фиксирует рудное поле, месторождение и отдельные рудные жилы. В геохимическом поле йода контрастно выделяется центральная часть месторождения, характеризующаяся концентрациями йода в элювиально-делювиальном горизонте базальтов, превышающими $2 \cdot 10^{-6}\%$ (рис. 4). Содержание йода вблизи рудных жил превышает $10 \cdot 10^{-6}\%$, ширина общего ореола — 360 м, среднее количество йода в ореолах рудных жил 1, 2, оконтуренных по концентрации $10 \cdot 10^{-6}\%$, состав-

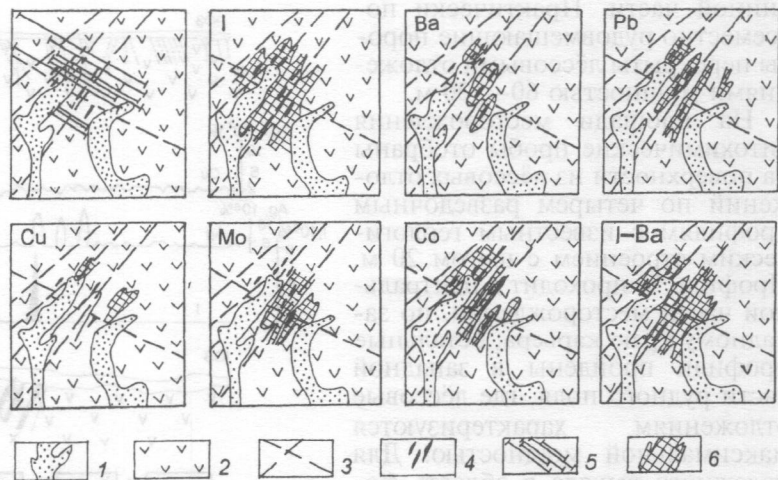


Рис. 4. Литохимические ореолы месторождения Кам-Там в элювиально-делювиальных отложениях: 1 — аллювиальные отложения; 2 — базальты; 3 — разломы; 4 — золотокварцевые жилы; 5 — геохимические профили; 6 — литохимические ореолы (в %): I > $2 \cdot 10^{-6}$, Ba > 0,05, Pb > 0,003, Cu > 0,02, Mo > 0,003, Co > 0,003, I x Ba > $5 \cdot 10^{-8}$

