

УДК 551.71 / .72 : 553.41 (65)

Зигхми К.

Оценка потенциальной золотоносности докембрийских комплексов Туарегского щита

По данным анализа поисковых признаков и геологического строения Туарегского щита, проведена оценка потенциальной золотоносности его докембрийских комплексов и выделены участки, перспективные для поиска промышленного оруденения.

Анализ геологического строения и состава большинства месторождений и рудопроявлений золота Туарегского щита свидетельствует о принадлежности золоторудной минерализации к золото-кварцевой формации, характеризующейся рядом структурно-вещественных признаков, отличающих её от подобных золото-содержащих формаций, в первую очередь от золото-сульфидной. Часть этих признаков являются поисковыми: приуроченность оруденения к древним структурным элементам земной коры; типоморфные рудные и нерудные минеральные ассоциации; характерные типы прерудных и окolorудных гидротермальных изменений; приуроченность к зеленокаменным комплексам, характеризующимся определенным вертикальным рядом формаций, среди которых отмечаются коматиитовая, толеитовых базальтов, метаспилит-кератофировая и другие; зеленосланцевая фация метаморфизма пород; приуроченность оруденения к региональным разломам, фиксирующимся зонами смятия, рассланцевания, развитием образований дайкового комплекса и т.д.; геохимическая специализация пород на Au, Pb, Zn, As, Te, W, Sb; проявление магматизма габбро-гранитовой серии с натриевым типом щелочности, а также комплекса даек разнообразного состава [6, 10].

Анализ отмеченных характерных структурно-вещественных признаков золото-кварцевой формации позволил И.В.Кунаеву [3, 4] разработать группу главных критериев регионального прогнозирования золото-кварцевого оруденения к которым относятся: 1) зеленокаменные структурно-формационные комплексы докембрия; 2) гранодиоритовый магматизм; 3) широкое проявление коматиитового вулканизма и мощные толщи толеитовых базальтов; 4) слабый метаморфизм зеленосланцевой, реже эпидот-амфиболитовой фации; 5) зоны распространения многочисленных даек и регионального кислотного выщелачивания; 6) золотоносность зеленокаменных комплексов.

Эти критерии в сочетании с детальным анализом геологического строения конкретной территории дают возможность определить степень ее золотоносности. Однако изучение структурно-вещественных особенностей золоторудных проявлений щита позволяет дополнить отмеченную выше группу критериев регионального прогнозирования такими признаками: 1) наличие зон милонитизации и ультрамилонитизации по породам зеленокаменных комплексов, сопровождающих региональные разломы глубинного заложения; 2) понижение степени зеленосланцевого метаморфизма в пределах зон тектонических нарушений до субфаций низких температур и давлений; 3) верхнепротерозойский (рифейский) возраст зеленокаменных пород; 4) развитие геологических спилит-кератофировой и андезит-риолитовой формаций; 5) интрузивный магматизм, проявленный образованием формации, сложенной известково-щелочными гранитами и гранодиоритами, а также формации малых интрузий, представленной субщелочными и щелочными гранитами; 6) наличие в зонах милонитизации и ультрамилонитизации жил и прожилков, выполненных квар-

цем с температурой образования 220-200°C, а также незначительной (1-2%) вкрапленностью пирита, халькопирита, галенита и сфалерита.

Исходя из анализа геологического строения щита, первоочередным объектом по ряду признаков являются метавулканогенно-осадочные образования серии фарузий зоны Восточно-Инуззальского разлома. Доказательством является приуроченность к милонитам и ультрамилонитам этой зоны, образовавшимся по породам андезит-риолитовой формации фарузия, месторождения Амысмысса и широкое развитие в северном и южном направлениях от последнего кварцевых и карбонат-кварцевых жил и прожилков, напоминающих по строению и составу золоторудные тела Амысмысса.

Вторым объектом, который можно рассматривать в качестве перспективного, являются участки развития образований спилит-кератофировой и особенно андезит-риолитовой формаций.

Метаморфизм вулканогенно-осадочных образований серии фарузий имеет зональный характер. По мнению В.М.Чайки [11], вулканогенные части разреза (спилит-кератофировая и андезит-риолитовая формации) метаморфизованы в условиях хлоритовой субфации (хлорит, серицит, альбит и кварц) фации зеленых сланцев, а развитые выше по разрезу терригенные образования (флишевая формация), характеризуются минеральными ассоциациями филлитовой субфации, представленными регенерированным кварцем, серицитом и мусковитом.

Учитывая роль метаморфизма при формировании повышенных концентраций золота, можно говорить о том, что с позиции метаморфического признака метавулканогенную часть разреза серии фарузий следует считать потенциально золотоносной. Подтверждением может являться факт приуроченности к подобным частям разрезов зеленокаменных комплексов докембрия промышленных концентраций золота [1, 6, 10, 11].

Кроме вертикальной метаморфической зональности ряд исследователей отмечают также латеральную зональность, имеющую место в пределах Западно-Ахаггарского грабен-синклинория. Например, Каби [12] было установлено, что южная и юго-западная части синклинория метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой и даже амфиболитовой фации, а это снижает вероятность обнаружения промышленных концентраций золота в этих частях района, но вместе с тем повышает её в пограничных частях зоны, для которых характерны пониженные ступени метаморфизма.

Для полноты оценки значения метаморфического признака при прогнозировании участков с возможной золоторудной минерализацией в пределах Западно-Ахаггарского грабен-синклинория следует также отметить, что, согласно данным ряда исследователей, постепенное увеличение ступени метаморфизма пород серии фарузий происходит с глубиной, а также в пределах глубинных положительных структур антиклинального типа [10, 11]. Это явление связывают с зонами ультраметаморфического селективного плавления гранита, сопровождавшегося образованием мигматитов и соскладчатых тел гранитоидных массивов, что в понимании Мияширо [13] представляется как корневой контактово-региональный метаморфизм, наложенный на эпизональный региональный метаморфизм синклинория. Это дает возможность считать второстепенными объектами для проведения поисковых работ на золото отрицательные синклинальноподобные структуры высших порядков, усложняющие структурный план Западно-Ахаггарского грабен-синклинория.

Косвенным подтверждением изложенного выше могут являться результаты определения коэффициентов зональности оруденения и интенсивности рудной минерализации для различных минеральных ассоциаций милонитов и ультрамилонитов зоны Восточно-Инуззальского глубинного разлома, рассчитанные по методике С.В.Григоряна и Л.Н.Овчинникова [7]. В основе расчетов

лежат соотношения количеств Au, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Mo, Cu, Bi, Co, Ni, W, определяющие элементный состав первичных ореолов золоторудных месторождений.

Коэффициент зональности оруденения (K_3) определялся по формулам:

$$K_3 = \frac{Ag \cdot As \cdot Pb}{Co \cdot Mo \cdot W} \text{ или } K_3 = \frac{Ag \cdot Pb}{Cu \cdot Mo}.$$

Значение коэффициента зональности свидетельствует об уровне среза рудного ореола: при $K_3 > 1$ ореол соответствует надрудному срезу, а при $K_3 < 1$ – подрудному.

Коэффициент интенсивности оруденения (K_u) характеризует масштабность оруденения и определяется по формулам:

$$K_u = \frac{Pb \cdot Ag \cdot Zn}{Co \cdot Ni \cdot V(Cr)} \text{ или } K_u = \frac{Zn \cdot Cu \cdot Pb}{Co \cdot Ni \cdot V}.$$

При $K_u = n \cdot 10^{7-8}$ месторождения относятся к крупным; при $K_u = n \cdot 10^{5-6}$ – к средним; при $K_u = n \cdot 10^{2-4}$ – мелким; $K_u = n \cdot 10$ соответствует зонам рассеянной минерализации.

По данным расчетов, для милонитов и ультрамилонитов с характерной минеральной ассоциацией кварц + хлорит + серицит + карбонат + (в редких случаях) амфибол $K_3 > 1$. Это свидетельствует о надрудном срезе рудного ореола. Милониты и ультрамилониты с гранитоидной минеральной ассоциацией (кварц, микроклин, плагиоклаз, биотит, хлорит, карбонат) имеют $K_3 < 1$, что указывает на подрудный срез рудного ореола.

Коэффициент интенсивности оруденения всех минеральных разновидностей милонитов и ультрамилонитов менее 100, что свидетельствует о присутствии в составе этих пород зон рассеянной золоторудной минерализации.

Таким образом, установленные коэффициенты зональности подтверждают потенциальную золотоносность милонитов и ультрамилонитов, сформировавшихся по вулканогенным породам серии фарузий. Кроме того, они позволяют выявить уровень среза рудного ореола. Результаты расчетов показали, что милониты и ультрамилониты с минеральной ассоциацией, близкой к составу гранитоидов, бесперспективны: они более глубинны по сравнению с образованиями фарузия и, соответственно, согласно представлениям Мияширо [13], относятся к образованиям более высокой степени метаморфизма.

Вторым признаком, позволяющим конкретизировать участки проведения поисковых работ, является наличие гранитоидного магматизма, связанного во времени с формированием метавулканогенно-осадочной серии фарузий. По данным И.В.Кунаева [5], характерным продуктом магматических процессов, сопутствовавших образованию золото-кварцевой формации и являющихся одним из основных критериев регионального прогнозирования месторождений, являются гомодромные габбро-гранитные серии с преобладанием в гранитоидной группе пород гранодиоритов и широким проявлением до- и послегранитных даек. Одной из особенностей таких интрузивных серий золотоносных районов является существенно щелочной тип интрузивных пород [2]. Важно также отметить, что золотоносность магматических комплексов, как это было установлено С.Сангаре [9] при изучении золотоносной провинции Калака (Западная Африка), может иметь двойное происхождение. С одной стороны источником золота в доскладчатых и постскладчатых гранитоидах могут быть мантийные продукты, с другой – золотоносность ультраметаморфических гранитоидов является унаследованной из ультраметаморфизованных вулканогенно-осадочных толщ. Известно также, что при формировании интрузивных тел широким развитием пользуются процессы контактового метаморфизма, границы распространения новообразований которого имеют согласные контуры с контурами интрузивных тел, пересекая общую слоистость вмещающих образований. Происходит наложение более молодого контактового метаморфизма на

регионально метаморфизованные породы, что накладывает соответствующий отпечаток на геохимические особенности и металлогению как вмещающих образований так и приконтактных частей магматических массивов. При этом, как отмечает ряд исследователей [2, 6, 8, 9], повышенные содержания золота в большинстве случаев отмечаются, в эндоконтактных образованиях. Это, по-видимому, объясняется выносом металла из более высокотемпературных центральных частей магматических массивов и последующим его отложением в низкотемпературных участках.

Учитывая, что гранитоидный магматизм Западно-Ахагарского грабен-синклинория представлен образованиями складчатой формации гранитоидных батолитов и постскладчатыми образованиями формации малых интрузий, а также формации гранитов Таурирт, можно предположить возможность обнаружения повышенных концентраций золота в эндоконтактных частях интрузивных тел последних двух формаций. В пользу этого свидетельствуют: 1) состав формаций (формация малых интрузий сложена, преимущественно, породами диоритового состава, а также более поздними аляскитовыми разновидностями гранитов, в то время как в строении формации гранитов Таурирт принимают участие гранитоиды от извесково-щелочных до натриевых разновидностей); 2) сопоставимость состава отмеченных формаций с продуктами гранитоидного магматизма; 3) приуроченность к формации малых интрузий [2].

Особого внимания с точки зрения возможности обнаружения промышленных концентраций золота заслуживает глубинный разлом, ограничивающий Западно-Ахагарский грабен-синклинорий с востока и отделяющий последний от Центрально-Ахагарского горст-антиклинория. Исходя из анализа опубликованных данных [10, 11], он по своей морфологии и строению очень напоминает Восточно-Инузальский разлом, к которому приурочена промышленная золоторудная минерализация. Характерной особенностью разлома является четко выраженная зона интенсивной милонитизации пород серии фарузий и частично серии суггарий. Следует также отметить, что образования суггария составляют облик Центрально-Ахагарского горст-антиклинория и они отличаются от метавулканогенного комплекса фарузий не только более древним возрастом (нижний протерозой), но и более высокой степенью метаморфизма (амфиболитовая и эпидот-амфиболитовая фации).

Таким образом, близкие черты строения Восточно-Инузальского разлома и разломной структуры, ограничивающей Западно-Ахагарский грабен-синклинорий с востока, позволяют последнюю рассматривать в качестве потенциальной на поиски золоторудных проявлений и месторождений. По комплексу признаков и критериев, установленных многими исследователями при изучении золото-кварцевой формации в других регионах, наиболее перспективными для обнаружения месторождений золота в пределах Западного Ахагара являются Западно-Ахагарский грабен-синклинорий и зоны милонитизации и ультрамилонитизации, приуроченные к глубинным разломам, ограничивающим этот структурный элемент региона. Тектонические зоны заслуживают внимания на участках пересечения ими метавулканогенно-осадочных образований серии фарузий. Внутри грабен-синклинория наиболее благоприятными для локализации кварц-золоторудной минерализации являются синклиналиподобные структуры высших порядков, выполненные образованиями спилиткератофировой и андезит-риолитовой формаций, метаморфизованными в условиях низких ступеней зеленосланцевой фации метаморфизма, а также участки развития гранитоидов формации малых интрузий и гранитов формации Таурирт. В последнем случае особого внимания заслуживают эндоконтактные зоны массивов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Благонадежин Б.И.* Новые данные об абсолютном возрасте изверженных пород и золотого оруденения в Западной Африке // Известия вузов. Геология и разведка.– 1979.– №8.– С. 42-44.
2. *Благонадежин Б.И., Перунов В.И.* Малые интрузии и золотое оруденение в нижнем протерозое Западной и Восточной Африки // Известия вузов. Геология и разведка.–1978.– №9.– С. 62-88.
3. Критерии прогнозирования оценки территорий на твердые полезные ископаемые / *Ред. Д.В. Рундквист* // Ленинград: Недра, 1986.– 750 с.
4. *Кунаев И.В., Бергер В.И.* Эндогенные полезные ископаемые / Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Восток СССР // Ленинград: Недра, 1984.– Т. 8.– С. 325-330.
5. *Кулиш Е.А.* Факторы и геохимия метаморфизма золота // Геологический журнал.– 1992.– №4.– С. 3-12.
6. *Куприянов В.Г., Деланье А.М.* Некоторые особенности размещения месторождений золота на территории Западной Африки // Труды Научно-исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран.– 1970.– Вып. 21.– С. 109-214.
7. Литохимические методы поисков глубокозалегающих рудных месторождений / *Ред. Л.Н. Овчинников, С.В. Григорян* // Москва: Недра, 1985.– 186 с.
8. *Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н., Пизнюр А.В., Попивняк И.В.* Термобарометрия золота // Львов: Свит, 1995.– 280 с.
9. *Потатьев В.А.* Поведение золота в процессе контактового метаморфизма и некоторые вопросы генезиса золотого оруденения, связанного с гранитоидами / Геохимия золота. Тезисы докладов симпозиума "Минералогия и геохимия золота" // Владивосток, 1974.– С. 60-61.
10. *Сангаре С.* Петрографические факторы золотоносности района Калана (Юг Мали) / Дис. канд. геол.-минерал. наук // Кривой Рог, 1993.– 24 с.
11. Тектоника Африки / *Ред. И.А. Шуберт, Фор-Мюре М* // Москва: Мир, 1973.– 514 с.
12. *Чайка В.М.* Рифениды Центральной Сахары // Москва: Наука, 1979.– 174 с.
13. *Miyashiro A.* Evolution of metamorphic belts – J. petrol., 1961.

ЗИГХМИ К. Оцінка потенційної золотоносності докембрійських комплексів Туарегського щита.

РЕЗЮМЕ. В межах Туарегського щита присутні геологічні утворення, перспективні для виявлення промислової золоторудної мінералізації. До них відносяться: 1) зони глибинних розломів, які обмежують Західно-Ахаггарський грабен-синклінорій на ділянках розвитку порід серії фарузій; 2) синклінальноподібні структури вищих порядків у товщі порід спіліт-кератофірової і андезит-ріолітової формацій; 3) ділянки розвитку формації малих інтрузій і гранітоїдів формації Таурірт.

ЗИГХМИ К. Оценка потенциальной золотоносности докембрийских комплексов Туарегского щита.

РЕЗЮМЕ. В пределах Туарегского щита присутствуют геологические образования, перспективные для обнаружения промышленной золоторудной минерализации. К ним относятся: 1) зоны глубинных разломов, ограничивающих Западно-Ахаггарский грабен-синклинорий на участках развития пород серии фарузий; 2) синклинальноподобные структуры высших порядков в толще пород спилит-кератофировой и андезит-риолитовой формацій; 3) участки развития формації малых интрузий и гранитоидов формації Таурірт.

ZIGHMI K. Evaluation of potential gold-content in the Tuareg Shield Pre-Cambrian complexes.

SUMMARY. Geological formations prospecting for finding commercial gold-ore mineralization occur within the limits of the Tuareg Shield. They include: 1) abissal fault zones bounding West-Ahaggar graben-synclinorium on the areas of Pharuziy rock series distribution; 2) supreme order synclinal like structures in the rock mass of spilite-keratophire and andesite-rhyolite formations; 3) areas of small intrusions formation and Taurirt granitoides formation distribution.

*Надійшла до редакції 11 листопада 2004 р.
Представила до публікації проф. О.В. Орлінська.*