

УДК 550.42:428

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ И СОСТАВА ЗОЛОТА В РАЗНОТИПНЫХ ЗОЛОТОПРОЯВЛЕНИЯХ УКРАИНСКОГО ЩИТА

А.А. Юшин, Л.И. Канунникова., В.С. Мороз, Л.И. Проскурко,

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П.Семеновко НАН Украины,
г. Киев, Украина.*

На Украинском щите (УЩ), который многие годы считался бесперспективным на поиски золота, в результате целенаправленных исследований к концу 90-х годов было выявлено десятки разнотипных проявлений золотого оруденения, среди которых отдельные рассматриваются уже в ранге месторождений (Сергеевское, Балки Золотой, Балки Широкой, Клинцовское, Восточно-Юрьевское, Майское, Желтоводское, Капитановское и ряд других, более мелких). Известные месторождения и рудопроявления золота локализуются в раннедокембрийских комплексах пород различного состава и возраста.

Разнообразие геохимических обстановок (и, вероятно, источников) формирования золотопроявлений УЩ находит свое отражение в индивидуальных параметрах парагенетических ассоциаций рудных элементов. Проведенное нами изучение элементов рудно-геохимической зональности на некоторых золоторудных объектах УЩ выявляет значительные различия параметров присущих им первичных геохимических ореолов [3, 5]. Наиболее распространенными и контрастными компонентами геохимических ореолов золотопроявлений УЩ являются Ag, Cu, As и Bi, реже – Zn, типичные для проявлений золоторудной минерализации, сопряженных с оруденением медно-молибденпорфировой субформации. Но в рудах некоторых объектов фиксируются повышенные концентрации и других элементов.

Так, для некоторых зон золоторудной минерализации в архейских зеленокаменных структурах и раннепротерозойских гранито-гнейсовых комплексах УЩ характерны аномальные концентрации сурьмы. На Желтоводском месторождении (Северное Криворожье), где золоторудная минерализация локализуется не только в кварцевых и кварц-сульфидных штокверках, но и в низкотемпературных вторичных кварцитах и аргиллизитах, характерны проявления элементов рудно-геохимической зональности типа Cu-Ag, Zn (Au) – Nb, Y [6].

Геохимические особенности золотого оруденения конкретных объектов УЩ проявляются также в параметрах изотопного состава углеродистого вещества и ранее практически не исследовавшихся параметрах распределения платиновых металлов, урана, селена, теллура.

Особое место среди них занимают, по нашему мнению, проявления золоторудной минерализации, пространственно и, возможно, генетически, связанные с углеродистыми комплексами раннего докембрия УЩ, площади развития которых трассируются многочисленными рудопроявлениями и месторождениями U, Au, Pb, V, REE и др. металлов. Известны проявления золоторудной минерализации, локализованные в раннепротерозойских углеродистых комплексах Криворожской и Западно-Ингулецкой зон (Желтоводское, Петровское и другие), западного обрамления Корсунь-Новомиргородского плутона (Овражное, Мостовое и др.), Среднего Побужья, Кочеровской структуры. Пространственно тяготеют к гнейсо-мигматитовым горизонтам графитсодержащих пород, и, возможно, генетически связаны с ними, проявления золотого оруденения в структурах раннепротерозойских гранито-гнейсовых комплексов (Клинцы, Губовское, Вост. Юрьевское и др.).

Специфичность процессов формирования золоторудных проявлений, ассоциирующих с углеродистыми образованиями раннего докембрия УЩ, подчеркиваются: 1) развитием на

флангах золоторудных объектов скоплений т/з агрегатов и таблитчатого графита, углерод которого существенно обогащен изотопом ^{12}C до $-30\div-35\%$ – в отличие от рассеянного графита пород и трещинных скоплений в зонах динамометаморфизма ($\delta^{13}\text{C}$ от -14 до -22%). Такие скопления, в которых содержания изотопно-легкого графита достигают 30-50 % и более, характерны для участков интенсивной (и, как правило, неоднократной) тектонической переработки и заметных метасоматических изменений пород, что позволяет рассматривать их как проявления специфические метасоматической углеродизации ("науглероживания" по П.Ф.Иванкину и др.) и/или развитие таких специфических метасоматитов аналогов шунгитов. Пространственно с такими зонами углеродизации совмещаются проявления скарнирования, окварцевания, карбонатизации, аргиллизации пород углеродистых комплексов, развитие субогласных тел специфических карбонатных метасоматитов с аномально "утяжеленным" (до $+9\div+13\%$) изотопным составом углерода карбонатов, обогащенных Sr (до 1000-3000 г/т), Ni, Mg.

Локальность проявлений таких углеродистых метасоматитов и сопряженных с ними рудопроявлений, в комплексе с результатами петрографических исследований и геохимическими данными, подтверждает высказанное ранее (Юшин, 2005) предположение о присутствии в пределах Криворожской и Западно-Ингулецкой структур специфических центров эндогенной активности (иногда – с проявлениями синхронного вулканизма), аналогичных описанным для Карело-Кольского региона (Мележик и др., 1988).

Наиболее систематически такие процессы прослеживаются в Криворожско-Кременчугской структуре. Здесь сложно построенный сдвигово-надвиговой шов, прослеживающийся вдоль всей Криворожско-Кременчугской СМЗ, в сочетании с серией опережающих разломов контролирует положение тектонического контакта саксаганской и гданцевской свит нижепротерозойской криворожской серии, вдоль которого на протяжении почти 100 км прослеживаются серия локальных проявлений гидротермально-метасоматических изменений пород с развитием зон окварцевания и сульфидной минерализации с содержаниями золота до 5-20 г/т (иногда отмечается присутствие платины до 0,2 г/т и более). Наиболее значительный в этой зоне золоторудный объект (Желтоводское месторождение) был выявлен в последние годы на северном продолжении Криворожско-Кременчугской зоны. Золотое оруденение с содержаниями до 49 г/т локализуется в железистых кварцитах и вторичных кварцитах вдоль контакта с толщей углеродистых пород гданцевской свиты – в зонах интенсивной тектонической переработки, окварцевания, пиритизации и углеродизации пород с золоторудными аргиллизитами на флангах. Золото преимущественно мелкое, весьма мелкое и тонкое (0.15-0,05 мм и менее), комковатое, низкопробное (пробность 700-750) с примесью меди до 0,1 %.

Золоторудные проявления УЩ заметно различаются по уровню примесей платиновых металлов. Полученные к настоящему времени результаты выявляют приуроченность к тем же структурно-металлогеническим зонам и районам, в которых концентрируется основная масса золотопроявлений, и многих проявлений платинометальной минерализации.

В целом для пород рудовмещающих разрезов всех изученных золоторудных районов УЩ характерно постоянное (98 % проб) присутствие палладия в концентрациях от 0.002 до 0.014 г/т. Наиболее низкий геохимический фон палладия присущ рудовмещающим разрезам Клиновского рудного поля (следы-0.006 г/т), а наиболее высокий (до 0.030 г/т и более) характерен для разрезов Капитановского месторождения. Платина в концентрациях до 0.007-0,010 г/т отмечается спорадически, содержания редких платиноидов обычно ниже уровня чувствительности определения.

В рудных полях месторождений золота архейских зеленокаменных структур (ЗКС) Среднего Приднепровья геохимические аномалии платиновых металлов обычно не фиксируются. Только в рудовмещающих разрезах Сергеевского золоторудного месторождения (Сурская ЗКС) на фоне весьма равномерного распределения палладия с локальными геохи-

мическими аномалиями платины (приуроченными, как правило, к метабазитам), изредка отмечаются контрастные аномалии родия и иридия (приурочены к телам метадацитов). Но для собственно золоторудной минерализации (более 0.5 г/т) типично незначительное повышение содержаний платины (до 0,08-0,1 г/т) при существенно увеличенных (до 0.04 г/т) и крайне неравномерных концентрациях палладия, единичных аномалиях родия (до 0.05-0.15 г/т). Со смещением к восточному флангу (Восточно-Сергеевскому рудопроявлению молибдена) отмечается систематическое увеличение доли проб с аномальными содержаниями платины и родия, достигающими, соответственно, 0.25 и 0.28 г/т, в отдельных пробах фиксируется также присутствие иридия (до 0.05-0.15 г/т).

Для гнейсо-мигматитовых разрезов Майского месторождения характерны более многочисленные (до 6 уровней в разрезах южного фланга) слабоконтрастные аномалии платины (до 0.10 г/т) и палладия (до 0.020 г/т), в отдельных интервалах – родия и иридия (до 0.04-0.07 г/т). В собственно золотых рудах содержания платины и палладия оказываются даже несколько ниже, чем в аномальных зонах. Состав геохимических ассоциаций рудных элементов (повышенные концентрации Ni, Cr) в подобных аномальных зонах позволяет предполагать сингенетичный с вмещающими породами характер накопления и стратифицированное распределение платинометальной минерализации.

В золоторудных зонах Желтоводского месторождения нередко фиксируется повышенный фон платиновых металлов, но максимальные концентрации платины и палладия достигают соответственно 0,1-0,2 и 0,22 г/т (иногда с родием до 0.1 г/т) в ассоциации с Au (от 0,5 до 4,8 г/т) характерны именно для зон развития аргиллизитов.

Исследованиями последнего времени выявляют пространственную (возможно и – генетическую) связь отдельных золото-платинометальных проявлений также с ураном. В рудах давно отработанного медно-молибден-уранового месторождения Червоный Шахтар на фоне рудных содержаний Au (до 3 г/т и более) также отмечались повышенные концентрации Pt (до 0.027 г/т) и палладия (до 0,123 г/т). Разнообразие проявлений комплексного (Au-Cu-Mo-U, Au-U с Pt и т.д.) оруденения позволяет прогнозировать вероятность выявления на Украинском щите объектов, сходных с такими, как Джабилука – Коронейшн-Хилл и Олимпик-Дем в Австралии. Уже выявлены первые проявления оруденения такого типа.

Контрастное распределение характерно (хотя фиксируются не всегда – в силу сложностей с аналитикой) для ореолов U, Se и особенно – Te. В большинстве изученных рудомещающих разрезов содержания Te и Se не превышают кларкового уровня при несколько повышенном фоне U в углеродистых породах. С усилением метаморфической и динамо переработки углеродистых пород наблюдается некоторое снижение фоновых концентраций U и Se с накоплением Se в сульфидных фракциях пород, что было отмечено еще А.И. Тугариновым (1966). Более поздние неоднократные метасоматические изменения пород сопровождалась сложной дифференциацией рудных компонентов пород и несомненным привнесом отдельных рудных компонентов.

Отметим, что, невзирая на минералогические находки различных теллуридов и, реже, селенидов, в составе минеральных ассоциаций золотых руд некоторых месторождений (Сергеевское, Майское и др.), в большинстве таких руд содержания Se и Te оказываются на уровне кларковых и ниже. Это позволяет считать, что во многих случаях такая минерализация является аксессуарной, образовавшимся за счет мобилизации Se и/или Te из пород. Заметно повышаются концентрации Te и, особенно, Se, при этом Te характерен прежде всего для метасоматитов молибденовых рудопроявлений (где он накапливается на флангах рудных зон), а селен образует повышенные концентрации в зонах развития жильных золото-сульфидных и уран-сульфидных, локализованных в участках развития углеродистых метасоматитов или секущих как высоко- так и низкотемпературных образованиях в тектонических зонах. В локальных зонах интенсивной метасоматической переработки пород изредка отмечается разви-

тие жильных и штокверковых образований состава от Au-Ag-Bi-Cu-U до существенно Ag с высокими концентрациями селена (до 10-30 г/т), реже – теллура (до 35 г/т) и урана. Максимальных значений (120-200 г/т и более) концентрации селена (120-1000 г/т) и теллура (до 200 г/т) достигают в сульфидных концентратах, что свидетельствует о присутствии минеральных форм нахождения этих элементов. Действительно, в ассоциациях с золоторудной и молибденовой минерализацией в рудах Майского и Восточно-Сергеевского месторождений отмечается присутствие гессита (Ag- 61,38-62,98% Te -36,11-37,41%) а также – калаверита и тетрадимита, отчетливо тяготеют к внешним зонам первичных эндогенных ореолов молибдена и меди Восточно-Анновского месторождения контрастные аномалии теллура и, в меньшей степени, селена, сопровождающиеся минерализацией теллуrowисмутита (Bi 71,61; Te 22,60; Se 1,60; S 4,18 %), гессита и самородного висмута с примесью теллура. Высококонтрастные аномалии селена характерны для зон развития комплексного (U-Cu-Au-Ag-Sb-PGE) оруденения западного борта Криворожской структуры.

Разнообразие обстановок формирования золоторудных минеральных ассоциаций должно неизбежно отражаться и в составе собственно золота. Однако, значительное количество результатов проведенных ранее микрозондовых анализов золота из руд различных месторождений и рудопроявлений в целом не выявляет контрастных различий между оруденением разного типа. В пределах рудных полей всех изученных месторождений и рудопроявлений пробность золота в рудах всех изученных типов изменяется в широких пределах – от электрума (и даже кюстелита) до почти чистого самородного золота (99,71 %).

Таблица 1

Вариации содержаний основных компонентов в составе золота месторождений различного типа Украинского щита

Рудовмещающие образования	Концентрации элементов, %%				
	Au	Ag	Cu	Bi	Te
1. Зеленокаменные структуры архея	73,13-99,71	0,16-26,67	0,01-0,21	0,01-0,08	0,01-0,07 (до 0,13)
2. Гранито-гнейсовые комплексы	72,60-99,20	0,8-33,06	0,01-0,12	0,01-1,34	сл-0,04
	82,02-99,38	0,31-13,69	0,02-0,88	0,01-7,12	0-0,02
3. Ультрабазит-базитовые комплексы	74,09-95,61	2,95-9,38	0,34-25,2	0,08-0,74	
	82,1-99,8	Сл.-0,02	3,70-16,41		
4. Углеродистые комплексы раннего протерозоя	64,34-97,19	2,81-35,36	0,01-0,02	0-0,36	
	66,24-90,62	8,89-33,45	Сл.-0,13	0,03-1,36	Сл.-0,03
	58,40-92,36	5,51-39,01	Сл.-0,16	0,04-0,34	

Широкие вариации состава золота в границах единых рудных полей указывают на вероятную полистадийность формирования большинства золоторудных объектов УЩ.

В целом, максимальные значения пробности при невысоких содержаниях Cu, Bi и постоянном присутствии незначительной примеси Te типичны для золота из месторождений ЗКС. Рост содержаний Cu и, особенно, Bi характерно для золота из руд в гранито-гнейсовых комплексах раннего протерозоя. Максимальные концентрации Cu типичны для золота оруденения в ультрабазит-базитовых комплексах Среднего Побужья. Золото различных рудопроявлений, локализованных в углеродистых комплексах, характеризуется максимальным диапазоном значений пробности (Au 58,40-97,19 %), низкими содержаниями меди и незначительно повышенными – висмута. Существенно дополняют общую картину данные о примесях в золоте селена. Для золота всех типов руд не отмечено корреляции содержаний Au и Ag с Fe, Ni, Co, As, Sb.

С учетом общего массива аналитических данных различаются:

- золото, отвечающее практически беспримесным тройным сплавам Cu-Ag-Au двух разновидностей: Au 90-99 %,4 и Au 72-80 %;
- тройные сплавы с примесью Bi и Cu. Пробность медистого (Cu до 0,9) золота 86,2-95,1 %, низкомедистого (Cu до 0,1 %) – 66-84 %;
- золото с Au 73-99,7 % с постоянной примесью Hg, часто в сочетании с Se и Te;
- золото с примесью Te имеет различную пробность (от 75 до 99 %), обычно – с невысокими уровнями примесей Cu и Bi, невзирая на присутствие в составе рудных минеральных ассоциаций гессита. Максимальное содержание Te в минералах золота установлено в электроуме (0,6 %);
- золото с примесями Se до 0,1% в дискретных диапазонах пробности (64-73 и 93-98 %), иногда совместно с Cu, Bi, Hg. В ассоциирующем самородном серебре содержание Se до 0,31 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутырин В.К., Юшин А.А., Козарь Н.А. Новый тип золотого оруденения в раннем докембрии Украинского щита – Желтоводское месторождение Криворожья // Материалы Международ. конф. "Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования месторождений полезных ископаемых". – Ташкент: Изд. Таш. ГТУ, 2006. – С. 147-149.
2. Снежко А.М., Юшин А.А. Золото и платиноиды в графитоносных комплексах центральной части Укр. щита // Материалы Всерос. симпозиума "Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов". – М.: ООО "СВЯЗЬ-ПРИНТ", 2002. – С. 236-240.
3. Юшин А.А., Снежко А.М., Яценко В.Г. Геохимия благородных металлов в высокоуглеродистых формациях докембрия Украинского щита // Сб. науч. тр. ИГОС НАН и МЧС Украины. – Вып. 7/8. – 2003. – С. 86-102.
4. Юшин А.А. Благородные металлы в докембрийских метаморфических формациях // Мат. Всерос. симпозиума "Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов". – М.: ООО "СВЯЗЬ-ПРИНТ", 2002. – С. 247-251.
5. Юшин А.А. Платиновые металлы в углеродистых формациях как отражение специфики металлогенического развития регионов: Мат. 111 Всерос. симпозиума "Золото Сибири и Дальнего Востока". – Улан-Уде.: Изд. ЦНБ СО РАН, 2004. – С. 258-260.
6. Юшин А.А., Бутырин В.К., Гальчанский Л.В., Стаднишина Н.В. Геохимическая зональность Восточно-Анновского месторождения молибдена в раннедокембрийских комплексах Криворожья как отражение его генетической позиции // Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии и геохимии. – М.: Изд. ИГЕМ РАН, 2008. – С. 235-237.
7. Юшин А.А. Бутырин В.К. Некоторые проблемы оценки золоторудного потенциала Криворожья // Научн. Тр. УкрНИМИ НАНУ. – Вып. 5. – Ч. 2. – Донецк, 2009. – С. 336-343.
8. Ярошук М.А., Юшин А.А., Вайло А.В. Перспективы комплексного оруденения в зоне контакта саксаганской и гданцевской свит в Кривбассе // Научн. вестник Нац. горного университета Украины. – № 9. – Днепропетровск, 2003. – С. 31-33.