

Наложенные вторичные ореолы рассеяния золотого оруденения и их поисковое значение в условиях Украинского щита

Новиков Ю. А., Новикова Л. Н.
Крымское отделение УкрГГРИ, Симферополь

В основу статьи положены результаты сопряженного изучения первичных и вторичных ореолов и потоков рассеяния золоторудных объектов в Среднеприднепровском, Приазовском и Побужском рудных районах Украинского щита. Охарактеризованы параметры наложенных вторичных ореолов и литохимических потоков рассеяния этих объектов. Впервые в Украине изучены формы нахождения золота в наложенных вторичных ореолах золоторудных месторождений (на примере месторождения Балка Широкая). Показана возможность проведения близповерхностных литохимических поисков по наложенным вторичным ореолам и потокам рассеяния с целью поисков золотого оруденения – в пределах геохимических ландшафтов кальциевого, кальций-натриевого и хлоридно-сульфатно-кальциевого классов водной миграции.

В основу данной статьи положены результаты сопряженного изучения первичных и вторичных ореолов рассеяния, а также литохимических потоков рассеяния золоторудных объектов в Среднеприднепровском (месторождение Балка Широкая), Приазовском (Сурожское месторождение, рудопроявления Андреевское, Сорокинское, Крымское) и Побужском (рудопроявления Савранской площади) рудных районах Украинского щита (УЩ).

В процессе геологосъемочных и поисковых работ в основных золоторудных районах УЩ, в связи со значительной мощностью рыхлых образований, площадные литохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния (с анализом на золото литохимических проб) проведены в небольшом объеме (попутное литохимическое опробование по отдельным линиям скважин и скважинам здесь не обсуждается).

В настоящее время, как и ранее, на УЩ основу поисковых и поисково-оценочных работ составляет комплексное применение геологических и геофизических методов исследования – доля геохимических методов неоправданно низка. Учитывая ограниченность объема поискового бурения и нередко невысокую эффективность выполненных здесь геофизических исследований, следует признать, что степень опоскованности УЩ на рудное и россыпное золото недостаточно высока. Поэтому результаты выполненных работ не отражают реальных перспектив рудоносности территории.

Возможность эффективного применения литохимического метода поисков по остаточным вторичным ореолам рассеяния в рудных районах с небольшой мощностью элювио-делювиальных образований (Раховский массив Закарпатья, отдельные участки и площади Приазовского рудного района Нагольного Кряжа) доказана практикой геологоразведочных работ (ГРР) и не вызывает сомнений. Месторождение Сауляк в Раховском рудном районе Закарпатья выявлено в 1974 г. при оценке остаточных вторичных ореолов рассеяния золота. В Нагольном Кряже Бобриковскому месторождению соответствует вы-

соко контрастный остаточный вторичный ореол рассеяния с содержанием золота 0,03–1,0 г/т [1]. На участке Сурожского месторождения авторами не только выявлены остаточные вторичные ореолы рассеяния золотоносных зон окварцевания метабазитов и золотоносных песчано-дресвяно-галечных пролювиально-аллювиальных плиоцен-нижнечетвертичных отложений, но и показано, что содержание золота в этих ореолах может достигать значений, представляющих практический интерес.

Все вышеназванные остаточные вторичные ореолы рассеяния золота открытые, т. е. легко могут быть выявлены при опробовании на уровне верхних горизонтов почв (А₁ и В) в условиях УЩ. На большей части территории остаточные вторичные ореолы рассеяния золота закрыты, поскольку коры выветривания, в которых они прослеживаются, перекрыты чехлом палеоген-неогеновых и четвертичных отложений. При этом золово-делювиальные лессовидные суглинки почти сплошным чехлом перекрывают коры выветривания рудовмещающих пород кристаллического фундамента и отложения палеоген-неоген-нижнечетвертичного возраста. Поэтому надежная оценка золотоносности территории на основе выявления остаточных вторичных ореолов рассеяния, как правило, возможна лишь при проведении глубокой литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния. К категории закрытых принадлежат остаточные вторичные ореолы рассеяния золота месторождения Балка Широкая (Среднеприднепровский рудный р-н), некоторых рудопроявлений золота Побужского и Приазовского рудных р-нов. Проведение глубоких литохимических поисков требует значительных затрат на бурение скважин и реально только на отдельных небольших участках – на стадиях детальных поисков и поисково-оценочных работ. Высокая стоимость этих работ – основная причина небольшого объема их выполнения.

Следовательно, широкое применение геохимических методов поисков рудных месторождений на УЩ возможно лишь при увеличении их глубинности. В настоя-

Некоторые параметры наложенных вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов золотого оруденения месторождения Балка Широкая

Элементы-индикаторы оруденения	Параметры ореолов отдельных элементов		
	\bar{K}_K	$\gamma = \frac{\ell_g \bar{K}_K}{\ell_g \varepsilon}$	$k = \frac{M_{op}}{M_{p.z.}}$
<i>I. Ореолы на уровне суглинков гумусового горизонта почв (A₁)</i>			
Золото	11,5	5,7	0,13
Мышьяк	2,2	1,8	0,04
<i>II. Ореолы на уровне суглинков иллювиального карбонатного горизонта почв (B)</i>			
Золото	9,6	5,2	0,14
Мышьяк	2,3	1,8	0,08
Барий	1,5	1,55	-
<i>III. Ореолы в лессовидных золово-делювиальных суглинках (Q_{1-III}) на уровне зеркала грунтовых вод</i>			
Золото	15,2	6,3	0,22
Мышьяк	2,5	2	0,13
Барий	2	2,1	-
Молибден	2,1	2,6	-

Примечание: K_K – среднее значение коэффициента концентрации; γ – показатель контрастности ореола; k – коэффициент остаточной продуктивности (коэффициент соответствия)

районов. Выявление наложенных ореолов рассеяния и определение их параметров выполнено на основе комплексного применения приближенно-количественного спектрального, рентгено-спектрального, атомно-абсорбционного и пробирно-атомно-абсорбционного методов анализа валовых литохимических проб.

Морфология, пространственное положение относительно золоторудных минерализованных зон месторождения, горизонты (уровни) максимального развития ореолов, элементный состав и другие параметры наложенных ореолов рассеяния месторождения Балка Широкая показаны на рис. 1, 2 и в таблице.

Из этих материалов следует, что рассматриваемые ореолы – надрудные (установлены в пределах вертикальной проекции рудной зоны месторождения), открытые, достаточно контрастные, обладают значительными размерами и продуктивностью: линейная продуктивность наложенных вторичных ореолов рассеяния золота составляет 1,5-2 мг/т и более.

Для изучения форм нахождения золота в наложенных вторичных ореолах рассеяния в химической лаборатории КО УкрГТРИ был выполнен фазовый химический анализ группы литохимических проб суглинков гумусового (горизонт A₁), переходного (A₂), иллювиального карбонатного (B) горизонтов почв и почвообразующих золово-делювиальных суглинков. Установлены основные формы нахождения золота в наложенных вторичных ореолах рассеяния, прослеженных в почвах и почвообразующих золо-

во-делювиальных суглинках: 1 – неокристаллизованная (связанная с аморфными гидроокислами железа, марганца и др.); 2 – связанная с кристаллическими формами гидроокислов и окислов железа; 3 – обменно-сорбированная; 4 – связанная с глинистыми минералами. Анализ баланса распределения золота показывает, что доминирующей формой нахождения его в наложенных ореолах служит неокристаллизованная – с ней связано 60–90 % общего количества золота. С кристаллическими формами гидроокислов и окислов железа связано 3–30 % общего количества золота ореола; с глинистыми минералами – 1,5–11 %. Из подвижных форм золото установлено только в обменно-сорбированной форме: ~ 5 % валового содержания в ореоле. Коэффициент концентрации золота наложенных ореолов в неокристаллизованной форме составляет от 8 до 30, а во всех остальных формах нахождения золота – от 1,5–2,5 до 4–4,5.

Механизм формирования вторичных ореолов рассеяния рудных месторождений рассмотрен в работах Ю. Е. Саета [2], А. П. Соловова [3], А. И. Перельмана [4, 5] и др. Ниже приводится краткая характеристика механизма формирования наложенных вторичных ореолов рассеяния месторождения Балка Широкая.

Первой стадией образования вторичного ореола рассеяния месторождения служит выветривание, обусловившее формирование зоны окисления месторождения, дезинтеграции, механического ореола рассеяния. Все минеральные типы руд месторождения существенно сульфидные и сульфидсодержащие, поэтому формирование солевых вторичных ореолов рассеяния его происходит, главным образом, в результате процессов серноокислительного и электрохимического растворения первичных рудных минералов. Древняя кора выветривания формируется в зоне просачивания и аэрации, характеризующейся кислой окислительно-восстановительной обстановкой. В этих условиях процесс окисления сульфидов, а также магнети-

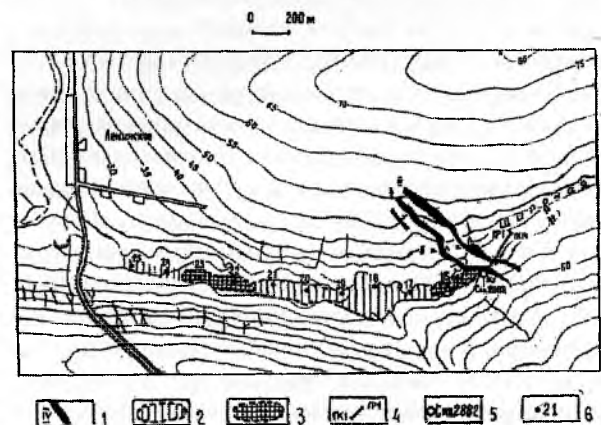


Рис. 3. Литохимический поток рассеяния золота месторождения Балка Широкая: 1 – зоны золоторудной минерализации и их номера; 2-3 – литохимический поток рассеяния золота с содержаниями: 2 – 0,01–0,03, 3 – 0,03–0,1 г/т; 4 – профиль (ГР 1) мелких скважин шнекового бурения, совмещенный с профилем О ГРЭ №37 КП “Кировгеология”; 5 – скважина №2882 ГРЭ №37; 6 – скважины шнекового бурения в днище балки Широкой и их номера

та приводит к образованию лимонита и сульфатов тяжелых металлов. Последним, за редким исключением, свойственна высокая растворимость и способность к солевому рассеянию.

Формирование солевого ореола месторождения началось одновременно с формированием зоны дезинтеграции и продолжается в настоящее время. Благодаря огромной продолжительности формирования солевого ореола, в образовании его принимают участие даже трудно-растворимые минералы [3]. Солевое рассеяние на участке месторождения связано с образованием минерализованных водных растворов при соприкосновении грунтовых и трещинных вод с минерализованными зонами (рудными телами, первичными геохимическими ореолами) месторождения. Перенос вещества водных растворов осуществляется под воздействием нескольких процессов, наиболее важные из которых – капиллярный подъем, диффузионное передвижение солей и медленный вынос водных растворов из зоны выветрелых трещиноватых пород минерализованных зон месторождения к горизонту грунтовых вод и далее в направлении их истечения (градиент гидравлического давления). Присутствие рудных элементов в форме воднорастворимых соединений установлено экспериментально – на участке месторождения выявлены гидрохимические ореолы и потоки рассеяния золота (0,01–0,025 мкг/л), мышьяка (0,008 мкг/л) и бария.

Формирование наложенных вторичных ореолов рассеяния месторождения в современных покровных суглинках и почвах, а также в нижне- и верхнечетвертичное время происходит в окислительных нейтральных – слабощелочных условиях зоны интенсивного водообмена, связанной с поверхностными водотоками. Значение pH вод четвертичных отложений и почв месторождения составляет 7,1–7,8, воды в основном сульфатно-хлоридные с минерализацией 3–7 г/л. В этой обстановке наиболее благоприятные условия существуют для активной миграции анионогенных элементов (мышьяк, молибден и др.) в виде устойчивых комплексов (HAsO_4^{2-} и др.). Постоянное поступление элементов-индикаторов золотого оруденения в виде их водных растворов в горизонты золово-делювиальных и почвенных образований на участке месторождения обеспечивается относительно небольшой глубиной залегания уровня грунтовых вод (1,5–5 м), высокой интенсивностью водообмена и капиллярным подъемом водных растворов.

Работами Ю. Е. Саета [3], А. И. Перельмана [4, 5] и др. установлено, что закрепление подвижных элементов-индикаторов оруденения в наложенных ореолах происходит на геохимических барьерах в зоне эпигенетических преобразований аллохтонных отложений и почв.

В профиле почв и золово-делювиальных четвертичных отложений района работ наблюдается пространственное совмещение различных геохимических процессов, обусловивших совмещение группы разновозрастных геохимических барьеров: кислородного, сорбционного, щелочного карбонатного, испарительного и биогеохимического, на которых сформировались гипергенные литохимические аномалии элементов-индикаторов золотого

оруденения (золота, мышьяка, бария, молибдена) нижнечетвертичного-современного возраста.

Зачастую для наложенных вторичных ореолов рассеяния характерна небольшая абсолютная концентрация элементов-индикаторов перекрытого оруденения, что не позволяет выявлять их путем экспрессного анализа валовых литохимических проб [2]. Однако в аридных ландшафтах кальциевого класса водной миграции существуют условия, благоприятные для формирования контрастных наложенных ореолов рассеяния существенно сульфидных (золото-кварц-сульфидных и золото-сульфидно-кварцевых) рудных месторождений, обнаружение которых возможно путем экспрессного анализа валовых литохимических проб.

На участке месторождения Балка Широкая, наряду с наложенными вторичными ореолами группы элементов-индикаторов золотого оруденения, выявлены наложенные литохимические потоки рассеяния [3] этих элементов (рис. 3). Они формируются на путях твердого и водного стока (на участках разгрузки подземных вод) и некоторыми геохимиками рассматриваются как наложенные вторичные ореолы рассеяния, инфильтрационно смещенные по потоку подземных вод [2]. Формирование наложенных литохимических потоков рассеяния – результат процессов твердого (склонового) и водного стока, инфильтрации атмосферных осадков поверхностных вод в почвы и почвообразующие породы, истечения подземных вод зоны интенсивного водообмена (обогащенных элементами-индикаторами оруденения) в балочную сеть и закрепления водорастворимых соединений этих элементов в почвах и почвообразующих породах – на участках проявления близповерхностных геохимических барьеров зоны гипергенеза. В связи с неглубокой расчлененностью рельефа участка балки средой формирования литохимических потоков рассеяния элементов-индикаторов оруденения служат преимущественно почвенные горизонты (A₁, A₁B и B) намытых черноземных, лугово-черноземных и лугово-болотных почв; в меньшей мере – почвообразующие пролювиально-аллювиальные отложения.

Выявлены литохимические потоки рассеяния месторождения – комплексные полиэлементные образования – золота, мышьяка, бария и молибдена. Элементный состав литохимических потоков рассеяния месторождения, гидрогеохимических потоков и наложенных вторичных ореолов рассеяния его идентичны. Мелкими скважинами шнекового бурения литохимический поток рассеяния золота месторождения прослежен на глубину 3 м и в длину – на 2 км. Пространственное соотношение минерализованных зон месторождения и его литохимического потока рассеяния золота отражено на рис. 3. Содержание золота в пределах литохимического потока рассеяния изменяется от 0,01–0,03 до 0,14–0,18 г/т. Среднее содержание его в отдельных горизонтах почв и почвообразующих пород – 28–40 мг/т; показатели контрастности потока рассеяния изменяются от 5,4 до 6,2.

Имеющиеся данные о вторичных ореолах рассеяния золоторудных объектов УЩ свидетельствуют о том,

что представление об экранирующей роли осадочного чехла и бессмысленности (в связи с этим) проведения близповерхностных литохимических съемок по вторичным ореолам и потокам рассеяния, справедливо лишь отчасти и требует существенных корректив.

Геологические и ландшафтно-геохимические условия формирования вторичных ореолов и литохимических потоков рассеяния золоторудных объектов разнообразны. В пределах УЩ можно выделить три основных типа площадей по условиям формирования вторичных ореолов и потоков рассеяния и применения литохимических методов поисков:

I – площади преимущественного развития на корях выветривания осадочных палеоген-неогеновых и аллохтонных четвертичных отложений разной мощности (районы двухъярусной геологической структуры);

II – площади развития на мощных корях выветривания "покровных" эолово-делювиальных четвертичных отложений (в основном лессовидных суглинков) мощностью до 20–30 м;

III – площади и участки сильно расчлененной равнины с покровом делювиально-пролювиальных плиоцено-нижнечетвертичных, а также элювиально-делювиальных, элювиальных и делювиальных (преимущественно верхне-четвертичных и современных) образований (мощностью 1–10 м и более), развитых на докембрийских рудомещающих породах или на дресвяно-щебнистом горизонте смывой коры выветривания.

Соответственно определены преобладающие генетические типы ореолов: для площадей I типа – преимущественно закрытые остаточные и наложенные вторичные ореолы и потоки рассеяния золоторудных объектов (ореолы рудопоявления Савранской площади Побужского рудного района); для площадей II типа – развитие преимущественно закрытых остаточных и открытых наложенных вторичных ореолов и потоков рассеяния, открытых гидрогеохимических (водных) ореолов рассеяния элементов-индикаторов золотого оруденения (район месторождения Балка Широкая, отдельные участки Сорокинской ЗКС Приазовского рудного района); для площадей III типа – открытые надрудные диффузионные и диффузионно-дефлюкционные остаточные и открытые надрудные наложенные вторичные ореолы рассеяния и литохимические потоки рассеяния (участок Сурожского месторождения золота).

Представленная схема районирования территории УЩ только в самых общих чертах характеризует условия формирования и ожидаемые генетические типы вторичных ореолов и литохимических потоков рассеяния. В основном, она более или менее характеризует условия формирования остаточных вторичных ореолов и потоков рассеяния золоторудных объектов, но не учитывает целый ряд факторов, характеризующих условия формирования наложенных вторичных ореолов и потоков рассеяния элементов-индикаторов золотого оруденения: классы, роды и

виды геохимических ландшафтов, направление преобладающей миграции подземных вод, интенсивность водообмена, ожидаемые типы водных ореолов рассеяния элементов-индикаторов оруденения, глубину залегания первого от поверхности водоносного горизонта (постоянного или временного) и т. д. К настоящему времени объем имеющейся информации недостаточен для составления схемы (карты) по условиям применения литохимических методов поисков золоторудных месторождений по их наложенным вторичным ореолам и потокам рассеяния. Однако уже сегодня можно назвать ландшафтно-геохимические и геологические условия формирования открытых контрастных наложенных вторичных ореолов и потоков рассеяния золотого оруденения, выявление которых возможно на основе комплексного применения атомно-абсорбционного, химико-спектрального (на золото), рентгеноспектрального и приближенно-количественного спектрального методов анализа валовых литохимических проб.

Уже на данной стадии изученности можно рекомендовать для оценки золотоносности рудных районов УЩ в качестве опережающих площадные близповерхностные (с опробованием горизонтов А, и В почв и почвообразующих пород – с применением ручных пробоотборников) литохимические поиски по наложенным и остаточным вторичным ореолам и потокам рассеяния на отдельных площадях. К ним принадлежат площади геохимических ландшафтов кальциевого, кальциево-натриевого и хлоридно-сульфатно-кальциевого классов водной миграции, для которых установлены или обоснованно предполагаются: активный водообмен, открытые водные (гидрогеохимические) ореолы (или потоки) рассеяния элементов-индикаторов оруденения, относительно небольшая (до 10 м) глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта. Этим условиям соответствуют площади III-й и части II-го типа, возможно (к настоящему времени не доказано) отдельные участки площадей I-го типа.

Постановке литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния предшествует составление схемы районирования отдельных рудных районов и их частей по условиям проведения геохимических работ на основе имеющихся ландшафтно-геохимических, геологических и других карт. Учитывая реальную степень опосредованности отдельных золоторудных районов УЩ, литохимические поиски по потокам рассеяния могут быть проведены в масштабе 1:200000 – 1:100000, а поиски по вторичным ореолам рассеяния – в масштабе 1:50000 и крупнее – при выполнении ГРП разных стадий.

Актуальная задача ГРП в Украине – выявление погребенных рудных и россыпных месторождений золота, а также месторождений коры выветривания в пределах УЩ. Один из реальных путей ее решения – применение литохимических методов поисков месторождений золота по их наложенным вторичным ореолам и потокам рассеяния в комплексе ГРП в качестве опережающих.

1. Новиков Ю. А., Новикова Л. Н. Выявление россыпных месторождений золота по вторичным ореолам рассеяния в Нагольном кряже (Украина) // Природные и техногенные россыпи месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетия. – М., 2000. – С. 266.
2. Сает Ю. Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. – М.: Наука, 1982. – 168 с.
3. Соловов А. П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – 294 с.
4. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 241 с.
5. Перельман А. И., Борисенко Е. Н. и др. Геохимия ландшафтов рудных провинций. – М.: Наука, 1982. – 261 с.

Results of works on the conjugated study of the primary and secondary aureoles and stray fluxes of gold-bearing objects in Middle-Dnieper, Near-Azov and Pobuzhski ore areas of the Ukrainian shield have been taken as a basis in the article. Parameters of superpositioned secondary aureoles and lithochemical stray fluxes of these objects have been described. The forms of the gold occurrence in superpositioned secondary aureoles of gold-bearing deposits scattering (on the example of the Ravine Wide (Balka Shirokaya) deposit) have been studied for the first time in Ukraine. The possibility of near-surface lithochemical search carrying-out on superpositioned secondary aureoles and stray fluxes (with the purpose of the gold mineralization search) within the limits of geochemical landscapes of calcic, calcic-sodic and chloride-sulphate – calcic classes of the water migration has been shown.

Стаття ґрунтується на результатах комплексного вивчення первинних і вторинних ореолів та потоків розсіювання золоторудних об'єктів у Середньопридніпровському, Приазовському і Побузькому районах Українського щита. Охарактеризовані параметри накладених вторинних ореолів і літохімічних потоків розсіювання цих об'єктів. Вперше в Україні вивчено форми знаходження золота у накладених вторинних ореолах золоторудних родовищ (на прикладі родовища Балка Широка). Показано можливість проведення приповерхових літохімічних пошуків за накладеними вторинними ореолами і потоками розсіювання з метою пошуку золотого зруденіння – у межах геохімічних ландшафтів кальцієвого, кальцій-натрієвого і хлоридно-сульфатно-кальцієвого класів водної міграції.