

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ХРОМИТОНОСНЫХ КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЛИПОВЕНЬКОВСКОЙ ГРУППЫ УЛЬТРАБАЗИТОВ СРЕДНЕГО ПОБУЖЬЯ

Изучена геохимия золота, серебра, платины и палладия в нонтронитовых корях выветривания Среднего Побужья. Определены фоновые концентрации и уровни геохимических аномалий, особенности миграции по каждому металлу в различных зонах коры выветривания. Сделан вывод об их промышленных перспективах.

*Ключевые слова:* геохимия, нонтрониты, драгоценные металлы, кора выветривания.

Вивчено геохімію золота, срібла, платини та паладію в нонтронітових корях вивітрювання Середнього Побужжя. Визначені фонові концентрації та рівні геохімічних аномалій, особливості міграції кожного металу у різних зонах кори вивітрювання. Зроблено висновок про їх промислові перспективи.

*Ключові слова:* геохімія, нонтроніти, дорогоцінні метали, кора вивітрювання.

Studied geochemistry of gold, silver, platinum and palladium in the nontronitic weathering crusts by Middle Pobuzhye. The background concentrations and levels of geochemical anomalies, migration considerations for each of the metals in various zones of the weathering crust. The conclusion is drawn on their industrial prospects.

Key words: geochemistry, nontronites, precious metal, weathering crust.

**Актуальность.** В Побужье широко развиты базит-ультрабазитовые комплексы с благороднометальной (БМ) минерализацией, по которым сформирована промышленно значимая хром-никеленосная кора выветривания. Имеющиеся на сегодня данные по БМ оруденению в хромитоносных корях выветривания не позволяют однозначно оценить их перспективы. Постепенная отработка известных и разведка новых месторождений Липовеньковской группы в пределах Среднего Побужья позволила получить новые данные по оруденению и геохимии благородных металлов.

**Изложение основного материала.** В Среднем Побужье БМ минерализация ультрабазитов хорошо изучена на Тарноватском и Капитановском массиве [1; 2]. При разведке хромитовых руд Капитановского массива Г. Д. Лепиговым и А. П. Василенко в корях выветривания ультрабазитов были установлены повышенные и близкие к промышленным концентрациям аномалии Au, Pt, Pd и Ag, которые приурочены к линейным, относительно маломощным (1,0–1,5 м) зонам [3; 4]. На Тарноватском массиве установлено закономерное увеличение БМ минерализации с севера на юг, что вызвано преобладанием в южной части амфиболитов и габбро-амфиболитов. При этом выделены перспективные аномалии со средним содержанием (мг/т): Au – 13,7; Ag – 18,8; Pt – 8,8; Pd – 15,6 [5]. Остальные элементы платиновой группы (ЭПГ) определялись частично. На других ультрабазитовых массивах Капитанско-Деренюхского комплекса содержание БМ и ЭПГ изучены по единичным пробам.

Полный разрез ультрабазитовой коры выветривания представлен (сверху вниз) следующими образованиями: бурые железняки и охры; нонтрониты и ожелезненные нонтрониты; нонтронитизированные серпентиниты; карбонатизированные серпентиниты. Последовавшими за корообразованием процессами кора выветривания несколько раз размывалась и вновь образовывалась, что проявляется в отсутствии четкой зональности и плавных переходов между нонтронитами и охрами. Кроме того, эрозионными процессами большая часть охр уничтожена, что привело к широкому площадному рассеиванию хромшпинелидов, инертных к процессам выветривания [6].

Никелевые и хромитовые руды залегают совместно, образуя единую рудную толщу невыдержанной мощности. Охры и бурые железняки имеют ограниченное распространение и встречаются в верхней части разреза в виде гнезд и карманов в нонтронитах. Нонтронитизированные и карбонатизированные серпентиниты представляют собой дезинтегрированные выщелоченные серпентиниты с прожилками нонтронита, халцедона и карбонатов. Коренные хромитовые тела по мере выветривания и разрушения эрозией формируют механические ореолы и потоки рассеивания. В хромитовых рудах преобладают алюмохромит и хромпикотит.

Ранее установлено, что для коры выветривания ультраосновных пород Среднего Побужья характерно повсеместное наличие платины и палладия, однако содержание этих металлов в них незначительно и отличается от количества в коренных породах. По данным А. Я. Каневского и А. Б. Фомина [7; 8], в никеленосных корах выветривания гипербазитовой и габбро-перидотит-дунитовой формаций пород Среднего Побужья в охрах содержание Pt составляет 17 мг/т, Pd – 18 мг/т. В зоне нонтронитов содержание Pt – 9 мг/т Pd – 16 мг/т, в зоне выветренных серпентинитов Pt до 16 мг/т и Pd до 18 мг/т соответственно.

Проведенные исследования [9] по разделению элементов группы Pt в этих породах привели к их подразделению на две главные группы в соответствии с их геохимическим распределением: а) группа совместимых элементов Os-Ir-Ru, и б) группа несовместимых элементов Rh-Pt-Pd. Первая группа обладает сходством с оливином и хромитом в отсутствии сульфидов. При наличии сульфидов в породе обе группы остаются исключительно халькофильными и не проявляют тенденции к связи с силикатами и оксидами [9].

По данным А. Б. Фомина [10], в гипергенных условиях при образовании кор выветривания по ультраосновным породам практически не происходит вынос Pt и Pd, и в зоне выветривания при непосредственном окислении платиноносных ультраосновных пород платиновые месторождения образуются довольно редко. Как пример – месторождения Западной Эфиопии.

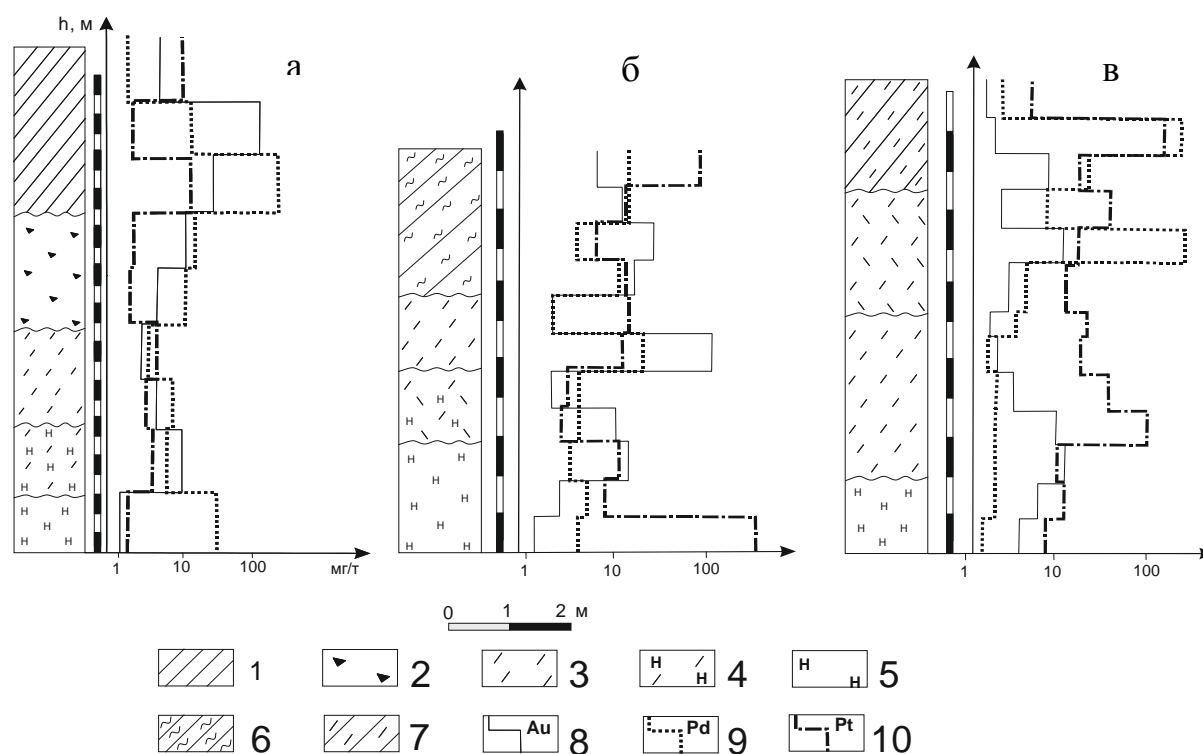
С целью определения содержания Pt, Pd, Au, Ag и закономерностей их распространения в корах выветривания Липовеньковских месторождений были отобраны и проанализированы по методу ЭКЭА (эмиссионным квантометрическим экспресс-анализом) пробы. Построив гистограммы распределения Pt, Pd, Au относительно профиля коры выветривания, была установлена явная приуроченность повышенных содержаний Pt и Pd к обохренным гидрохлоритононтронитовым породам, то есть к зоне охр (рис.1).

Анализ распределения частиц Pt и Pd и сопоставление с гистограммами распределения этих частиц показал, что частицы платины встречаются в первом случае крупностью 0,5-1 мкм (90 %), во втором случае – 15–20 мкм (75 %) и, соответственно, частицы палладия – крупностью 0,5–3 мкм, и 10–30 мкм.

Хромитити виділяються среди первично-магматических пород наиболее высокими фоновими содержаниями Pt (46,6 мг/т) и Pd (13,7 мг/т) при их отношении около 3,4 (табл.1), и достаточно высоким показателем по Au и Ag. В них зафиксировано 5 % аномальных проб Pt (среднее 0,47 г/т), 12 % аномальных проб с Pd (среднее – 0,32 г/т), до 14 % аномальных проб с Au (среднее – 0,48 г/т), и Ag (среднее – 5,9 г/т).

Хромитити по сравнению с другими группами пород резко обогащены As (летучими), в некоторой степени Ga, V, Ni при явном обеднении P, Sc, Pb, Be. Установлено, что содержания всех благородных металлов в корах выветривания не хромитоносной (гипербазитовой) формации ниже кларковых. Содержания Au в охрах и серпентинитах – 6-8 мг/т, что в 2 раза ниже, чем в нонтронитах – 13 мг/т. Содержание Pt примерно одинаково во всех типах пород, а Pd часто в ассоциации с Ag, где образуют повышенные концентрации в охрах, в остальных породах их содержание низкое.

Распределение средних содержаний БМ показало, что в охрах Au образует повышенные концентрации в пределах Центрального участка Капитановского массива (22 мг/т), тогда как в смежных участках его содержание в 2–4 раза ниже. В



**Рис. 1.** Распределение благородных металлов в вертикальном разрезе нонтронитовых кор выветривания на Восточно-Липовеньковском, Западно-Липовеньковском и Капитановском месторождениях.

Условные обозначения: 1 – Структурные охры, ожелезненные; 2 – Дресва серпентинитов; 3 – Нонтрониты; 4 – Нонтронитизированные, кремненные серпентиниты; 5 – Серпентиниты; 6 – Охры глинистые, кремненные; 7 – Охры глинистые, окварцованные; 8 – 10 – Гистограммы содержания металлов. Месторождения а) – Восточно-Липовеньковское; б) – Западно-Липовеньковское; в) – Капитановское.

Таблица

**Фоновые содержания благородных металлов в основных типах пород ультрабазитовых комплексов Среднего Побужья**

Порода	Кол-во проб	Содержание БМ, мг/т			
		Au	Pt	Pd	Pt/Pd
Серпентинит	270	18,9	11,8	6,2	1,9
Серпентинит выветрелый	124	70,8	8,6	5,2	1,6
Хромит	56	36,8	46,6	13,7	3,4
Нонтронитовая кора выветривания	76	32,0	60,0	3,8	15,9
Каолинит-монтмориллонитовая кора выветривания	68	13,9	16,0	3,4	4,7

нонтронитах отмечается увеличение средних содержаний Au с востока (24,6 мг/т) на запад (46,1 мг/т) месторождения. В выветрелых серпентинитах концентрации Au сопоставимы (64,6–76,4 мг/т). В целом, для Au отмечается тенденция к увеличению средних содержаний в направлении от центра к периферии массивов.

Платина ведет себя более инертно, для нее наблюдается уменьшение средних содержаний от центра к периферии ореолов рассеивания хромитов. В остальных типах пород снижение содержания отмечено от периферии к центру массивов в 1,2–2 раза (с 62,2 до 29,8 мг/т и с 76,9 до 36,9 мг/т).

Распределение Pd менее закономерно. Для охр установлено увеличение средних содержаний с северо-востока на юго-запад с 5,2 до 12,3 мг/т. Для остальных пород характерно минимальное среднее содержание Pd. На Капитановском и Западно-Липовеньковском участках содержание увеличивается к периферическим частям месторождений, что указывает на независимое поведение Pd в корях выветривания ультрабазитов от остальных элементов.

Таким образом, аномальные концентрации благородных металлов позволили выделить три уровня:

I-й уровень аномальности для Au, Pt, Pd составляет 25 мг/т, для Ag – 100 мг/т;

II-й уровень (околорудные аномалии) для Au, Pt, Pd – 100 мг/т, Ag – 500 мг/т;

III-й уровень (рудные аномалии) для Au, Pt, Pd – более 200 мг/т, Ag – более 1000 мг/т.

Все аномалии и максимальные концентрации размещаются в нонтронитах: содержания Au достигают 4,6 г/т, Ag – 8,4 г/т, Pt – 2,5 г/т, Pd – 4,4 г/т. Наличие платиноидов и золота в выявленных аномалиях подтверждаются микроскопическими исследованиями и микроанализом. Последним зафиксировано присутствие в корях выветривания изоферроплатины, самородной платины, палладистое золото, самородное золото, ирридная платина и др.

Наименее распространены аномалии БМ в охрах, а наиболее (и с максимальными концентрациями) – в нонтронитах, несколько меньше – в выветрелых серпентинитах. По участкам месторождений в распределении аномалий БМ в нонтронитах отмечается увеличение концентраций Au для Западно-Липовеньковского месторождения в направлении от центра на юго-восток, Восточно-Липовеньковского и Капитановского – с востока на северо-запад. Подобная тенденция наблюдается и для платины, тогда как ее средние содержания практически не изменяются. Палладий, по-видимому, также имеет тенденцию к накоплению в направлении с востока на запад.

При сравнении средних и максимальных содержаний БМ в нонтронитах и серпентинитах установлено, что во время формирования нонтронитового профиля выветривания в серпентинитах наблюдается подвижность Au и Pt, а Pd и в меньшей

мере Ag, мають тенденцію к выносу и осаждению ниже зоны накопления никеля. Неясным остается поведение БМ в оврагах из-за значительного их эрозионного среза. Однако, подобные закономерности характерны и для Pd (максимальное содержание 4,12 г/т на Капитановском массиве). Закономерностей распределения БМ внутри горизонта нонтронитов выявить не удалось: аномалии размещаются как в подошве, так и в кровле, и в центральной части тел нонтронитов.

**Выводы.** Полученные данные свидетельствуют о том, что при выветривании хромитоносных и других пород все БМ изменяют свое содержание в сторону заметного уменьшения их количества. На отдельных участках Западно-Липовеньковского и Капитановского массивов в профиле выветривания наблюдается повышение концентрации БМ, в том числе и ЭПГ почти до промышленных содержаний. Содержание Au достигает 3,2 г/т, Ag – 18 г/т, Pt – 1,5 г/т, Pd – 3,2 г/т (на одном участке зафиксировано Au – 22 г/т и Ag – 34 г/т).

Распределение БМ по площади хромитоносной коры выветривания указывает на их приуроченность к уже существующим в коренных породах аномалиям. Как правило, в корах выветривания площадное распространение БМ на Липовеньковских месторождениях повторяет их распространение в коренных породах и контролируется тектоническими зонами северо-восточного простирания. В ходе выполненных исследований установлено, что все аномалии платины с содержанием 0,02–1,20 и палладия 0,01–1,79 г/т закономерно тяготеют к зонам развития хромитовых тел и участкам развития силикатно-карбонатных пород. Как в свежих, так и в выветрелых их разностях фоновые содержания БМ всегда в 2–3 раза выше, чем во вмещающих руды ультрабазитах. При этом в бедных хромитовых рудах частота встречаемости и содержания БМ большие, чем в относительно богатых.

Характер локализации ЭПГ в корах выветривания Среднего Побужья позволяет провести аналогию с никеленосными корах выветривания Южного Урала, где наряду с Pt и Pd отмечаются Rh, Ru и Ir. Содержание Pt, Pd, Rh, Ru в гарцбургитах, дунит-гарцбургитах и дунитах соответственно составляет 10–25 мг/т, 5–15 мг/т, 1–2 мг/т и 10–25 мг/т при суммарном содержании платиноидов около 100 мг/т. Поэтому по совокупности имеющихся данных можно утвердительно говорить о наличии перспектив выделения в пределах хром-никеленосных кор выветривания Среднего Побужья экзогенной формации платиноидов.

### Библиографические ссылки

1. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / [Гурский Д. С., Есипчук К. Е. и др.] – К.: Изд-во «Центр Европы», 2005. – 785 с.
2. **Поповченко С. Е.** Минералы платиноидов в хромитовых рудах Побужья / С. Е. Поповченко, С. С. Горностаев // Минералогический сборник. – 2001. – № 51. – Вып. 1. – С. 130 – 136
3. **Мельничук Э. В.** Проявление гипергенного золота в Побужском районе Украинского щита / Э. В. Мельничук, Д. С. Гурский, В. И. Павлюк и др. // Геологический журнал. – 1992. – № 4. – С. 126 – 128.
4. **Фомин А. Б.** Платина и палладий в ультраосновных породах Среднего Побужья / А. Б. Фомин, А. Я. Каневский. – К.: Наук. думка, 1974. – 50 с.

5. **Поповченко С. Е., Павлюк В. Н.** Эмиссионно-квантометрический экспресс-анализ: достоинства и недостатки / С. Е. Поповченко, В. Н. Павлюк // Материалы Межвед. раб. сов. "Минерально-сырьевая база благородных металлов Украины". – К.: УкрГГРИ, 2005. – С. 119 – 121.

6. **Перков Е. С.** Морфологические особенности хромитовой минерализации в корах выветривания ультрабазитов Среднего Побужья / Е. С. Перков, С. Е. Поповченко // Науковий вісник НГУ. – 2010. – №9. –10. – С. 9–14.

7. **Каневский А. Я.** Хромитоносные гипербазиты Среднего Побужья / А. Я. Каневский, А. Б. Фомин // Сов. Геология – 1973. – № 12. – С. 115–124.

8. **Фомин А. Б.** Геохимия гипербазитов Украинского щита / А. Б. Фомин. – К.: Наук. думка, 1984. – 232 с.

9. **Bandyayera Daniel.** Formation des latérites nickélicifères et mode de distribution des éléments du groupe du platine dans les profils latéritiques du complexe de Musongati, Burundi / Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi. – 1997. – 440 p. Режим доступа: <http://constellation.uqac.ca/1119/1/1531842.pdf>

10. **Фомин А. Б.** Геохимия ультрабазитов юго-западной части Украинского щита / А. Б. Фомин. – К.: Наук. думка, 1979. – 228 с.

*Надійшла до редколегії 05.03.2014р.*