

УДК 553.08:553.26/46

Е.С. Перков,
С.Е. Поповченко, канд. геол.-мин. наук

Государственное высшее учебное заведение
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: perkov@i.ua

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОНАЛЬНОСТИ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ВОСТОЧНО-ЛИПОВЕНЬКОВСКОГО МАССИВА (СРЕДНЕЕ ПОБУЖЬЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА)

Ye.S. Perkov,
S.Ye. Popovchenko, Cand. Sci. (Geol.-Min.)

State Higher Educational Institution “National Mining
University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: perkov@i.ua

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF ZONING OF RESIDUAL SOILS AT EASTERN LIPOVENKI AREA (MIDDLE POBUZHYA OF UKRAINIAN SHIELD)

Цель. Показать характер изменения минералогического и химического составов распространения Cr, Ni, Ti, W минерализации в ультрабазитовых корях выветривания Среднего Побужья.

Методика. Получены новые данные по распространению Cr, Ni, Ti, W в хромитонесной коре выветривания Восточно-Липовеньковского массива, основанные на комплексе полевых наблюдений, минералого-петрографических и лабораторно-аналитических исследований.

Результаты. Оценен характер изменения минералогического и химического состава полезных компонентов латеритной коры выветривания Восточно-Липовеньковского массива. По минеральному и химическому составу никеленосная толща Восточных Липовенек аналогична массивам Капитановской полосы с преобладанием средней части охристой зоны коры выветривания.

В нонтронитовой коре выветривания установлено широкое площадное распространение аномалий Cr и Ti выходящих далеко за пределы вмещающих пород. Основная концентрация Cr и Ti закономерно приурочена к верхним горизонтам коры до глубины 5–10 м, и в меньшей степени – к периферийным частям массива. Рудные залежи Cr, Ni и Ti характеризуются совместным плащеобразным залеганием с характерными и нехарактерными корреляционными связями между Cr, Ni, Ti, W, Mn и другими элементами.

Научная новизна. Накопление тяжелой фракции Cr и Ti происходит в мелких отрицательных формах микроландшафта в пределах серпентинитового массива и на удалении от него. Максимальные концентрации Ni до 3% приурочены к линейным разрывным нарушениям и продольным частям хромитовых тел, где развиты инфльтрационные процессы и хлоритовые слюды. Установленные аномалии W на площади развития Cr и Ti приурочены к приконтактным зонам скарноидов. Совместное нахождение гипергенного Ni и экзогенного Cr со значительным количеством Ti дало возможность выделить их в единую рудоносную толщу коры выветривания и в дальнейшем разработать поисковые признаки на экзогенное хромитовое оруденение.

Практическая значимость. В пределах коры выветривания прогнозируется выделение не менее двух обособленных залежей хромитовых руд при содержании Cr₂O₃ 18–22%. Выделенные W-содержащие участки, заслуживают дальнейшего изучения на предмет прогнозирования коренного оруденения.

Ключевые слова: минералогическая зональность, хромитонесная кора выветривания, оруденение, строение, распространение, содержание, аномалии

За последние годы в пределах Капитановской полосы ультрабазитов отработано два месторождения гипергенных никелевых руд и проведена доразведка Восточно-Липовеньковского хромитонесного массива. Полученные новые данные позволяют дополнить имеющиеся представления о строении и распространении хромитовой, титановой, вольфрамовой минерализации ультрабазитовых кор выветривания.

Цель работы – определить характер изменения минералогического и химического составов в распространении полезной минерализации хромитонесных кор выветривания.

Восточно-Липовеньковское месторождение никель-хромитовых руд входит в состав Липовеньков-

ской группы массивов, относящихся к Капитановской полосе ультрабазитов дунит-гарцбургитовой (дунит-перидотитовая) формации [1]. По всем породам развит мезо-кайнозойская кора выветривания, состав которой зависит от первичного субстрата.

Месторождение приурочено к массиву серпентинитов протяженностью около 800 м при ширине до 350 м. Серпентиниты со всех сторон обрамляются амфиболитами и пироксеновыми кристаллическими сланцами, а вмещающие серпентиниты аплит-пегматоидные граниты и гнейсы бугской серии верхнего архея непосредственно контактируют с массивом. Интрузивное тело серпентинитов сложено аподунитовыми и апоперидотитовыми серпентинитами, серпентинизированными перидотитами и дунитами, пироксенами, реже габбро-амфиболитами [1].

© Перков Е.С., Поповченко С.Е., 2012

В пределах участка исследований площадная кора выветривания характеризуется неустойчивой мощностью, в которой развиты только три зоны: начальных, промежуточных и устойчивых продуктов выветривания. К последним двум зонам приурочено экзогенное хромитовое и титановое оруденение.

Многочисленные мелкие отрицательные депрессии на поверхности коры выветривания заполнены глинистыми песками или серыми глинами, суглинками, что указывает на неоднократный размыв коры выветривания. Таким образом, кора выветривания Восточно-Липовеньковского массива характеризуется преобладанием слюдисто-охристо-глинистого состава с преимущественным развитием верхней части промежуточной зоны при слабо выраженной нонtronитовой составляющей.

Никель. Степень изученности вещественного состава нонtronитовых кор выветривания месторождений Побужья позволила провести сопоставление минерального состава потенциально рудоносной толщи Восточно-Липовеньковского месторождения с другими промышленными объектами района. По данным минералогических исследований и химических анализов, в наиболее богатых рудах зафиксировано присутствие никельсодержащего хлорита, а рентгено-структурным анализом установлено широкое распространение никельсодержащего гидробиогита (вермикулита). Сопоставляя процентные параметры площадного распространения охр и нонtronитов Восточных Липовенек с соседними массивами было установлено их значительное сходство. Незначительная вариация процентного соотношения, в пределах 7–11%, вызвана следствием эрозийного среза поверхности и различной морфологической обстановкой массивов (табл. 1).

Таблица 1

Соотношения распространения главных литологических типов никеленосных кор выветривания на месторождениях Побужья

Месторождение, рудное тело	Охры, %	Нонtronиты, %
Кумары, № 4	44,5	47,6
Кумары № 7	37,8	55,3
Крымка, Западное	34,8	58,7
Каменная Балка, Северное	5,0	93,8
Лашевка	3,3	89,2
Деренюха	28	70
Бурты	27,5	72,5
Капитанка Центральный	22	68
Липовеньки Западное	16	72
Липовеньки Школьное	20	79
Липовеньки Восточное	20	64
Пушково	18	74
Среднее по месторождениям	24,1	70,1

Для Восточно-Липовеньковского участка наименее контрастные аномалии Ni 0,1% (масс.%) закономерно приурочены к переходной (венчающей) зоне между охристой и глинисто-охристо-гидрослюдистой толщей коры. Повышенные значения содержания никеля более 0,5% характерны приповерхностным охристым зонам, которые фрагментарно сохранились от эрозии в цен-

тральной части массива. Здесь преобладает железо (среднее $FeO_{общ.}$ 43%), представленное гидроокислами с изоморфной примесью никеля, а подчиненные значения имеют концентрации 0,05–0,1% в магнетите и гидроокислах марганца.

Максимальные концентрации никеля (более 1%) приурочены к верхним и средним горизонтам нонtronитовой зоны, где никель концентрируется, преимущественно, в форме изоморфной примеси в кристаллических решетках силикатных и алюмосиликатных соединений. Аномально высокие „ураганские“ концентрации никеля (более 3%) фиксируются в приконтактных зонах ультрабазитов с вмещающими породами и реже вдоль линейных разломов и хромитовых тел, где хорошо проявлены инфильтрационные процессы развития линейной коры выветривания. В этих зонах преобладают карманообразные углубления до 60 м мощности, которые сложены почти мономинеральными (до 80%) никельсодержащим хлоритом и вермикулитом, где по отдельным пересечениям, в среднем 1,5–2 м, содержат до 4,5% никеля и 0,1% кобальта. Для таких зон характерно частое чередование гидрослюд и кремнистых стяжений мощностью до 5 м.

Количественный баланс никеля и кобальта по минеральным агрегатам показал, что основными никельсодержащими минералами являются гидрохлориты, вермикулит и гидроокислы железа (табл.2). На долю гидрохлоридов приходится около 50% никеля, на гидроокислы железа 20%, а всё остальное приходится на группу монтмориллонита. Основными концентраторами кобальта являются гидроокислы железа 30–35%, гидрохлориды 20–24%, группа монтмориллонита 10–15% и около 10% содержится в хроммагнетите и гидрослюдах. В работах Злобенко И.Ф. с соавторами отмечено повышенное содержание хрома в никеленосной толще массивов (среднее 2,5%), что объясняется формационной принадлежностью пород, где коэффициент хромистости, в среднем, составляет 0,84, а коэффициент никеленосности изменяется от 1,5 до 1,85.

Таблица 2

Усредненный химический состав никеленосной толщи Восточно-Липовеньковского месторождения

Элемент / Окислы	Основные минералы	Содержания, %
SiO ₂	Халцедон, кремнезем серпентинит-нонtronита, коллоиды силикатов	36,7
Al ₂ O ₃	Галлузит, нонtronит, хлориты	6,2
Fe _{общ.}	Гидроокислы железа, магнетит, нонtronит	22,3
Co	Нонtronит, серпентиниты, гидрохлориты	0,04
Ni	Нонtronит, гидрохлорит, гидроокислы железа, серпентиниты	0,8
Mg	Серпентиниты, хлориты, нонtronит	5,8
TiO ₂	Рутил, лейкоксен, сфен	1,1
Cr ₂ O ₃	Хромпикотит, хроммагнетит	2,5
CaO	Кальцит, доломит	2,4

Распространение аномалий по площади достаточно наглядно отражает геохимическая карта изолиний средневзвешенного содержания никеля, построенная по данным химических анализов (рис. 1). По форме аномалий никеля на площади отчетливо выделяются два совмещенных овала в юго-восточной и северо-западной части. В юго-восточной части площади выделяется участок (рудная залежь) с относительно высокими содержаниями никеля (более 1,1%). По данным отдельных проб, представленных гидрослюдой с незначительной примесью глинистых минералов, в них фиксируются содержания никеля от 1,5 до 2,4%.

Западнее описанного участка, в районе пробы 21, выделяется блок с менее богатыми средневзвешенными содержаниями никеля на уровне 0,95%. Здесь же, по разрезу в никельсодержащих интервалах, также отмечается присутствие прослоев до 0,3 м гидрохлорита и вермикулита, которые явились сорбентами для никеля. На остальной же площади содержания никеля колеблются от 0,5 до 0,8%, соответствуя предельным промышленным концентрациям [1]. Наибольшее повышение концентраций никеля фиксируется в северо-восточной части массива, где в нижних интервалах нонтронитовой зоны, под хромитовыми рудами, рентгено-структурным анализом зафиксировано присутствие гидратированного никельсодержащего биотита с содержанием Ni до 2,5–3%.

В целом, площадь распространения никелевых аномалий достаточно ограничена и практически полностью перекрывается площадью распространения хромитового оруденения (рис. 1).

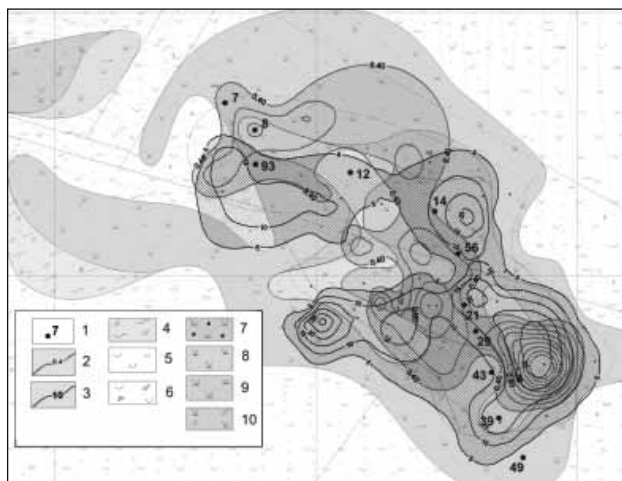


Рис. 1. Карта геохимических аномалий хром-никеля коры выветривания Восточно-Липовеньковского массива (по данным химических анализов в масс.%): 1 – проба и ее номер; 2 – изолинии содержания Ni; 3 – изолинии содержания Cr₂O₃; кора выветривания: 4 – глинисто-гидрослюдистая; 5 – каолин-кварц-монтмориллонитовая; 6 – дресвяно-глинистая; 7 – нонтронит-охристая; 8 – монтмориллонитовая; 9 – охристая; 10 – охристо-гидрослюдистая

Химический состав никеленосной толщи для Среднего Побужья характеризуется повышенным содержанием железа при относительно пониженных содержаниях кремнезема и магния (рис. 2). По распространенности промышленных типов оруденения на месторождениях силикатного никеля Побужья, по данным Каневского А.Я., преобладают руды железомagneзиального состава (в среднем 70,1%), отвечающие зоне нонтронитов, и железисто-кремнистый тип для охр 24,1% соответственно. Для никеленосной коры Восточных Липовенек также характерно высокое содержание гидроокислов железа в охрах, а магния в нонтронитах, что и определяет преобладания промышленных руд железисто-магнезиального типа.

Корреляционный анализ по данным спектрального анализа (выборка 450 проб) позволил выделить как традиционные элементы-спутники никеля (Co, Cr, Zn), так и нехарактерные (Sn), что, по-видимому, обусловлено интенсивным преобразованием пород массива магнезиально-кальциевым метасоматозом. Обращает на себя внимание низкий коэффициент корреляции Ni с Cu 0,16, что нехарактерно для пород аналогичных массивов капитановской полосы и возможно объясняется избирательным образованием халькофильных элементов при метасоматозе. В плане, аномалии никеля распространены в виде совмещенных пятен, что в результате интерпретации, аналогично детально изученным и разрабатываемым месторождениям, можно представить как обособленные линзовидные залежи, имеющие в разрезе плащеобразные формы. Гипсометрические перепады высот коры выветривания свидетельствуют о размыве на протяжении мела – неогена, который уничтожил большую часть рудной толщи массива. Широкое распространение амфиболитов, оконтуривающих ультрабазиты и выявленных внутри массива, изначально не способствовало накоплению руд силикатного никеля при корообразовании.

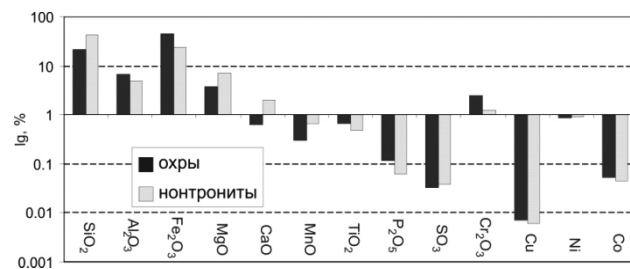


Рис. 2. Гистограмма соотношений химического состава основных элементов ультрабазитовой коры выветривания Среднего Побужья в логарифмическом масштабе (усреднено по 5 массивам)

Хром. Хромитовая минерализация Восточно-Липовеньковского массива характеризуется значительной площадной распространенностью как в пределах нонтронитовой коры выветривания, так и в перекрывающих песчано-глинистых отложениях, что в значительной мере является отражением длительного и стадийного процесса формирования кор выветривания Побужья. Предшественниками экзогенные

хромиты коры выветривания изучены недостаточно ввиду их ограниченного распространения на массивах и низкого качества руд.

Наблюдения показали, что морфология хромитовых руд в пределах коры определяется как сочетание псевдоплащеобразных и линейно-вытянутых форм рудных залежей [2]. По имеющимся материалам буровой разведки максимальная концентрация содержания окиси хрома (по химическим анализам) закономерно приурочивается к границе коры выветривания и перекрывающих третично-четвертичным отложениям, а также к верхним горизонтам охристо-глинистой коры (до 3–5 м от кровли) (рис. 3). Инертность хромшпинелидов к процессам выветривания обуславливает его накопление в верхних горизонтах коры, и, как следствие, дальнейшее формирование вторичных механических ореолов рассеивания.

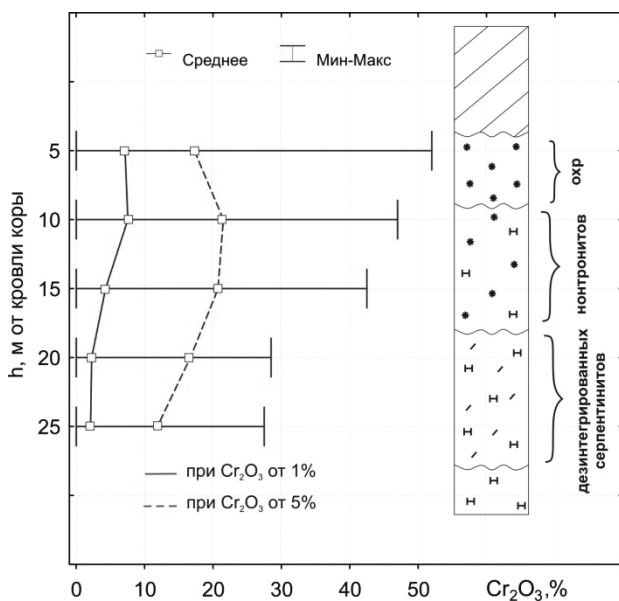


Рис. 3. Зависимость содержания Cr_2O_3 от глубины коры выветривания (h)

Для повышения контрастности выделения зон повышенного содержания Cr_2O_3 в толще коры выветривания шаг построения карты аномалий составил 5%, при отсечении нулевого контура, граница которого значительно удалена (более 300 м) от массива. Площадное распространение хромитовой минерализации по коре выветривания позволяет выделить одну изогнутую зону северо-западного простирания, представленную тремя разноориентированными овальными максимумами изолиний Cr_2O_3 на уровне 25–45% (рис. 1). Характер ориентировки и ширины изолиний содержания окиси хрома по кровле коры свидетельствует о разновекторности направлений сноса обломочного материала в условиях пологого склона (до 9–11°) рельефа, тем самым влияя на концентрацию элемента и площадь распространения его аномалий. Предполагается, что механизм миграции рудных частиц по склону, в условиях неоднородности микроландшафта поверхности коры, спровоцировал переотложение с дальнейшей концентрацией тяжелой

фракции в мелких отрицательных формах, которые можно классифицировать как структурные ловушки. Таким образом, формируются зоны повышенного содержания хрома как над вмещающими серпентинитами, так и за их пределами, образуя на общем породном фоне пики с содержанием Cr_2O_3 до 25%.

Матрица корреляционного анализа по валовым спектральным определениям охристо-нонtronитовых кор показала положительную корреляционную связь Cr с Ni ($r=0.25$), Co ($r=0.27$), Li ($r=0.28$), Nb ($r=0.25$). По химическим анализам (выборка 134 проб) слабо-выветрелых хромитовых руд видно характерную слабую отрицательную связь Cr с Ni ($r=-0.2$), Ti ($r=-0.28$), Zr ($r=-0.27$) и нехарактерную положительную связь с W ($r=0.44$) (табл.3). Таким образом, наблюдается тенденция положительной связи Cr с Ni во вторичных ореолах рассеивания с устойчивым геохимическим кластером Cr-Ti-Ni-Mn и отрицательная в первичных ореолах и коренных хромитовых рудах. Предположительно, при переходе от первичных ореолов и рудных тел к рассеянным вторичным наблюдаются объединения разобщенных Cr, Ni, Co ассоциаций в единое целое, что происходит за счет увеличения концентраций Ni-Co и приноса внешних Ti-Zr, тем самым подтверждая сильную „зараженность“ охристой толщи коры.

Основными хромсодержащими минералами являются хромпикотит, алюмохромит и магнохромит, в меньшей мере хроммагнетит и хромгерценит. Баланс распределения Cr_2O_3 в коре выветривания (до 20 м от кровли коры) по минеральным индивидам на основе химических анализов показал, что для магнохромита (Mg, $FeCr_2O_4$), алюмохромита (Mg, Fe) $(Cr, Al)_2O_4$ и хромпикотита (Mg, Fe) $(Al, Cr)_2O_4$ характерны незначительные вариации содержания на уровне 34–37%. На долю хроммагнетита приходится около 11–19% Cr_2O_3 .

Таблица 3

Матрица коэффициентов парной корреляции по химическим анализам хромитовых руд из коры выветривания

	Cr_2O_3	NiO	TiO ₂	WO ₃
Cr_2O_3	1.00	-0.2	-0.28	0.44
NiO		1.00	-0.20	-0.17
TiO ₂			1.00	-0.14
WO ₃				1.00

На Восточно-Липовеньковском месторождении содержание основных компонентов из валовых проб хромитовых руд составляет: Fe 23,83%; CaO 1,3%; Cr_2O_3 48,2%; Al_2O_3 от 12% до 19,3% (рис. 4). Минералогическим анализом, в рыхлых хромитовых рудах из валовых проб верхних горизонтов коры (до 3 м от кровли коры), дополнительно выявлены почти все типоморфные минералы вмещающих пород – глауконит, лейкоксен, рутил, циркон, дистен, силлиманит, ставролит, апатит, турмалин, гранат, карбонаты, барит, моноцит, андалузит. Их суммарное содержание в исходных рудах не превышает, как правило, 1–2%, они выделяются в неэлектромагнитных фракциях. Изучение слабо выветрелых обломков хромитов позволило

установить, что зерна хромита имеют предпочтительный размер 0,2–0,6 мм, изометрическую, овальную или гиподиоморфную форму (рис. 5, а). Межзерновое пространство обычно заполнено серпентинитом, а при окислении они замещаются практически нацело гетитом и гидрогетитом, а по хромиту развивается гематит. Для хромшпинелей характерна разноориентированная микротрещиноватость, что вызвано неоднородным тектоническим воздействием.

Под воздействием тектонических напряжений зерна хромита, даже богатых руд, по отдельным зонкам разбиты множеством трещинок с образованием кластических остроугольных мелких зерен 0,02–0,1 мм (рис. 5, б), в дальнейшем заполненных группой серпентина. Дробление зерен приводит к еще более мелким обособлениям обломков зерен хромита размером 0,005–0,015 мм. Среди изученных аншлифов, из образцов богатых руд, содержание кластогенного хромита достигает 15–18%.

Согласно [1, 4], основное изменение химизма хромшпинелидов для Капитановского массива заключается в увеличении хромистости и магниальности с уменьшением железистости при переходе от редковкрапленных к сплошным текстурам руд при постоянном содержании алюминия. Кроме того, для хромшпинелидов, находящихся в зоне влияния скарноидов, характерна зональность, выражающаяся в разности содержаний Cr, Fe, Mg в центральной и периферийной части зерен.

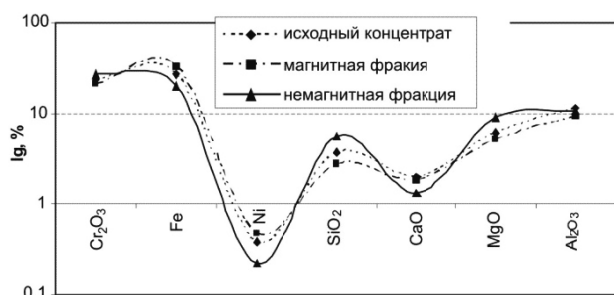


Рис. 4. Соотношение содержания основных компонентов в хромитовом концентрате (логарифмический масштаб)

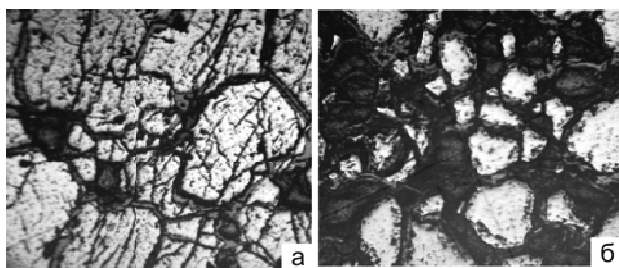


Рис. 5. Морфологические вариации зёрен хромита из слабо дезинтегрированных руд: а) зёрна хромшпинелида изометричной формы. Увеличение 110^х; б) кластогенные зёрна хромита в виде остатков от замещения в серпентините. Увеличение 360^х

Содержание Cr₂O₃ для центра и периферии зерна изменяется от 41,6 до 44,5%; MgO центральная часть 4,2–5,2%, периферийная зона 1,8–2,1%; FeO для центральной и периферийной части от 25,8 до 28,4%; Al₂O₃ центральная часть зерна от 16,7–18,5%, периферийная от 4,6 до 18,5%.

По содержанию хромшпинелидов руды коры выветривания предлагается разделять на: бедные с содержанием Cr₂O₃ 5–15%, средние с содержанием Cr₂O₃ 15–35%, богатые с содержанием Cr₂O₃ более 35%, не требующие или требующие частичного обогащения.

Титан. Повышенные концентрации титана на Восточно-Липовеньковском месторождении отмечались при проведении поисковых работ на силикатный никель [1]. По результатам детальных поисковых работ, в площадных корах выветривания, было установлено более широкое распространение аномальных концентраций титана на уровне 0,5–4%.

Анализ геохимических аномалий позволил выделить площади распространения и участки максимальной концентрации титана (рис. 6). В основном, они тяготеют к участкам распространения амфиболитов и пироксеновых кристаллических сланцев, и только небольшая часть перекрывает собственно никель-хромитоносные коры в виде изолированных пятен. Анализ распространения аномальных концентраций титана по разрезам показал, что они имеют два уровня распространения – близповерхностное, 5–16 м, которое связано с распространением неогеновых глинистых песков или близким расположением к поверхности амфиболитов, и более глубокое – коровое 28–34 м, где вскрываются только выветрелые амфиболиты и пироксеновые кристаллические сланцы (рис. 7).

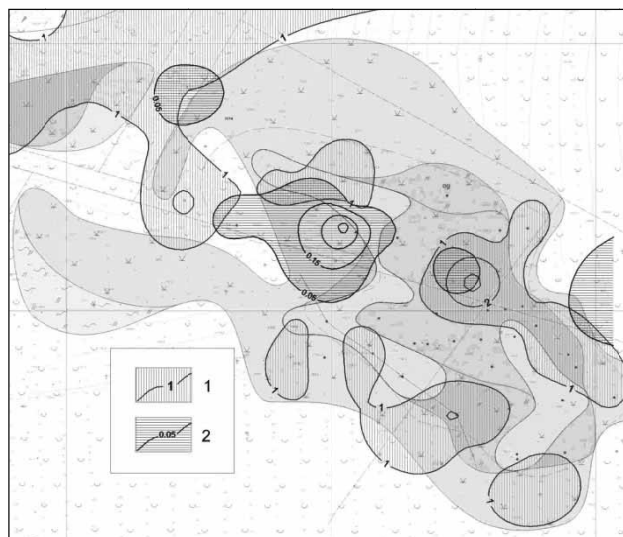


Рис. 6. Карта геохимических аномалий титан-вольфрама в коре выветривания (по данным химических анализов в масс.%): 1 – изолинии содержания TiO₂; 2 – изолинии содержания WO₃

В коренных породах проведены микроскопические исследования по аншлифам и шлифам. Амфиболиты представлены мелкозернистыми породами неяснопо-

лосчатой текстуры плагиоклаз-пироксен-амфиболового состава. Полосчатость обусловлена обособлением на микроуровне лейкократовых слоев кварц-плагиоклазового состава с реликтами темноцветных минералов. Содержание кварца в лейкократовых слоях 5–8%, иногда до 15%, плагиоклаз представлен олигоклазом № 32–38.

Темноцветные минералы представлены диопсидом и обычной роговой обманкой. Рудная минерализация приурочена к контакту лейкократовых и меланократовых минералов, где наблюдаются выделения зерен гипидиоморфной формы, а также локализуется среди меланократовых слоев в виде отдельных слабо корродированных зерен. Исследование аншлифов показало, что рудная минерализация представлена, в основном, титаномагнетитом и ильменитом гипидиоморфной и ксеноморфной формы размером 0,15–0,5 мм, которые относительно равномерно распределены в породе. В разной степени в титаномагнетите по краям наблюдаются пластинчатые выделения крупных зерен ильменита.

Содержание титаномагнетита с ильменитом колеблется от 2 до 10%. Наряду с титаномагнетитом, но в меньших количествах (до 2%), отмечается повсеместное развитие пирита и халькопирита в виде удлиненных зерен размером 0,05–0,2 мм, ориентированных по полосчатости.

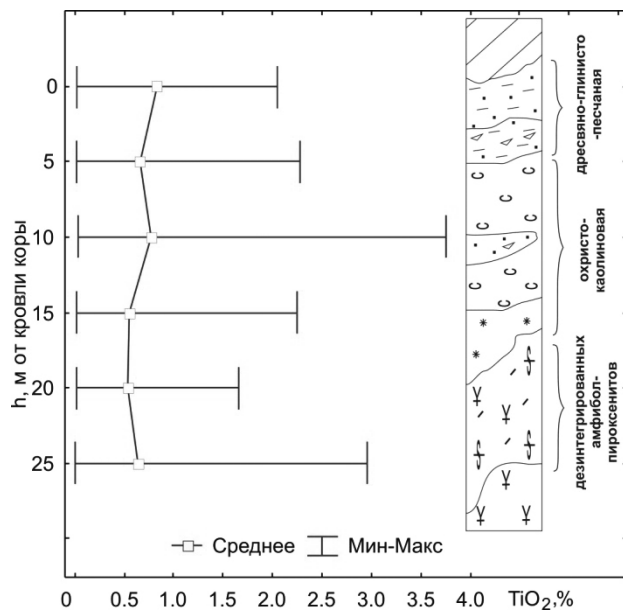


Рис. 7. Зависимость содержания TiO_2 от глубины (h) коры выветривания

Таким образом, в амфиболитах и плагиоклаз-амфиболовых кристаллических сланцах аномальные концентрации титана обусловлены присутствием на уровне 2–10% титаномагнетита и спросега с ним ильменита, что требует дальнейшего его изучения с оценкой промышленных перспектив для попутного извлечения. В перекрывающих терригенных отложениях содержание концентрата тяжелых минералов со-

ставляет до 2,4% (выход тяжелой фракции) с содержанием титана 15,6%, с грубокатанными или неконтактными зернами.

Вольфрам. В пределах Восточно-Липовеньковского массива промышленные концентрации вольфрама установлены впервые. Его распространение на площади невелико и тяготеет к северо-западному борту контакта вмещающих амфиболитов, пироксеновых кристаллических сланцев и, в меньшей мере, к охристым разновидностям коры серпентинитов. По данным химического анализа содержание вольфрама колеблется от 0,06 до 0,4% и составляет в среднем 0,18%. Повышенные концентрации наблюдаются на двух уровнях – это зона дезинтеграции слабо выветрелых амфиболитовых разностей и кора кварц-каолин-монтмориллонитового состава. Максимальные же значения приурочены к охристо-дресвяно-глинистым близповерхностным толщам переотложенной коры выветривания, заполняющим мелкие отрицательные формы над амфиболитами (рис. 8).

Обособлено выделяется аномальная зона мощностью 2 м, в охристо-нонтронитовой толще в центре массива, явно приуроченная к продольному контакту тела хромитов, с увеличением содержания WO_3 с 0,01 до 0,25% (рис. 6). По спектральным анализам повышенные содержания вольфрама в коре также ассоциируются с геохимическими аномалиями Mn, Co, Mo, Sr, V. Корреляционный анализ по спектральным анализам установил отрицательную связь W с Sn ($r = -0,27$), что, возможно, обусловлено природой связи вольфрамовой минерализации с силикатно-карбонатными породами [3, 4] или известковыми скарноидами флогопит-диопсидового состава с шеелитом [1]. Косвенным подтверждением влияния хромитоносных ультрабазитов на процесс минералообразования может служить прямая корреляционная связь вольфрама с хромом (табл. 3), обусловленная серпентинизацией массива.

Нами пока не выявлены его минеральные формы в пределах аномальных участков. Предполагается, что триокись вольфрама находится в микроскопическом коллоидном состоянии совместно с гидроксидами марганца и железа, которые образовались при коагуляции растворов, где присутствовала вольфрамовая кислота при избытке марганца и железа с дальнейшей их консервацией в глинистых минералах каолин-монтмориллонит-галлуазитовой группы.

Ранее находки знаков шеелита в русле р. Мокрая Деренюха на сходном Капитановском гипербазитовом массиве, в скарнах Молдовской и Секретарской структур, позволяют предположить шеелитовую природу его аномалий. В хромитовом концентрате на Западно-Липовеньковском месторождении нами рентгено-структурным анализом неоднократно фиксировалось присутствие шеелита, что указывает на его повсеместное распространение в Побужском рудном поле. С учетом существующих в Алапаевском районе Урала промышленных месторождений шеелита в ультрабазитах, приведенные данные позволяют оценить весьма перспективно данную территорию на вольфрам.

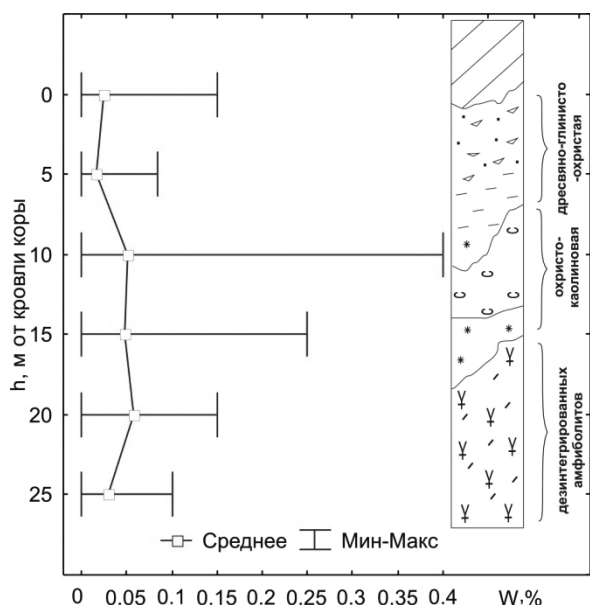


Рис. 8. Зависимость содержания W от глубины (h) коры выветривания амфибол-пироксенов

Выводы. Преобладающими рудными компонентами ультрабазитовой коры являются силикатный никель и хромшпинелиды. Колебание фонового содержания в верхней части охристых разностей пород Ni составляет 0,05–0,1%. Аномальные значения Ni до 2–3% приурочены к гидрохлоритам, развитым в линейных зонах повышенной проницаемости за счет инфильтрации рудных растворов. Плановое распространение аномалий никеля ограничено и не выходит за пределы распространения охр.

Для хромшпинелидов, наоборот, наиболее продуктивной является граница коры выветривания и перекрывающих пород со значительным площадным распространением вторичных ореолов и потоков рассеивания. Содержание хрома выше 0,8%, из валовой пробы по коре выветривания и 1г/кг в шлихе, является надежным геохимическим признаком. На данном этапе исследований максимальная локализация перспективных участков на хром возможна за счет индикаторной ассоциации Cr-Ni-Co-Mn.

Распространение по профилю и площади коры выветривания аномалий вольфрама свидетельствует о его приуроченности к скарновым зонам эндоконтактов серпентинитов с вмещающими пироксенитами и амфиболитами. Высокие концентрации вольфрама в корях выветривания, более 0,1%, позволяют прогнозировать повышения содержания на глубину, район имеет перспективную оценку, заслуживает дальнейшего изучения.

Максимальная концентрация титана приурочена к перекрывающим песчано-глинистым отложениям, отрицательным формам рельефа коры выветривания по древним временным водотокам и, аналогично хрому, к границе коры. Отрицательная корреляция Ti с Cr, Ni, Co в значительной мере подчеркивает его наложность для хромитоносных ультрабазитов.

Выявленные особенности минералого-геохимической зональности охристо-нонтронитового и монтмориллонит-каолинитового профиля коры выветривания позволяют обосновано выделить их в единую рудоносную толщу коры.

Список литературы / References

1. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / [Гурский Д.С., Есепчук К.Е. и др.] – К.: Центр Европы – 2005. – 785 с.

Gurskiy, D.S. and Yesepchuk K.Ye. (2005), *Metallicheskie i nemetallicheskie poleznye iskopaemye Ukrainy. Tom 1. Metallicheskie poleznye iskopaemye* [Mineral Deposit of Ukraine. Vol. 1. Metalliferous Mineral Deposits], “Tsentr Yevropy” Publishing house, Kyiv, Ukraine.

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

Perkov, Ye.S. and Popovchenko, S.Ye. (2010), “Morphological features of chromites mineralization in the residual soils of ultrabasite at Middle Pobuzhye”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 9–10, pp. 9–14.

3. Поповченко С.Е. Новый тип карбонатитов. / Поповченко С.Е., Воеводин В.Н., Шукайло Л.Г. // Отечественная геология. – 2005. – №1. – С. 60–63.

Popovchenko, S.Ye., Voyevodin, V.N. and Shukaylo, L.G. (2005), “A new type of carbonatite”, *Otechestvennaya geologiya*, no.1, pp. 60–63.

4. Поповченко С.Е. Эндогенные карбонатно-силикатные породы (карбонатиты), их генезис и номенклатура. / Поповченко С.Е., Воеводин В.Н., Шукайло Л.Г. // Отечественная геология. – 2006. – №6. – С. 104–106.

Popovchenko, S.Ye., Voyevodin, V.N. and Shukaylo, L.G. (2006), “Endogenous carbonate-silicate rocks (carbonatites) their genesis and range”, *Otechestvennaya geologiya*, no.6. pp. 104–106.

Мета. Показати характер зміни мінерального і хімічного складів розповсюдження Cr, Ni, Ti, W мінералізації в ультрабазитових корях вивітрювання Середнього Побужжя.

Методика. Отримані нові дані щодо поширення Cr, Ni, Ti, W у хромітоносній корі вивітрювання Східно-Липовеньківського масиву, що основані на комплексі польових спостережень, мінералогопетрографічних і лабораторно-аналітичних досліджень.

Результати. Оцінено характер зміни мінералогічного і хімічного складу корисних компонентів латеритної кори вивітрювання Східно-Липовеньківського масиву. За мінеральним і хімічним складом нікеленосна товща Східних Липовеньок аналогічна масивам Капітанівської смуги з переважанням середньої частини охристої зони кори вивітрювання. У нонтронітовій корі вивітрювання встановлено широке площове по-

ширення аномалій Cr і Ti, що далеко виходять за межі вміщуючих порід. Основна концентрація Cr і Ti закономірно приурочена до верхніх горизонтів кори до глибини 5–10 м, і в меншій мірі до периферійних частин масиву. Рудні поклади Cr, Ni та Ti характеризуються спільним плащеподібним заляганням із характерними і нехарактерними кореляційними зв'язками між Cr, Ni, Ti, W, Mn та іншими елементами.

Наукова новизна. Накопичення важкої фракції Cr і Ti відбувається в дрібних негативних формах мікроландшафту в межах серпентинітового масива і за межами нього. Максимальні концентрації Ni до 3% приурочені до лінійних розривних порушень та поздовжніх частин хромітових тіл, де розвинені інфільтраційні процеси і хлоритові слюди. Встановлені аномалії W на площі розвитку Cr і Ti приурочені до приконтактових зон скарноїдів. Спільне залягання гіпергенного Ni і екзогенного Cr зі значною кількістю Ti дало можливість виділити їх в єдину рудоносних товщу кори вивітрювання і в подальшому розробити пошукові ознаки на екзогенне хромітове зруденіння.

Практична значимість. У межах кори вивітрювання прогнозується виділення не менше двох відокремлених покладів хромітових руд при вмісті Cr₂O₃ 18–22%. Виділені W-вмісні ділянки заслуговують подальшого вивчення на предмет прогнозування корінного зруденіння.

Ключові слова: мінералогічна зональність, хромітоносна кора вивітрювання, зруденіння, будова, розповсюдження, вміст, аномалії

Purpose. To show the variation of the mineralogical and chemical composition distribution of Cr, Ni, Ti, W mineralization in ultrabasic residual soils of the region of Middle Pobuzhye.

Methodology. New data of Cr, Ti and W spread in the chromium-bearing residual soils of the Eastern Lipoventki area is based on a combination of field observations, mineralogical, petrographic and laboratory analysis.

Findings. The variation of the mineralogical and chemical composition of useful components in lateritic residual soils of the Eastern Lipoventki area was evaluated. Mineral and chemical composition of nickel-bearing strata of the Eastern Lipoventki is similar with other massifs of Kapitanivska zone, with predomination of the middle ochrous zone of residual soil.

Cr and Ti anomalies are widespread in nontronite residual soils and they transcend the bearing strata. The main concentration of Cr and Ti naturally consists in the upper horizons of the soil to the depth of 5–10 m, and less in the peripheral parts of the massif. Ore deposits of Cr, Ni and Ti are characterized by co-occurrence of nappe-like form beds with characteristic and uncharacteristic correlation between Cr, Ni, Ti, W, Mn and other elements.

Originality. Small negative forms of micro landscape both within the serpentinite massif are favorable to accumulation of heavy mineral fraction. The maximum Ni concentrations up to 3% are common for linear fault-pits and longitudinal parts of the chromite bodies, where infiltration processes are usual. Specified anomalies of W in Cr and Ti area are attached to the marginal zones of skarnoid rocks. Co-location of supergene Ni and exogenous Cr with a significant amount of Ti provides an opportunity to specify them into a uniform deposit occurrence of the ore-bearing residual soil. Development of search characteristic for exogenic Cr mineralization is possible on the base of the represented results.

Practical value. At least two separate deposits of chromite ore with Cr₂O₃ content from 18% to 22% were prospected. Selected W-bearing areas are worth of further study to explore native mineralization.

Keywords: mineralogical zoning, chromium-bearing residual soil, structure, mineralization, distribution and content of the anomalies

Рекомендовано до публікації докт. геол.-мін. наук В.Ф. Приходченком. Дата надходження рукопису 07.11.11.