

О.П.МЕЗЕНЦЕВА, аспирантка, *oksygeo@rambler.ru*

И.В.ТАЛОВИНА, докторант, *i.talovina@gmail.com*

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

O.P.MEZENTSEVA, post-graduate student, *oksygeo@rambler.ru*

I.V.TALOVINA, post-doctoral student, *i.talovina@gmail.com*

Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ ПО ТИПАМ МЕТАСОМАТИТОВ И РУД НА ЕЛОВСКОМ НИКЕЛЕВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В статье рассматривается распределение групп элементов-примесей по четырем выделенным типам метасоматитов и руд на Еловском месторождении: шамозитовых метасоматитов и руд, в которых выделяются три минеральные разновидности: а – шамозитовые, б – клинохлор-брэндлейит-шамозитовые, в – клинохлор-гальк-шамозитовые, гетитовых метасоматитов и руд, непуйт-хризотил-лизардитовых метасоматитов и руд и хризотил-лизардитовых серпентинитов. Также рассчитаны коэффициенты накопления элементов-примесей и сформулированы выводы о накоплении, либо выносе этих элементов из рассмотренных типов метасоматитов и руд.

Ключевые слова: Еловское месторождение, никелевые руды, шамозит, непуйт, лизардит, коэффициенты накопления, элементы-примеси.

DISTRIBUTION OF GROUPS OF TRACE ELEMENTS ELEMENTS BY TYPES METASOMATIC ROCKS AND ORES IN THE ELOV NICKEL DEPOSIT

The article deals with the distribution of groups of trace elements in four selected types of metasomatic rocks and ores in the Elov deposit: chamosite metasomatic rocks and ores, which are three mineral species: a – chamosite, b – clinocllore –brendleyit-chamosite, c – clinochlore-talc-chamosite, goethite metasomatic rocks and ores, nepouite-chrysotile-lizardite metasomatic rocks and ores, and lizardite-chrysotile serpentinites. Also calculated the coefficients of accumulation of trace elements and formulated conclusions about elements are accumulation or elements are weathered of the above types of metasomatic rocks and ores of the Elov deposit.

Key words: Elov deposit, nickel ore, chamosite, nepouite, lizardite, coefficients of accumulation, trace elements.

Геохимические особенности метасоматитов и руд Еловского месторождения изучены крайне недостаточно. Разными исследователями [1-5] изучались особенности строения и минеральный состав коры выветривания Серовской группы месторождений, в которую входит Еловское месторождение. В основном изучение касалось содержания рудных элементов – никеля и кобальта, также изучался химический состав по содержанию петрогенных элементов, сведения о содержаниях других групп элементов – примесей в метасома-

татах и рудах Еловского месторождения в настоящее время отсутствуют.

Следует отметить, что, несмотря на долгий (с 1969 г.) период изучения данного месторождения, на сегодняшний день, минеральный, петрографический и геохимический состав Еловского месторождения требует дополнительного исследования с применением современных методов анализа минерального вещества.

Автором, на основании геологических наблюдений в карьере месторождения, ми-

нерально-петрографического изучения прозрачно-полировочных шлифов, геохимических, термических и рентгеноспектральных данных, а также с учетом данных предыдущих исследователей, выделено четыре типа метасоматитов и руд на Еловском месторождении. Это: 1) шамозитовые метасоматиты, в которых выделяются три минеральные разновидности: а – шамозитовые, б – клинохлор-брэндлейит-шамозитовые, в – клинохлор-талк-шамозитовые; 2) гетитовые метасоматиты; 3) непуит-хризотил-лизардитовые метасоматиты; и 4) хризотил-лизардитовые серпентиниты. Выделенные типы метасоматитов и руд Еловского месторождения дополняют и уточняют классификацию, предложенную в 1974 г., Л.И.Кононовой и К.Г.Бородиной [4].

Уточнение минерального состава метасоматитов и руд Еловского месторождения проводилось на основе представительной коллекции петрологических разностей пород и руд месторождения (более 300 проб), собранной автором в 2008-2010 гг. в карьере Еловского месторождения. Для изучения геохимических особенностей метасоматитов и руд в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ были выполнены анализы проб по выделенным выше основным разновидностям пород и руд Еловского месторождения.

Петрогенные элементы (Al, Fe, Si, Mg, Mn, Ca), элементы группы железа (Ti, Cr, Ni); цветные и тяжелые металлы (Cu, Co, Zn, Pb, Li, Sc, Te), а также фосфор определялись методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, аналитики Э.Г.Червякова, В.А.Шишлов. Петрогенные элементы определялись на приборе «Оптимат-4300 DV» после разложения проб сплавлением с метаборатом лития, в остальных случаях использовалось разложение смесью концентрированных кислот. Пределы обнаружения для различных элементов варьируют от единиц до десятых долей г/т.

Редкоземельные элементы, тугоплавкие металлы (Ta, Y, U, Th, Hf, Ru, Sr и некоторые другие элементы) определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе «Элан-6100 DRC» после разложения проб сплавлением с метаборатом

лития с дальнейшим растворением плава в разбавленной азотной кислоте, аналитики В.А.Шишлов, В.Л.Кудряшов. Пределы обнаружения достигают сотых и тысячных долей г/т. Сера определялась методом инфракрасной спектроскопии, аналитик В.Н.Тарасова. Предел обнаружения 0,005 %. Фтор, хлор определялись методом ионометрии, аналитик Л.А.Копытченко. Пределы обнаружения F – 0,003 г/т, Cl – 0,005 г/т. Изучены следующие группы элементов-примесей [6, 7]: петрогенные элементы (ПЭ), элементы группы железа (ЭГЖ), элементы магматических эманаций (ЭМЭ), металлоиды (МД), редкие щелочи (РЩ), щелочные земли (ЩЗ), редкоземельные элементы (РЗЭ) и иттрий (Y), цирконий (Zr), ниобий (Nb), тантал (Ta), радиоактивные элементы (РЭ) и металлические элементы (МЭ).

Содержания элементов-примесей в породах и рудах Еловского месторождения согласно полученным результатам соответствуют трем дискретным уровням, г/т: I – ~24000 – хризотил-лизардитовые серпентиниты и руды (23970); II – 28000 – 34000 – клинохлор-талк-шамозитовые метасоматиты и руды (28819), шамозитовые метасоматиты и руды (29172), клинохлор-брэндлейит-шамозитовые метасоматиты и руды (30636), гетитовые метасоматиты и руды (33377). III – ~76000 – непуит-хризотил-лизардитовые метасоматиты и руды (75672). Каждая группа элементов-примесей (ЭГЖ, ЭМЭ и др.) вносит свой количественный вклад в их общую сумму, в соответствии с чем их можно подразделить на семь категорий (см. таблицу).

Из групп элементов-примесей количественно наиболее значимыми являются элементы группы железа, особенно следует отметить в этой группе содержания никеля (до 71406 г/т) и хрома (до 14364 г/т). Высокими содержаниями отличается группа элементов магматических эманаций (S, F, Cl), а содержания фосфора ($n \cdot 10^3$) позволяют вынести его в отдельную группу. Далее, по мере убывания следуют металлические элементы (цинк, медь), группа щелочноземельных и редкоземельных элементов, иттрий, и остальные. Наименее значимыми являются радиоактивные элементы (см. рисунок).

Распределение групп элементов-примесей по количественным категориям на Еловском месторождении, г/т

№ п/п	Категория	Группа химических элементов
1	$n \cdot 10^4 - n \cdot 10^0$	Элементы группы железа (ЭГЖ): Ni (до 71406), Cr (до 14364), Mn, Ti, V, Sc, Co
2	$n \cdot 10^3$	Фосфор
3	$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^1$	Элементы магматических эманаций (ЭМЭ): S, F, Cl. Металлические элементы (МЭ): Zn, Cu
4	$n \cdot 10^1 - n \cdot 10^0$	Щелочные земли (ЩЗ): Ba, Sr и итрий
5	$n \cdot 10^1 - n \cdot 10^{-1}$	Редкоземельные элементы (РЗЭ), элементы: Zr, Nb, Ta. Металлические элементы (МЭ): Pb, Mo, Ga
6	$n \cdot 10^0 - n \cdot 10^{-1}$	Металлоидные элементы (МД): As, Sb, радиоактивные элементы (РЭ): U, Th, редкие щелочи (РЩ): Rb, Cs, металлические элементы (МЭ): Be
7	$n \cdot 10^{-1}$	Металлические элементы (МЭ): W, Sn

Для сравнения содержаний перечисленных групп элементов в рудах и породах Еловского месторождения с содержаниями этих элементов в первичных породах, за наименьшим данными по гарцбургитам Кольского массива, на которых развита кора выветривания

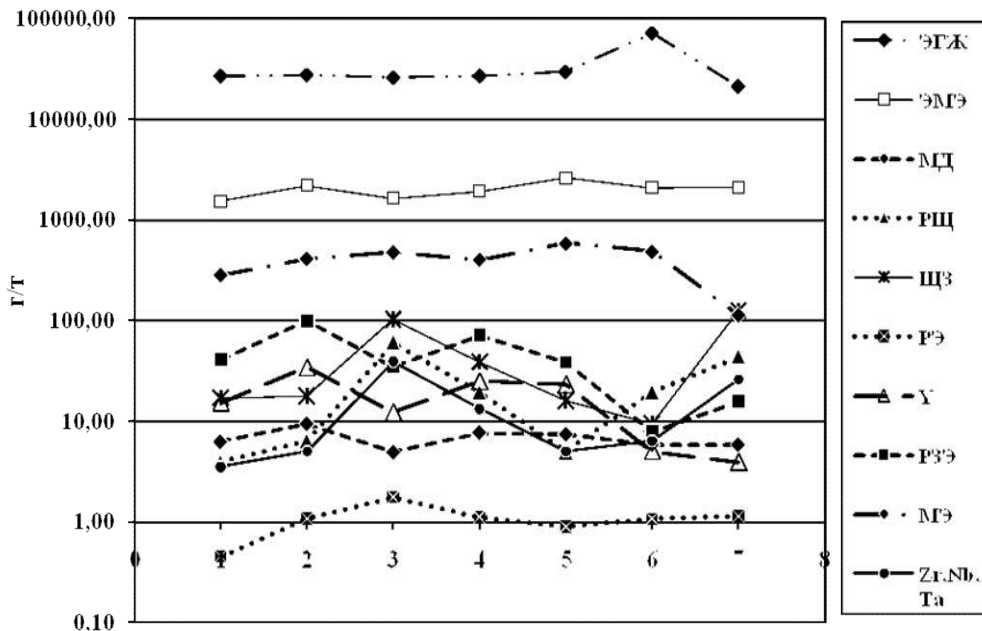
Еловского месторождения, нами использованы составы примитивной мантии по В.Мак Донугу [8], Х.Венке и др. [2] и рассчитаны коэффициенты накопления (K_n) элементов в горных породах и рудах Еловского месторождения. Общий анализ коэффициентов накопления химических элементов в метасоматитах и рудах Еловского месторождения показывает, что их можно разделить на три дискретные группы:

I. В которой концентрация каждого элемента ниже кларка ($K_n < 1$).

II. В которой концентрация элементов выше кларка ($K_n > 1$). При этом величины коэффициентов накопления относительно низкие ($K_n = 1-15$).

III. В которой концентрация элементов характеризуется исключительно высокими величинами коэффициентов накопления ($K_n = 15$, иногда 100). К ней относятся металлоидные элементы (селен, мышьяк, сурьма) и металлы (свинец, молибден, вольфрам), иногда литий.

В целом, анализ геохимических особенностей метасоматитов и руд Еловского месторождения позволяет сделать следующие выводы:



Распределение групп элементов-примесей в метасоматитах и рудах Еловского месторождения (г/т)

1 – шамозитовые метасоматиты и руды; 2 – клинохлор-брэндлейит-шамозитовые; 3 – клинохлор-талк-шамозитовые; 4 – среднее значение по шамозитовому типу руд; 5 – гетитовые метасоматиты и руды; 6 – непунит-хризотил-лизардитовые метасоматиты и руды; 7 – хризотил-лизардитовые серпентиниты и руды

1. В шамозитовых, клинохлор-бренд лейит-шамозитовых, клинохлор-талк-шамозитовых, гетитовых и хризотил-лизардитовых типах метасоматитов и руд наблюдается накопление большей части проанализированных элементов-примесей с различными коэффициентами накопления (от 1 до 15).

2. В непуит-хризотил-лизардитовых метасоматитах и рудах накапливается наибольшее количество никеля, с самым высоким коэффициентом накопления этого рудного элемента ($K_n = 33,06$) по сравнению с остальными типами метасоматитов и руд. При этом, большинство проанализированных элементов-примесей в этой группе обладает величинами $K_n = 1$.

3. Во всех выделенных типах метасоматитов и руд Еловского месторождения отчетливо наблюдается вынос таких элементов, как Вi, Cs, Nb, Та, и накопление таких элементов, как Ni, P, F, Cl, U, Zn, Ga.

4. Во всех типах метасоматитов и руд Еловского месторождения можно выделить отдельную группу элементов, с весьма высокими коэффициентами накопления, которая отличается отчетливой «гранитофильной» спецификой, и, в целом, нехарактерна для ультраосновных пород, на которых развита кора выветривания месторождения. Это такие элементы, как: Sb, Se, As, Мо (имеют K_n от 15 до 100, и выше), а также Li, W, Pb, F, Cl. Вероятно высокая степень накопления данных элементов объясняется влиянием кислого магматизма, проявленного в среднем палеозое в районе развития Еловского месторождения.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. и при поддержке грантов Германской службы академических обменов DAAD по программе «Михаил Ломоносов» 2007 г. № А/07/97635 и 2009 г. № А/09/72762 совместно с грантами Министерства образования и науки РФ 2008 г. № РНП 2.2.2.3.16182, и 2010 г. № РНП 2.2.2.3.9100.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бородина К.Г.* Особенности строения и вещественный состав коры выветривания серпентинитов Еловского участка Кольского массива гипербазитов на Северном Урале / К.Г.Бородина, Н.Д.Вохмятина // Кора выветривания Урала. Саратовский университет. Саратов, 1969. С.254-258.
2. *Венке Х.* Геохимия архея / Х.Венке, Г.Дрейбус, Э.Ягоуц. М.: Мир, 1987. 315 с.
3. *Журавлева Н.А.* О железистом типе кобальт-никелевых руд Серовского месторождения / Н.А.Журавлева, А.В.Вторушин, В.И.Русский // Рудоносные коры выветривания. М.: Наука, 1974. С. 152-162.
4. *Кононова Л.И.* Серовское месторождение гипергенного никеля / Л.И.Кононова, К.Г.Бородина, Н.Д.Вохмятина // Рудоносные коры выветривания. М.: Наука, 1974. С. 163-172.
5. *Куземкина Е.Н.* Особенности минерального состава коры выветривания Кольского массива ультраосновных пород // Кора выветривания Урала. Саратовский университет. Саратов, 1969. С.241-245.
6. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа. 1979. 420 с.
7. *Сауков А.А.* Геохимия. М.: Наука, 1975. 477 с.
8. *Mc Donough W.F.* Constrains of the composition of continental lithospheric mantle. EPSL, 1990. V.101. N.1. P. 1-18.

REFERENCES

1. *Borodina K.G., Vohmyatina N.D.* Features of the structure and composition of the crust of weathering of serpentinite Elov area of the Kola ultramafic massif in the Northern Urals // Weathering crust of the Urals. Publisher Saratovskiy universitet. 1969. P. 254-258.
2. *Venke H., Dreybus G., Ygoutz.* Geochemistry of Archean. Moscow: Mir, 1987. 315 p.
3. *Zhuravleva N.A., Vtoruschin A.V., Russkiy V.I.* On the feriferous type of cobalt – nickel ore deposits Serov // Ore-bearing weathering crust. Moscow: Nauka, 1974. P. 152-162.
4. *Kononova L.I., Borodina K.G., Vohmyatina N.D.* Serov deposit supergene nickel // Ore-bearing weathering crust. Moscow: Nauka, 1974. P. 163-172.
5. *Kuzemkina E.N.* Features of the mineral composition of the weathering crust of the Kola massif of ultramafic rocks. // Weathering crust of the Urals. Publisher Saratovskiy universitet. 1969. P. 241-245.
6. *Perelman A.I.* Geochemistry. Moscow: High school, 1979. 420 p.
7. *Saukov A.A.* Geochemistry. 4th Edition. Moscow: Nauka, 1975. 477 p.
8. *Mc Donough W.F.* Constrains of the composition of continental lithospheric mantle. EPSL, 1990. V.101. N.1, P.1-18.