

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕРМОМЕТРИЯ ХЛОРИТОВ
ОСТАТОЧНОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КОЛЬСКОГО МАССИВА
(СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Илалова Р.К. (regino4ka_8655@mail.ru), Гульбин Ю.Л.

Санкт-Петербургское отделение. Санкт-Петербургский горный университет

CHEMISTRY AND THERMOMETRY OF CHLORITES IN RESIDUAL
WEATHERING CRUSTS ON THE KOLSKIY MASSIF (NORTHERN URALS)

Palova R.K., Gulbin Yu.L.

Saint-Petersburg branch. Saint Petersburg Mining University

На восточном склоне Северного Урала в Серовском районе на протяжении более чем полвека разрабатывается древняя (Т–J) никеленосная кора выветривания гипербазитов (Никеленосные..., 1970). Интрузии ультраосновных пород (Кольская, Устейская, Катасьминская и др.) приурочены к зоне субмеридионального глубинного разлома, имеют позднесилурийский возраст и перекрыты платформенными отложениями мезозоя и кайнозоя. Они являются типичными представителями дунит-гарцбургитовой формации и сложены серпентинитами и серпентинизированными гарцбургитами, дунитами и клинопироксенитами. Серпентиниты прорваны многочисленными дайками диоритов, плагиогранитов, габбро-долеритов с приконтактовыми зонами оталькования, хлоритизации и карбонатизации.

Выделяются два генетических типа никеленосных кор выветривания: остаточный и преобразованный инфильтрационно-метасоматический (шамозитовый). Наиболее полный разрез остаточной коры сохранился в южной части Кольского массива. Здесь снизу вверх чередуются зоны развития: 1) дезинтегрированных серпентинитов, слабо затронутых процессами выветривания, 2) выщелоченных (керолитизированных, карбонатизированных, окремненных, нонтронитизированных, обохренных) серпентинитов и 3) охр, сложенных преимущественно оксидами и гидроксидами железа. Важную роль среди гипергенных минералов играют слоистые силикаты, обогащенные никелем: никелевые серпентины и хлориты, никелевый тальк, никелевый вермикулит.

Хлориты широко распространены во всех зонах профиля выветривания. С целью изучения генезиса хлоритовой минерализации были детально исследованы образцы хлоритовых пород, отобранные из керна скважин с абсолютными отметками 27 м (обр. 6-4-107, зона охр), 40 м (обр. 6-9-95, зона рыхлых выщелоченных серпентинитов) и 80 м (обр. 6-7-54 зона плотных выщелоченных серпентинитов). Во всех образцах хлориты ассоциируют с карбонатами и рудными минералами (хромовой шпинелью, магнетитом).

По данным микронзондового анализа изученные хлориты отличаются повышенной магнезиальностью [$Mg/(Mg+Fe)$ 0.65–0.94] и высокой никеленосностью (NiO 0.19–21.1 мас.%). Наблюдаются отрицательные корреляции между содержаниями NiO и MgO ($r = -0.98$), NiO и Al_2O_3 ($r = -0.69$), что свидетельствует об участии никеля в изоморфных замещениях двух типов ($Mg = Ni$, $Al^{IV}Al^{VI} = Si + Ni$).

Содержание Si в целом повышено и варьирует от 2.96 до 3.75 к.ф. ($O=14$). На диаграмме М. Хея (Heu, 1954) фигуративные точки хлоритов с пониженным содержанием никеля ($Ni < 0.22$ к.ф.) попадают в поле клинохлора, с повышенным ($Ni = 0.22–1.54$ к.ф.), благодаря чермаковским замещениям – в поля пеннина и, частично, талько-хлорита.

Содержание Al понижено и изменяется от 1.1 до 2.66 к.ф. В хлоритах, обогащенных никелем, Al^{VI} существенно преобладает над Al^{IV} . Данная закономерность проявлена для обр. 6-9-95 и 6-7-54; точки хлоритов, обедненных никелем, в этом случае располагаются вблизи линии $Al^{VI}=Al^{IV}$. В обр. 6-7-104, независимо от содержания никеля, наблюдается противоположная тенденция и в большинстве анализов отношение Al^{VI}/Al^{IV} меньше 1.

Повышенное содержание катионов в октаэдрической позиции (для большинства анализов R^{VI} 5.6–6.2 к.ф.) и соответственно пониженное содержание октаэдрических вакансий позволяет отнести изученные хлориты к триоктаэдрической подгруппе. По сравнению с низконикелистыми хлоритами, высоконикелистые хлориты из обр. 6-9-95 и 6-7-54 демонстрируют повышенное содержание октаэдрических вакансий и ограниченную степень ди-триоктаэдрического замещения $3R^{2+}=2Al^{VI} + \square$.

Известно, что закономерное увеличение содержания тетраэдрического алюминия при переходе от диагенетических к гидротермальным и метаморфическим хлоритам связано с ростом температуры кристаллизации. Зависимость содержания Al^{IV} от температуры положена в основу хлоритового геотермометра (De Caritat et al., 1993). Его более поздние версии базируются на термодинамическом анализе минеральных реакций, описывающих дивариантное равновесие хлорит + кварц в условиях диагенеза и низко-среднетемпературного (200–500 °C) метаморфизма (Inoue et al., 2009; Lanary et al., 2014). Оценки температур, полученные с помощью этого геотермометра, позволяют выделить две генерации хлоритов: 1) ранний, обедненный никелем хлорит (клинохлор), сформированный при температурах 200–250 °C в ходе гидротермального метаморфизма, следовавшего за серпентинизацией, 2) поздний, обогащенный никелем хлорит (пеннин, талько-хлорит по М. Хею), образованный при температурах 50–200 °C в процессе гипергенного выщелачивания серпентинитов.

Полученные результаты хорошо согласуются с представлениями о полигенной природе гипергенных никелевых руд Урала (Сагдиева и др., 2016).

Никеленосные коры выветривания Урала / Никитин К.К., Яницкий А.Л., Витовская И.В. и др. М.: Наука, 1970. 276 с.

Сагдиева Р.К., Таловина И.В., Воронцова Н.И. Современные взгляды на формирование никеленосных кор выветривания ультраосновных массивов на Урале // Горный инф.-аналит. бюл. 2016. № 6. С. 278–288.

Hey M.H. A new review of the chlorites // *Miner. Mag.* 1954. V. 30. P. 277–292.

De Caritat P., Hutcheon I., Walshe J.L. Chlorite geothermometry: A review // *Clays Clay Miner.* 1993. V. 41. P. 219–239.

Inoue A., Meunier A., Patrier-Mas P., Rigault C., Beaufort D., Viellard P. Application of chemical geothermometry to low-temperature trioctahedral chlorites // *Clays Clay Miner.* 2009. V. 57. P. 371–382.

Lanari P., Wagner T., Vidal O. A thermodynamic model for di-trioctahedral chlorite from experimental and natural data in the system MgO–FeO–Al₂O₃–SiO₂–H₂O: applications to *P–T* sections and geothermometry // *Contrib. Miner. Petrol.* 2014. V. 167. P. 968.