

**Изотопно-геодинамические предпосылки формирования платинометалло-никелевых месторождений раннего докембрия (3.8-1.7 млрд. лет)****Турченко С.И.**

Учреждение Российской академии наук Институт геологии и геохронологии докембрия РАН,  
г. Санкт-Петербург, e-mail: turchsi@mail.ru

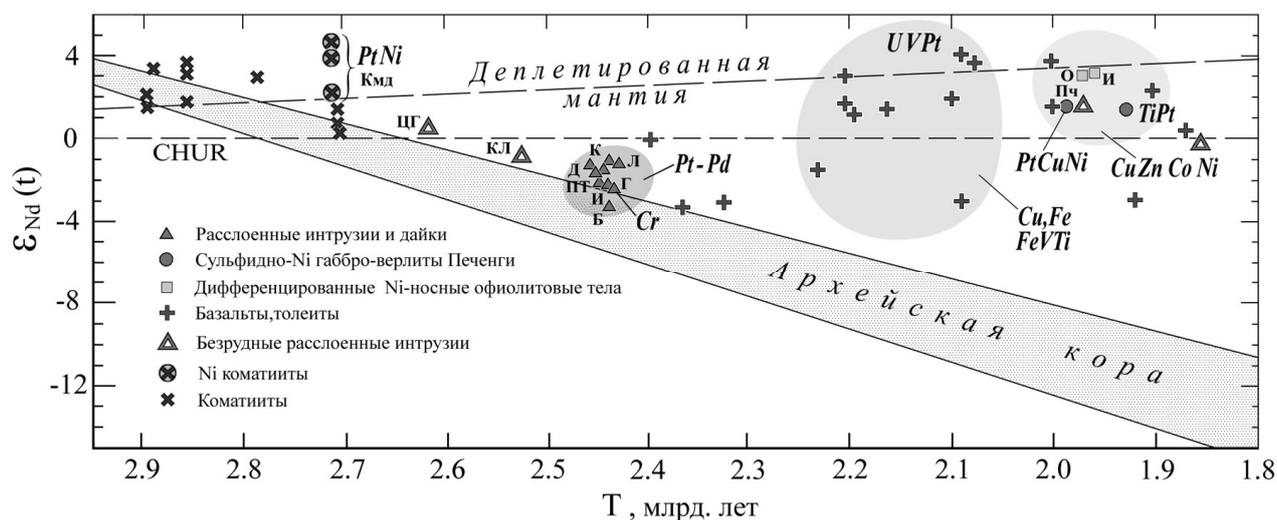
Древнейшие породы на Земле зафиксированы с возрастом около 4 млрд. лет (Агаста гнейсы) по [3], а также возраст по цирконам из метапесчаников Джек Хилл в Зап. Австралии установлен U-Pb методом  $4363 \pm 20$  Ma [8], но все-таки имеется гораздо более древний материал для изучения – это метеориты. Эти продукты отражают не только состав Солнечной системы, но и состав ранней твердой Земли из которых вместе с планетоземалиями, пылью и газами она состояла. Метеоритный материал имеет сложный состав и состоит примерно на 80% из хондритов и ахондритов, а также железо-никелевых и никельсодержащих метеоритов, которые и образовывали первичное твердое вещество Земли путем аккреции. Причем распространение аккрецирующих метеоритов и планетоземалий естественно было глобально неоднородным. Все метеориты и планетоземалии были гораздо древнее земных пород и имеют возраст  $4567.1 \pm 0.16$  млн. лет [2]. В результате метеоритных ударов и в особенности крупных планетозималей произошло частичное плавление первичного земного вещества и разогрев глубинных частей Земли, что создало первичный магматический океан гадейского этапа, но сохранивший глобальные геохимические неоднородности. Интенсивная метеоритная бомбардировка длилась в период приблизительно до 3.8 млрд. лет и продолжалась с постепенным затуханием до конца архея. К этому же временному этапу относится начало выделения земного ядра и соответственно формирование протомантийного вещества, послужившего основой для создания мантийного глубинного слоя. В этом слое произошла за период 3.8-3.5 млрд. лет дифференциация мантии на геохимически различные домены из-за первичной неоднородности земного вещества с образованием хондритового и деплетированного мантийных резервуаров. В это время произошла существенная перестройка структуры литосферы, связанная, вероятно, с образованием конвективных ячеек в мантии и появлением ранних микроконтинентов.

Для мафит-ультрамафитовых пород, которые являются производными мантийного магматизма и носителями платинометалло-никелевого оруденения (коматииты, коматиитовые перидотиты, габбро-пироксениты и мафические дайки) палео- и мезоархейского возраста (3.8-3.2 млрд. лет) установлены по Sm-Nd возрастным данным положительные и нулевые значения  $\epsilon Nd$ , отвечающие первичному деплетированному и хондритовому резервуарам [4,5,6,7]. Среди них имеются также отрицательные значения  $\epsilon Nd$ , соответствующие веществу контаминированному наиболее ранними вулканогенными отложениями. Однако из-за дефицита серы в таких древнейших отложениях крупных сульфидных никелевых и платинометалльных месторождений неизвестно, выявлены лишь небольшие месторождения (Шангани) и рудопроявления в коматиитах (с возрастом  $3526 \pm 48$  и  $\epsilon Nd +0.7$ ) из низов группы Онвервахт зеленокаменного пояса Барбертон в Каапвальском кратоне Ю. Африки.

Для пород мантийного происхождения (коматиитов, пикритов, габбро-пироксенитов и мафических даек) мезо- и неархейского возраста (3.4-2.6 млрд. лет) установлены по Sm-Nd возрастным данным положительные значения  $\epsilon Nd$  (рис. 1), свидетельствующие о деплетированном мантийном резервуаре служившим источником формирования вулканогенных и интрузивных мафит-ультрамафитовых пород зеленокаменных поясов. Архейские крупные сульфидные Ni-PGE месторождения в коматиитах и телах коматиитовых перидотитов известны в кратоне Йилгарн Зап. Австралии (рудные районы Камбалда и Фортеस्कью), в других кратонах Мира – только рудопроявления и все они составляют ранний этап формирования такого рода месторождений.

Геологические события, происшедшие в палеопротерозое, свидетельствуют о существенных изменениях выраженных не только в тектонических преобразованиях, т.е. смене режимов формирования гранит-зеленокаменных областей архейских кратонов на режимы аккреционных и коллизионных орогенических структур, наращивающих континентальную кору или интракратон-

ных рифтов разрушающих эпиархейские кратоны и сопровождаемых глобальным проявлением мантийного мафит-ультрамафитового магматизма. Эти изменения произошли под влиянием окончательного формирования земного ядра и глубинных слоев литосферы: нижней и верхней мантии. Причем формирование континентальной коры происходило в составе единого протоконтинента (Пангея II), который подвергся в начале раннего палеопротерозоя глобальному рифтогенезу. Он выразился в формировании палеорифтовых структур, содержащих расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии с геохимическими свойствами кремнеземистых высоко-Mg магм, несущих повышенные концентрации Cr, Ni, Co, Cu, V, PGE [1]. Источником магм являлось деплетированное мантийное вещество, с которым ассоциируют сульфидные Ni-PGE и малосульфидные Pt-Pd месторождения. При возрастном диапазоне 2.5-2.4 млрд. лет интрузии обладают отрицательными значениями  $\epsilon_{Nd}$  (табл.) в большинстве случаев трактуемых как результат ассимиляции архейских коровых пород. Более вероятно такое глобальное проявление специфических геохимических свойств магм (высокое содержание в ультрамафитах Si, Al, Mg, Cr, рудогенных компонентов и некогерентных элементов) связано с окончательным формированием глубинной структуры Земли и в частности ядра и деплетированной мантии в современном ее понимании. Это и был второй докембрийский наиболее важный по значимости и концентрации Ni и PGE месторождений этап в истории Земли.



Отношение  $\epsilon_{Nd}$ /возраст для Ni-PGE содержащих мафит-ультрамафитовых пород: кмд-Камбалда, к-Кивакка, пт-Панские Тундры, Б-Бураковка, И-Имандра, Г-Генеральская, Пч-Печенга, О-Оутокумпу, Й-Йормуа.

Дальнейшее развитие ультрамафит-мафитового магматизма, с которым связаны Ni-PGE месторождения, происходило под влиянием сформированного обновленного слоя неоднородной деплетированной мантии. На протяжении более 500 млн. лет происходило рециклирование корового материала, обогащение мантии некогерентными элементами и LREE, что к интервалу 2.0-1.8 млрд. лет создало предпосылки для проявления третьего раннедокембрийского этапа образования Ni-PGE оруденения. Оно выражено в развитии PGE и сульфидных Ni-PGE месторождений в отдельных рифтогенных структурах завершающего этапа палеопротерозоя.

С мантийными неоднородностями связано и неоднородное распределение рудных месторождений мантийного происхождения. Такие месторождения, как например Ni, сосредоточены в раннепротерозойских палеорифтовых ультрамафитовых интрузиях областей, обрамляющих архейскую провинцию Сьюпириор в Канаде: поясов Томпсон, Унгава и Садбери, где они составляют около 50% мировых запасов Ni. Вторая часть мировых запасов сосредоточена лишь в трех провинциях скопления этого металла в пределах других континентальных блоков: 1) в локальной группе архейских зеленокаменных поясов кратона Йилгарн в Зап. Австралии (~2730 млн. лет), 2) в раннепротерозойских габбро-верлитах Печенгского палеорифта и бонинитовой расслоенной интрузии Монча на Кольском полуострове (2500-2450 млн. лет), 3) в уникальных позднепалео-

## МИНЕРАГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

зойско-раннемезозойских интрузиях Норильского рудного района, произведенных из протерозойской мантии.

Данные  $\epsilon\text{Nd}$  для возрастов в миллионах лет различных структур Мира

	T М.л	$\epsilon\text{Nd}$		T М.л	$\epsilon\text{Nd}$
Полмос-Порос	2870	+3.2-+3.0	г. Генеральская	2505	-2.3
Ура губа	2870	+3.3-+1.6	Мончеплутон	2504	-1.4
			Фед.-Панский	2501	-2.1
Хаутавара	2935	+1.6-+0.3	Имандровский	2491	-2.1
Койкары	2935	+1.9- +1.4	Кивакка	2445	-1.2
Палая-ламба	2935	+1.2- +0.6	Луккулуйсваара	2439	-2.4
Совд-озеро	2920	+3.3-+1.5	Ципринга	2449	-1.1
Камен.-озеро	2875	+11.9-+9.5	Бураковская	2441	-2.0
Костамукша	2795	+3.0-+2.7	Ветр. Пояс	2450- 2410	-1.3 -10.7
Тиккерутук	2725	+0.69-+0.62	Карминак, Канада	2450	-1.7
Оз. Минто	2725	+0.79-+0.04	Чинней, В. Сибирь	2203	+1.6
Вабигун м.д	2685	+0.91-+1.09	Бирримий(б) Африка	2100	+3.0
Лиф-ривер, м.д	2725	+1.68-+1.04	Пеникат	2410	-1.6
Камбалда, ком.	2730	+4.4-+2.7	Аканваара	2423	-2.1
То же, баз.	2730	+2.8-+3.7	Кончезерск. (б.д.)	1975	+3.2
То же, интр.		+1.75-+4.7	Грем.Вырмес (и.)	1926	+0.8
То же, ком.	2730	-1.0	Оутокумпу (и.)	1965	+3.0
			Йормуа (б.)	1955	+3.1
			Коталахти (и.)	1880	+2.0

б, баз.-базальты, ком.-коматиты, интр., и.-мафические и ультрамафические интрузии, м.д.-мафические дайки.

Итак, никелевая геохимическая специализация свойственна мафит-ультрамафитовым породам мантийного происхождения, которые были выведены в верхние коровые уровни, при воздействии интенсивных процессов рифтогенеза. Таким образом, некоторые важные металлогенические особенности оболочек Земли были заложены в догеологический и раннегеологический периоды, а вся последующая коровая история и связанная с нею металлогения - это лишь дальнейшее развитие ранних этапов существования Земли.

### Литература

1. Турченко С.И. Металлогения тектонических структур палеопротерозоя. СПб. Наука: 2007, 175 с.
2. Amelin, Y., Wadhwa, M., Lugmair, G.W., 2006. Pb-isotopic dating of meteorites using 202Pb-205Pb double-spike: comparison with other high-resolution chronometers // Lunar and Planetary Science XXXVII, abstract 1970.
3. Bowring, S.A., Williams, I.S., 1999. Priscoan (4.00–4.03 Ga) orthogneisses from NW Canada // Contributions to Mineralogy and Petrology 134, 3–16.
4. Cattell A., Krough T.E., Arndt N.T. Conflicting Sm-Nd whole rock and U-Pb zircon ages for Archean lavas from Newton Township, Abitibi belt, Ontario. //Earth and Planet. Sci. Lett. V.70, p. 280-290. 1984.
5. Chauvel C., Dupre B., Jenner G.A. The Sm-Nd age of Kambalda volcanics is 500 Ma too old! // Earth Planet. Sci. Lett. V 74, p. 315-324, 1985.
6. Gruau G., Chaul C., Jahn B.M. Anomalous Sm-Nd ages for the early Archean Onverwacht Group volcanics. Significance and implications.// Contrib. Mineral. Petrol. V.104, N 1, 27-34, 1990.
7. Jahn B. M., Gruau G., Glickson A.Y. Komatiites of the Onverwacht Group, S. Africa: REE geochemistry, Sm-Nd age and mantle evolution. //Contrib. Miner. Petrol. V 80, p. 25-40, 1992.
8. Nemchin et al., 2006 Nemchin.A., Pidgeon, R.T., Whitehouse, M.J.// Re-evaluation of the origin and evolution of >4.2 Ga zircons from the Jack Hills metasedimentary rocks. // Earth and Planetary Science Letters 244, p. 218–233. 2006.