

ми синявской серии. Наблюдается отчетливая ассоциация золота с борнитом и халькозином в прослоях песчаников, эффузивах, конгломератах и наличие самородной меди и халькозина в доломитах и песчаниках.

В пределах южного склона Воронежского кристаллического массива, минерализация зон активизации рифейского возраста имеет другой характер и приурочена к Шумилинско-Новохоперской зоне северной части Ростовской области. Она связана с дайками и трубками брекчий базальтоидного ряда пород и определяется находками алмазов в её Воронежской части.

Таким образом, структуры территории в дорифейский этап представляли собой единый фрагмент Восточно-Европейской платформы. Они обладали близостью состава, структурных форм и прошли общий путь развития раннедокембрийской истории и характеризуются сходными особенностями минерагения. Отрыв блоков южной части от Воронежского массива связан с рифейским рифтогенезом, а активизация и последующая коллизия рифтовой системы произошли уже в палеозое и определили существующее положение докембрийских структур.

#### Литература

1. *Бородулин Н.И.* Система глубинных разломов Донбасса и их характеристика по данным глубинного сейсмического зондирования. // Геофизический сборник. Вып. 56. Киев: Наук. думка. 1973. С. 20
2. *Волож Ю.А., Антипов М.П., Леонов Ю.Г., Морозов А.Ф., Юров Ю.А.* Строение кряжа Карпинского. // Геотектоника, 1999, №1. С. 28-43
3. Геодинамические исследования при геологической съёмке. Методические рекомендации. Под ред. Н.В. Межеловского. СПб., 1992. 136 с.
4. *Демченко Б.М., Чернышев Н.М., Лихачев В.А., Зеленцов Г.В.* Минералогия Воронежского кристаллического массива (ВКМ) // Геолог. вест. Центральных районов России, 1999. № 1/2. С. 13-18.
5. *Зайцев А.В., Грановский А.Г., Зеленцов Г.В., Рышков М.М.* Строение и геодинамика докембрийских структур в зоне сочленения Воронежского кристаллического массива и Ростовского тектонического выступа. // Доклады АН, 2003, т. 392, №1. С. 81 -84.
6. *Закруткин В.В., Зайцев А.В.* Докембрий юга Ростовской области (геолого-техническая схема). // Известия СКНЦ ВШ. Естественные науки. 1988. № 1. С. 71-80.
7. *Лихачев В.А., Терентенко Г.А., Зайцев А.В.* Основные черты тектономагматического развития и перспективы рудоносности Ростовского выступа и южной части Донбасса. // В сб. "Геологическое строение и разведка полезных ископаемых Ростовской области", Ростов на Дону, изд. РГУ, 1979. С. 76-84.
8. Методика геодинамического анализа при геологическом картировании. М.: Недра, 1991. 157 с.
9. *Мовшиович Е.В., Зайцев А.В., Лихачев В.А.* Докаменноугольная история развития Донецкого складчатого сооружения. // В сб. "Геологоразведочные работы в Ростовской области". Ростов на Дону, изд. РГУ, 1980. С. 27-34.

### Процессы формирования платинометальной минерализации в массиве Мончетундра, Кольский полуостров

Гроховская Т.Л.<sup>1</sup>, Тевелев А.В.<sup>2</sup>, Носик Л.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, e-mail: tlg@igem.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, г. Москва, e-mail: arctevelev@rambler.ru

#### Аннотация

Генезис малосульфидных платинометальных месторождений неоднозначен. Хотя мантийный источник ЭПГ не вызывает сомнений, происхождение и эволюция минералов платиновой группы (МПГ) в рудных горизонтах до сих пор остаются предметом дискуссий. В последние годы обнаружено большое количество новых необычных МПГ, образование которых связано с гидротермальным изменением пород, образованием зон окисления, кор выветривания и россыпей. Представлен

ные в докладе данные по геохимии и минералогии ЭПГ в массиве Мончетундра свидетельствуют о вкладе нескольких минералообразующих процессов в формирование платинометального оруденения, а начатое нами изучение изотопии серы позволит получить новые сведения об источниках рудного вещества в малосульфидных ЭПГ-рудах Мончегорского рудного района.

#### Введение

Месторождения платиновых металлов, установленные в последние десятилетия в пределах восточной части Балтийского щита, ассоциируют с палеопротерозойскими (~2.5 – 2.45 млрд. лет) расслоенными массивами двух рифтовых систем – Северо-Карельской и Печенга–Имандра–Варзугской. Различия в структурных и генетических типах платинометального оруденения зависят в первую очередь от структурной и геодинамической позиции вмещающих расслоенных массивов [4]. К классическому рифовому типу платинометального оруденения, развитому в таких известных массивах, как Бушвельд и Стиллуотер, в Карело-Кольском регионе можно отнести лишь ЭПГ-содержащие горизонты массива Панских тундр. В остальных расслоенных массивах рудные тела различной протяженности и мощности локализованы в краевых зонах массивов и разномасштабных зонах тектонизации. Зоны тектонических контактов различных массивов (или блоков единых массивов) представлены катаклазитами различного облика, в которых широко развиты продукты метасоматической и гидротермальной переработки исходных пород, вмещающие ЭПГ-минерализацию [2].

Месторождения платино-палладиевых руд в расслоенных массивах Мончегорского рудного района были открыты сравнительно недавно, в конце 1990-х годов. Характерно, что промышленные месторождения ЭПГ были найдены не в самом никеленосном Мончегорском плутоне, а в породах восточной части интрузии Мончетундра, в зоне сочленения ее с Мончегорским плутоном, и в массивах его южного обрамления. Эта зона давно привлекала внимание исследователей, а после обнаружения в районе Пентландитового ущелья повышенных содержаний ЭПГ и многочисленных МПГ, не характерных для Cu-Ni руд Мончегорского плутона, она стала рассматриваться как перспективная на собственно платинометальные руды. В результате поисково-съёмочных работ здесь были установлены месторождения Вуручуайвенч и Мончетундра и рудопроявление Южная Сопча.

#### Геологическая и тектоническая позиция

Раннепротерозойский габбро-лабрадоритовый интрузивный комплекс Монче-Чуна-Волчьих и Лосевых Тундр (Главного габбрового хребта) расположен в южной части трансформной зоны, соединяющей Имандровский и Печенгский сегменты рифтовой системы Печенга–Имандра–Варзуга [4]. Интрузии прорывают гнейсы беломорской и кольской серий архея и перекрываются вулканогенно-осадочными породами имандра-варзугской серии среднего протерозоя. Интрузия Мончетундра является частью массива Главного габбрового хребта и непосредственно примыкает к Мончегорскому никеленосному плутону. Интрузия имеет лополитоподобную форму, пологое залегание в осевых частях с падением на юго-запад и крутые тектонические контакты с вмещающими породами. Изотопный возраст составляет от  $2501 \pm 3$  до  $2453 \pm 4$  млн. лет [3]. В разрезе интрузии выделяются нижняя краевая серия и расслоенная серия, включающая ультраосновную, ритмично - расслоенную, габброноритовую и верхнюю габбровую зоны, выделяемые по смене кумулюсных парагенезисов. Ультраосновная зона вскрыта двумя глубокими структурными скважинами в осевой части интрузии и выходит на поверхность в виде отдельных тектонических фрагментов в восточном борту, в зоне сочленения с Мончегорским плутоном. Массивы граничат по зоне Мончетундровского разлома, в пределах которого узкие линейные блоки относительно слабо измененных пород разделены интенсивно тектонизированными (до катаклазитов и милонитов) образованиями. Тектонические пластины, составляющие разломную зону, имеют крутое ( $45^\circ$ - $80^\circ$ ) северо-восточное падение и сложены ритмично-расслоенными породами основного-ультраосновного состава, которые прослеживаются вдоль всего восточного края интрузии. Геологическая позиция и строение отдельных блоков зоны Мончетундровского разлома недостаточно хорошо изучены из-за крайне сложных соотношений между ними и трудностей определения масштаба их последующей тектонической переработки. До настоящего времени не существует единого мнения относительно принадлежности тектонизированных блоков ритмично-расслоенных пород зоны сочленения интрузии Мончетундра и Мончегорского плутона к тому или иному комплексу [2, 3].

*Локализация, состав и условия формирования ЭПГ-оруденения*

Геологами Центрально-Кольской экспедиции В.В. Шолохневым и В.С. Пустовойтовым в месторождении Мончетундра было выделено несколько рудных зон. Каждой рудной зоне, характеризующейся как разнообразием породных ассоциаций, так и различной интенсивностью постмагматических, гидротермальных и тектонических процессов, свойственны свои типоморфные особенности и характер изменения сульфидных, оксидных и платинометаллических парагенезисов. В пределах месторождения ритмично-расслоенные породы, представленные несколькими повторяющимися мегаритмами, совмещены с зонами милонитов и магматических брекчий, а также инъецированы более поздними образованиями, что обусловлено интенсивной и длительной магматической и флюидной активностью в зоне Мончетундровского разлома.

Платинометальное оруденение приурочено к нескольким уровням разреза расслоенной серии массива Мончетундра и ассоциирует с вкрапленным сульфидным Cu-Ni-Fe оруденением, иногда пространственно совмещенным с хромитовой или титаномагнетитовой минерализацией. Сведения о платинометальной минерализации в центральной части массива ограничены пересечениями трех глубоких скважин, в которых выделяется несколько уровней повышенных содержаний ЭПГ (до 3-5 г/т Pt+Pd) в горизонтах сульфидной вкрапленности, локализованных в ритмично-расслоенной зоне. Скоррелировать эти горизонты пока не представляется возможным, и относить их к рифовому типу можно лишь с большой осторожностью.

Основная масса платинометаллических руд локализована в тектонизированных и гидротермально-измененных породах восточной части массива и зоны сочленения с Мончегорским плутоном. Руды характеризуются крайне неравномерным распределением ЭПГ. Наряду с рядовыми рудами (1-3 г/т Pt+Pd), преобладающими в разрезе интрузии и слагающими интервалы большой мощности, отмечаются отдельные рудные горизонты малой мощности (от 10 см до 1.0 м) с содержаниями Pt+Pd до 25-35 г/т. Высокие содержания ЭПГ часто наблюдаются в породах без видимой сульфидной вкрапленности или с редкой рассеянной вкрапленностью, а в обогащенных сульфидами породах содержания ЭПГ иногда крайне низки.

МПП локализованы в Cu-Fe-Ni сульфидах, на контактах сульфидов в силикатах или в силикатной матрице гидротермально измененных пород. Все МПП, кроме магматического лаурита в хромшпинелидах, образованы на заключительных этапах формирования ритмично-расслоенных пород массива из остаточных, обогащенных флюидной фазой расплавов, магматического флюида и гидротермальных растворов, участвующих в гидротермальном и метасоматическом преобразовании рудовмещающих толщ. Такие процессы особенно характерны для пород зоны Мончетундровского разлома, в пределах которой ритмично-расслоенные породы, представленные несколькими повторяющимися мегаритмами, совмещены с зонами магматических брекчий и инъецированы более поздними образованиями. Длительная интенсивная магматическая и флюидная активность этой зоны нашла свое отражение в сложном характере распределения ЭПГ, а вследствие этого и минеральных ассоциаций ЭПГ, Ag и Au.

Отмечаются различные типоморфные ассоциации МПП, присущие различным типам рудовмещающих пород, намечается также зависимость ассоциаций МПП от характера метасоматических и гидротермальных преобразований. Так, процессы серпентинизации приводят к преобладанию в рудах изоферроплатины и Pt-Pd-сплавов в серпентинизированных перидотитах флюидо-проницаемой зоны Мончетундровского разлома, а в амфиболизированных пироксенитах этой зоны преобладает сперрилит. В амфиболизированных габброноритах и норитах массивов Мончетундра, Вуручайвенч и Южная Сопча широко развиты соединения Pd с As, Sb, Te и S.

*Изотопный состав серы*

Ввиду приуроченности ЭПГ-оруденения к контактовым метасоматизированным, гидротермально-измененным породам, зонам тектонизации и брекчирования, его формирование могло сопровождаться активным заимствованием рудообразующих компонентов (например серы) из пород самих интрузивных массивов и вмещающих интрузии толщ. Для определения масштабов обмена и его влияния на состав рудных ассоциаций изучался изотопный состав серы в рудных минералах. Для медно-никелевых руд Мончегорского плутона Л.Н. Гриненко и др., было показано, что сульфиды жильных и вкрапленных руд плутона незначительно обогащены тяжелым изотопом по сравнению

нию с метеоритной серой [2]. Для сравнительного анализа изотопного состава серы разных типов руд нами были отобраны сульфидные фракции Cu-Ni руд Мончегорского плутона и малосульфидных ЭПГ-руд массивов Мончетундра, Южная Сопча и Вуручайвенч. Исследование показало, что  $\delta_{34S}$  в сульфидах близки во всех типах руд изученных массивов, несколько обогащены тяжелым изотопом  $^{34}S$  и колеблются в среднем в пределах  $\delta_{34S} = +0.97 \pm 2.0 \text{ ‰}$ , что отвечает мантийному источнику и незначительной роли коровой контаминации. Небольшое обогащение тяжелым изотопом серы ( $\delta_{34S}$  до  $+2.29 \text{ ‰}$ ) отмечается в гидротермально измененных ЭПГ-рудах месторождения Мончетундра и донном оруденении Мончегорского плутона (табл.).

Изотопный состав серы в расслоенных массивах Мончегорского района

№	Проба	$\delta_{34S}^{\text{‰}}$	Порода	Сульфиды	Массив
1	ТР-6	1.12	Пироксенит	Pn>Po-Cp	Травяная
2	ТР-6-2	1.2	«.»	Pn>Po-Cp	«.»
3	Нит-1	1.3	Жильное	Pu	«.»
4	Нит-2	1.06	«.»	Po-Cp-Pn	Нитгис
5	Нит-2-2	1.16	«.»	Po-Cp-Pn	«.»
6	821/335.0	2.29	Габбронорит краевой зоны	Po-Cp-Pn	«.»
7	Пласт 330	1.79	Ол-пироксенит	Po-Cp-Pn	Пласт330
8	1819074	2.29	"."	Po-Cp-Pn	Мончетундра
9	1720/219	1.64	Пироксенит	Po-Cp-Pn	«.»
10	9/176.9	2.09	«.»	Po	«.»
11	ЮС-203	0.97	«.»	Po-Pn-Cp-Mt	Южная Сопча
12	10114	1.02	«.»	Vo-Pn-Cp-Mt	«.»
13	ЮС-29	1.64	Габбронорит	Po-Pn-Cp	«.»
14	13223	1.18	Q-габбронорит	Po-Pn-Cp	«.»
15	13708	1.19	«.»	Po-Pn-Cp	Вуручайвенч
16	1844019	1.6	«.»	Po-Pn-Cp	«.»

Примечание: 1–16 – положительные значения со знаком (+); Po - пирротин, Pn - пентландит, Cp - халькопирит, Pu - пирит, Mt - магнетит, Ol - оливин, Q - кварц.

### Выводы

Проведена типизация рудных минеральных ассоциаций и обобщены данные по минералогии и геохимии рудовмещающих пород массива. Установлена разнообразная ассоциация МПГ, которые образованы из остаточных обогащенных флюидной фазой расплавов и магматического флюида. В измененных гидротермальными процессами рудах, которым отвечают и повышенные  $\delta_{34S}$ , были установлены новые типы соединений МПГ, представленные сложными оксидами платины и палладия, содержащими переменные количества меди и железа. Таким образом, рассмотренные преобразования МПГ являются результатом сложных и многостадийных минералообразующих процессов, в которых на фоне замещения первичных МПГ более поздними, в отдельных участках рудных зон происходит лавинная ремобилизация ЭПГ и формирование поздних богатых гидротермальных ЭПГ руд.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России", проект 02.740.11.0021.

### Литература

1. Гриненко Л.Н., Гриненко В.А., Ляхницкая И.В. // Изотопный состав серы сульфидов медно-никелевых месторождений Кольского п-ова. Геология рудных месторождений. Т. 9. № 4. 1967. С. 3-17.
2. Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шолохнев В.В. и др. Рудная платинометаллическая минерализация в расслоенном Мончегорском магматическом комплексе (Кольский полуостров, Россия) // Геология руд. месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 329–352.
3. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение / Под ред. Митрофанова Ф.П. и Смолькина В.Ф. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004.
4. Тевелев А.В., Гроховская Т.Л. Тектонический режим становления раннепротерозойских расслоенных массивов Балтийского щита // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. М.: ГЕОС, 1999. Т. 2. С. 193-196.