ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ПЛАТИНОИДОВ ЗОНАЛЬНЫХ-КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УРАЛА

Степанов С.Ю., Козлов А.В., Паламарчук Р.С.

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Stepanov-1@yandex.ru

Платиноносный пояс Урала, заключающий в себе зональные интрузивы дунит-клинопироксенит-габбровой формации и сопряжённые с ними россыпи, является предметом активных геологогоразведочных работ, направленных на выявление россыпных и коренных платиновых месторождений на протяжении уже почти двух столетий. Проводимые в большом объёме добычные и разведочные работы стали источником обширного фактического материала для геолого-генетических построений. Наиболее детальные исследования были проведены при изучении дунитов Нижнетагильского массива [1; 5; 7] и Юдинского дунитового тела [7], а также сопряжённых с ними россыпей. Эти ранние исследования хоть и базировались на представительном каменном материале, но не позволили прийти к единому мнению в вопросах генезиса платинового оруденения. Существенный вклад в понимание процессов формирования платиноидного оруденения внесли систематические геологосъёмочные работы, позволившие накопить и систематизировать обширный материал со всех массивов Платиноносного пояса Урала [6; 4]. Более поздние исследования [2; 8; 10; 13], проводимые после завершения разработки всех коренных и большинства россыпных месторождений платины, были в меньшей степени обеспечены представительными образцами платиноносных пород и шлиховых проб, но создали обширную базу аналитических материалов, характеризующих минеральный, химический, петрографический, изотопный состав пород и руд, что, однако, также не привело к созданию обоснованной генетической концепции, признаваемой большинством исследователей этих рудоносных объектов. Ощутимый вклад в понимание закономерностей размещения платиновых минерализованных зон и формы концентрации в них элементов платиновой группы в последнее время внесли работы по исследованию коренного платиноидного оруденения ранее слабо изученных Светлоборского и Каменушенского массивов [12; 13; 16]. Анализируя совокупность всех исследований платиноидного оруденения, связанного с дунитами Платиноносного пояса Урала, представляется возможным сделать следующий вывод: первые исследователи, обладающие наиболее полными и представительными коллекциями минералов платиновой группы (МПГ), не могли проанализировать во всех деталях индивиды и агрегаты МПГ ввиду отсутствия возможности применения растровой электронной микроскопии и рентгеноструктурного микроанализа, а последующие работы с применением прецизионных аналитических методов, исключая редкие исследования, были лишены возможности вовлечения широкого круга представительных образцов, охватывающих все массивы Платиноносного пояса Урала.

Авторам статьи удалось собрать представительную коллекцию образцов платиноносных образований, охватывающих, в том числе, и ряд наименее изученных в этом отношении клинопироксенит-дунитовых массивов Урала (Светлоборский, Вересовоборский, дунитовые тела Кытлымского комплекса – Сосновское, Иовское) и связанных с ними россыпей, каменный материал из которых характеризует значительную по мощности эродированную часть массивов. Анализ результатов исследования коренных и россыпных ассоциаций МПГ позволил установить ключевые закономерности распространения разных платиновых минералов, выявить основные особенности строения их индивидов и агрегатов, что в совокупности позволило смоделировать последовательность их формирования.

Анализ распределения платиновых минералов в дунитах из разных клинопироксенит-дунитовых массивов с использованием крупнообъёмного опробования с последующим гравитационным обогащением проб позволил установить, что основной объём платинового оруденения сопряжён с сегрегациями хромититов. Описаны редкие случаи нахождения платиновых минералов непосредственно в дунитах [3; 13], но по результатам наших исследований эти находки являются редкими исключениями. Изучение минералов платиновой группы из элювиально-делювиальных отложений ввиду широчайшего распространения сростаний платиновых минералов с хромшпинне-

лидами также подтверждают тесную связь платиноидного оруденения с хромшпинелидами. Систематические исследования с анализом статистически значимых выборок минералов платиновой группы из хромититов определённого дунит-клинопироксенитового массива и сопряжённых с ним россыпных объектов позволили установить идентичность составов Pt-Fe минералов и включений в них [15]. На основании полученных результатов авторы считают возможным для выявления ключевых закономерностей генезиса платинового оруденения использовать не только образцы из коренных объектов, но и платиноиды из россыпной ассоциации, что позволит существенно расширить фактическую основу для генетических построений.

В результате многочисленных наблюдений было установлено, что из всех минералов платиновой группы, присущих дунитам и хромититам зональных клинопироксенит-дунитовых массивов, в числе первых кристаллизуется осмий. Его гексагональные идиоморфные индивиды могут находиться в виде включений, как в хромшпинелидах, так и Pt-Fe минералах. За образованием осмия происходит кристаллизация иридия, лаурита–эрликманита, кашинита–бауита, Ir–Rh тиошпинелей. Эти минералы имеют сложные взаимоотношения с индивидами хромшпинелида, образуя предположительно поверхности совместного роста с ним, и, в большинстве случаев, идиоморфны по отношению к Pt-Fe минералам. Вслед за образованием осмия, иридия, сульфидов ЭПГ происходит

Рис. 1. Схема порядка образования минералов платиновой группы в хромититах клинопироксенит-дунитовых массивах Среднего Урала, с использованием данных (Степанов, 2015); * – на основании описания минералов у Н.Д. Толстых (Толстых и др., 2011). Условные обозначения: Os, Ir – иридий осмий, Ir, Os – осмистый иридий, Lr – лаурит, Er – эрликманит, Ksh – кашинит, Bou – бауит, Pt₃Fe – Pt-Fe твёрдый раствор по составу отвечающий изоферроплатине, Pt₂Fe – Pt-Fe твёрдый раствор по составу отвечающий железистой платине, PtFe – тетроферроплатина, Ost – осарсит, Irs – ирарсит, Holl – холлингвортит, Rust – руарсит, Xzt – ксингцхонгит, Ppt – плюмбопалладинит, Rds – родплюмсит, Pd₃Pb – звягинцевит. Ir, Os_{расп} – распад твёрдого раствора иридия в изоферроплатине.

кристаллизация основного объёма Pt-Fe минералов. Они представлены двумя минеральными видами – железистой платиной и изоферроплатиной. Железистая платина образуется раньше. Для несущественно более поздней изоферроплатины часто характерно присутствие структур распада твёрдого раствора с обособлением изометричных точечных вкраплений иридия. С хромшпинелидом Pt-Fe минералы образуют поверхности совместного роста, но всё же хромшпинелид часто ограничивается собственными гранями октаэдра, реже с проявлением граней ромбододекаэдра [15]. Характер взаимоотношения перечисленных минералов позволяет относить их к единому парагенезису, образование которого с учётом ранее проведённых наблюдений [14; 9; 16] связано с этапом магматического становления дунитового ядра.

На следующей стадии развития рудных систем произошло частичное замещение первичных Pt-Fe интерметаллидов агрегатом минералов группы тетраферроплатины (тетраферроплатина, туламинит, никельферроплатина). Для них характерно нахождение в виде каёмки замещения с сохранившимся реликтом железистой платины или изоферроплатины в центральной части агрегата. Реже встречаются полные псевдоморфозы. Осмий на данной стадии минералообразования был частично замещён гесаферумом. Сульфиды ЭПГ – включения в Pt-Fe минералах, в ряде случаев были замещены сложным тонкокристаллическим агрегатом, состоящим из новообразованных Pt-Fe минералов (тетраферроплатина и др.). Характер взаимоотношений индивидов минералов платиновой группы данной стадии минералообразования с силикатными минералами и хромшпинелидами позволяет предполагать их генетическую связь с процессами серпентинизации дунитов.

Развитие наиболее позднего парагенезиса с преобладанием сульфоарсенидов (холлингвортит, ирарсит, осарсит, руарсит), плюмбидов (плюмбопалладинит, звягинцевит), ртутидоидов (потарит) и сульфидов элементов платиновой группы (куперит), а также ртутьсодержащих минералов с учётом привноса весьма нетипичных для ультраосновных пород элементов: As, Sb, Hg, по-видимому, связано с флюидами, порождаемыми процессами поздней тектономагматической активизации. Так, дуниты Каменушенского массива прорваны гранитами силурийского возраста [6], содержащими жильные тела гранат-турмалин-мусковитовых гранитовых пегматитов. Аналогичные, значительно более поздние по отношению к породам ультрамафит-мафитовой ассоциации, интрузивы развиты на незначительном удалении от большинства клинопироксенит-дунитовых массивов Среднего Урала.

Таким образом по результатам исследования морфологических особенностей минералов платиновой группы и изучения их внутреннего строения установлен порядок минералообразования в ходе непосредственного формирования хромшпинелидовых сегрегаций и хромититов, и последующих вторичных изменений, вызванных поздними наложенными процессами (рис. 1). С учётом совокупности полученных материалов выделены три парагенезиса минералов платиновой группы в рудных системах дунитовых «ядер»: 1) магматический – в который входят Os–Ir–Ru интерметаллиды, сульфиды рядов эрликманит–лаурит и кашинит–баунит, а также ряд тиошпинелей и железоплатиновые минералы с преобладанием изоферроплатины и железистой платины; 2) парагенезис поздних МПГ, обусловленный серпентинизацией дунитов, с преобладанием тетраферроплатины, туламинита и никельферроплатины; 3) парагенезис наиболее поздних вторичных минералов, в котором преобладают сульфиды, сульфоарсениды, плюмбиды и ртутидоиды ЭПГ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-35-00151\18.

Литература

1. Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. Москва. Изд-во: АН СССР. 1935. 148 с.
2. Волченко Ю.А., Иванов К.С., Коротеев В.А., Оже Т. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений Уральского типа // Литосфера. 2007. № 4. С. 73-101.
3. Высоцкий Н.К. Месторождения платины Исковского и Нижне-Тагильского районов на Урале. Труды Геологического комитета. Нов. сер. № 62. СПб. 1913. 692 с.
4. Ефимов А.А. Платиноносный пояс Урала: современное состояние представлений о геологии, природе и истории формирования уникального российского объекта // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Екатеринбург. 2009. Т. 1. С. 176-179.

5. Заварицкий А.Н. Коренные месторождения платины на Урале. Л. Изд-во: Геологического комитета. 1928. 56 с.
6. Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург. Изд-во: Уральского университета. 1997. 488 с.
7. Кашин С.А., Козак С.С., Николаева Л.А., Тихомиров К.П. Минералогические и петрохимические особенности пород платиноносной формации Среднего Урала и некоторые закономерности распределения платины. НИИ НИГРИЗОЛОТО МЦМ СССР. Москва. 1956. 112 с.
8. Малич К.Н., Баданина И.Ю., Белоусова Е.А., Хиллер В.В. Химический состав и осмиево-изотопная систематика благороднометалльного оруденения зонального Нижнетагильского массива (Свердловская область, Россия) / Тр. Института геологии и геохимии акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН. 2014. Вып. 161. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. С. 316-321.
9. Округин А.В. Кристаллизационно-ликвационная модель формирования платиноидно-хромитовых руд в мафит-ультрамафитовых комплексах // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 2. С. 63-75.
10. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Заккарины Ф. Хром-платиновое оруденение нижнетагильского типа на Урале: Структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса // Литосфера. 2007. № 3. С. 28-65.
11. Степанов С.Ю. Онтогенез минералов платиновой группы зональных ультрамафических массивов (Средний Урал) // Материалы конференции «Онтогенез, филогения и система минералогии». Миасс: Институт минералогии УрО РАН. 2015. С. 182-186.
12. Телегин Ю.М., Телегина Т.В., Толстых Н.Д. Геологические особенности рудопроявлений платины Светлоборского и Каменушенского массивов Платиноносного пояса Урала // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения: Матер. Третьей междунар. конф. 2009. Т. 2. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН. С. 212-215.
13. Толстых Н.Д., Телегин Ю.М., Козлов А.П. Коренная платина Светлоборского и Каменушенского массивов Платиноносного пояса Урала // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 6. С. 775-793.
14. Johan Z. Alaskan-type complexes and their platinum-group element mineralization // The geology, geochemistry and mineral beneficiation of platinum-group elements (Cabri I.J. ed.). Special volume 54. Canadian Institute of mining, metallurgy and petroleum. 2002. P. 669-719.
15. Palamarchuk R.S., Stepanov S.Yu. Characteristics of platinum placers associated with Uralian-Alaskan complex in Middle Urals // Abstract volume XI L.L. Perchuk International School of Earth Sciences. Miass. 2017. P. 35-37.
16. Tolstykh N., Kozlov A., Telegin Yu. Platinum mineralization of the Svetly Bor and Nizhny Tagil intrusions, Ural Platinum Belt // Ore geology Reviews. 2015. 67. P. 234-243.