

## Модели россыпеобразующих платиноносных массивов

Е.С.ЗАСКИНД, О.М.КОНКИНА, В.И.КОЧНЕВ-ПЕРВУХОВ, В.В.СТОЛЯРЕНКО, С.О.ФЕДОРОВА (ЦНИГРИ)

Для всех мафит-ультрамафитовых магматитов характерны повышенные концентрации элементов платиновой группы (ЭПГ), уровень которых нередко достигает промышленных значений. Все эндогенные месторождения платиноидов контролируются массивами мафит-ультрамафитового состава. Руды этих месторождений относятся к сульфидному, оксидно-сульфидному и оксидному типам. При разрушении руд и рудовмещающих пород минералы элементов платиновой группы (МЭПГ), благодаря их высокой плотности и устойчивости к химическим и механическим воздействиям, накапливаются в продуктах разрушения, образуя шлиховые ореолы, а в благоприятных геоморфологических условиях — россыпи, вплоть до промысленных.

Наиболее высоким россыпеобразующим потенциалом обладают магматиты с рудами (или минерализацией) оксидной группы. Их характерная особенность — преобладание среди МЭПГ самородных форм, сплавов и твердых растворов с размерами зерен, так называемых россыпеобразующих классов, более 0,1 мм. К ним относятся зональные мафит-ультрамафитовые плутоны разного состава и комплексы гипербазитовой формации — плутониты офиолитовой составляющей подвижных поясов.

Именно эти образования — предмет рассмотрения настоящей статьи. Для них разработаны геолого-поисковые модели, представляющие собой систему критериев и признаков, к числу которых относятся: геологическая обстановка нахождения платиноносных массивов, черты их строения и состава, особенности рудной минерализации, в т.ч. набор МЭПГ, а также минерально-геохимические типы россыпепроявлений, образующихся при их разрушении, и преобладающие масштабы россыпей.

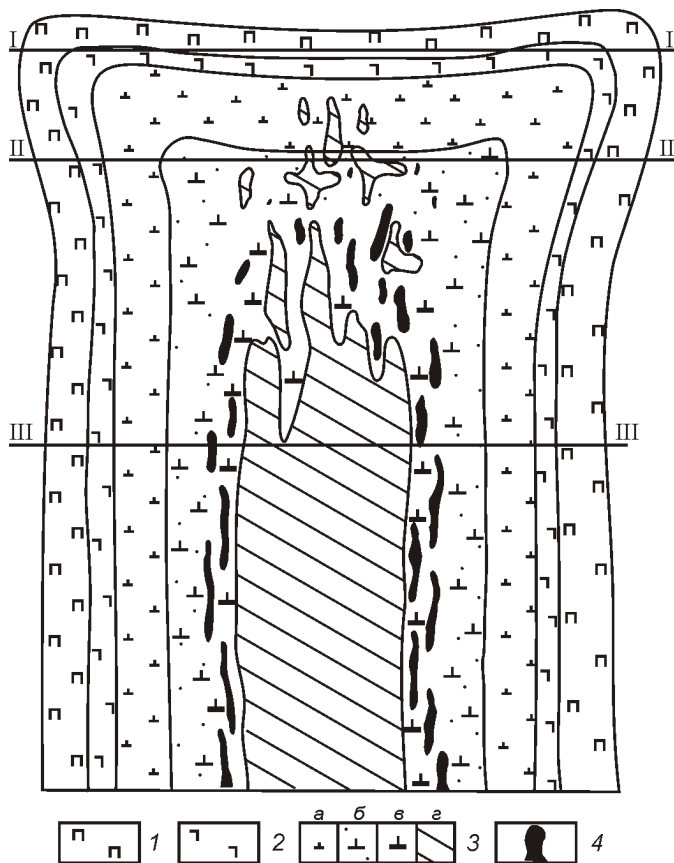
**Зональные мафит-ультрамафитовые массивы.** Россыпи металлов платиновой группы (МПГ) установлены в зональных мафит-ультрамафитовых массивах, развитыми в подвижных поясах (габбро-клинопироксенит-дунитовые массивы Платиноносного пояса Урала, юга Корякии, Аляски, Колумбии), зонах активизации кратонов, связанных с вулканоплутоническими поясами (клинопироксенит-дунитовые массивы с щелочным габбро Алданского щита) и зонах рифтогенной активизации платформ (дунит-пироксенитовые массивы Северной Сибири со щелочными породами и карбонатитами). Наиболее продуктивны в отношении россыпеобразования массивы двух первых типов, с которыми ассоциируют очень крупные россыпи.

**Габбро-клинопироксенит-дунитовые и клинопироксенит-дунитовые массивы,** продуцирующие крупные и уникальные (более 100 т металла) россыпи МПГ [12], обладают четким зональным и концентрически-зональным строением. Их центральные части сложены дунитами, отделенными от внешних габбро-пироксенитовых и габброидных (щелочно-габброидных) частей полосой клинопироксенитов (табл. 1, рисунок). Зоны клинопироксенитов, габбро-пироксенитов и габбро могут быть непрерывны или распадаться на серию линз, связанных постепенными переходами [1, 3].

При малой глубине эрозионного среза таких массивов (см. рисунок, I—I) на дневную поверхность выходят только клинопироксениты, иногда с линзами оливинитов в них, и габбро (массивы Беринговской зоны южной Корякии [11] и некоторые массивы Платиноносного пояса Урала), в которых МЭПГ представлены самородной платиной и Fe-Pt твердыми растворами с высокими содержаниями

### 1. Основные параметры модели россыпеобразующих массивов

Параметры модели	Массивы и их характеристики	
	Габбро-клинопироксенит-дунитовый	Клинопироксенит-дунитовый со щелочным габбро
Обстановка нахождения	Подвижный пояс	Зона активизации щита в связи с ВПП
Строение; петрографический состав	Зональное; от внутренних частей к периферии — дуниты, клинопироксениты, габбро	Концентрически-зональное; от внутренних частей к периферии — дуниты, клинопироксениты, щелочное габбро
Рудная специализация	Дуниты — крапленый и шлировый хромит с Pt-(Ir-Os); пироксениты — титаномагнетит с Pt-(Pd)	
Состав россыпеобразующих МЭПГ	Fe-Pt твердые растворы, преобладает изоферроплатина, менее развита железистая платина и тетраферроплатина; второстепенные Ir-Os твердые растворы	
Минералого-геохимический тип россыпей; масштабы; основной источник	Иридисто-платиновый; крупные и уникальные; дунитовая часть массива	
Минеральный состав шлихового металла	Изоферроплатина ( 95%) с содержанием Ir до 7%, тетраферроплатина, железистая платина, туламинит, иридосмины, осмириды	
Минеральный состав шлиховых ореолов	Хромит, титаномагнетит, изоферроплатина, осмирид, иридосмин	
Примеры	Массивы Платиноносного пояса Урала, Гальмознан (Корякия)	Массивы Кондер, Чад, Инагли (Алданский щит)



**Модель строения зональных габбро-клинопироксенит-дунитовых (клинопироксенит-дунитовых со щелочными габбро-идами) массивов:**

I—I — клинопироксенит-габбровые с линзами оливинитов; II—II — с дунитовыми «ядрами», сложенными мелко- и среднезернистыми дунитами с вкрапленностью хромита; III—III — с дунитовыми «ядрами», сложенными крупнозернистыми и пегматоидными дунитами с прожилковым и шпировым хромитом; 1 — клинопироксениты с изоферроплатиной с повышенными содержаниями Rd, Rh и Cu и самородной платиной; 2 — оливиниты с железистой изоферроплатиной; 3 — дуниты: а — мелкозернистые с аксессуарным хромитом и высокоиридной изоферроплатиной с вростками тетраферроплатины (структуры распада твердого раствора), б — среднезернистые с бедной вкрапленностью хромита и высокоиридной изоферроплатиной с вростками платосмирида (структуры распада твердого раствора), в — крупнозернистые с шпиром хромита и высокоиридной изоферроплатиной с вростками платосмирида, г — пегматоидные с густой вкрапленностью хромита и малоиридной изоферроплатиной повышенных классов крупности; 4 — шпиром хромита

Pd (до 2%), Rh (1—2%) и Cu (0,4—6%) [13, 15]. Россыпеобразующий потенциал рассматриваемых массивов на таком уровне эрозионного среза невелик и в этих случаях с ними ассоциируют мелкие россыпи палладистой платины и изоферроплатины с пониженным содержанием железа вплоть до самородной платины.

С увеличением глубины эрозионного среза на поверхность выходят дуниты центральных частей массивов (см. рисунок, II—II), площадь которых с ростом глубины эрозионного среза возрастает, а строение усложняется (см.

рисунок, III—III). Возрастает и россыпеобразующий потенциал массивов, что связано как с увеличением содержания МЭПГ в дунитах, так и с их укрупнением (значительную долю в шлиховом металле, поступающем при разрушении этих частей массивов, играет металл крупностью 3 мм).

Усложнение строения дунитов центральной части массивов, так называемого дунитового «ядра», с увеличением глубины эрозионного среза выражается в появлении, а затем в широком развитии крупнозернистых вплоть до пегматоидных разновидностей дунитов, а также в увеличении доли прожилкового и шпирового хромита, сменяющего его равномерную вкрапленность. Здесь наряду с идиоморфными кристаллами МЭПГ («дунитовый» тип МЭПГ), преобладающими в верхних частях массивов, широко развиты ксеноморфные зерна платиноидов в сростаниях с хромитом («хромитовый» тип МЭПГ, который, как правило, пространственно и генетически связан с крупнозернистыми и пегматоидными дунитами с повышенным содержанием хромшпинелидов). Изменяется и состав Fe-Pt твердых растворов, что можно продемонстрировать при сравнении составов металла россыпей МПГ Урала мезозойского и четвертичного возрастов, ассоциирующих с одними и теми же коренными источниками — Нижнетагильский и Омутнинский зональные габбро-клинопироксенит-дунитовые массивы.

В россыпях мезозойского возраста, отвечающих более высокому уровню эрозионного среза, чем срез четвертичного времени, среди Fe-Pt твердых растворов преобладает высокоиридные (Ir 5%) и иридные (Ir 2—5%) разновидности с высокими содержаниями меди и железа. Широко распространены вростки тетраферроплатины — туламины в изоферроплатине, отражающие распад железо-платинового твердого раствора.

В четвертичных россыпях, ассоциирующих с Нижнетагильским и Омутнинским массивами, содержания Ir обычно не превышают 2%, Fe — ниже и Cu — резко снижается [14].

Именно с массивами, обладающими глубиной эрозионного среза II и III уровней (см. рисунок), ассоциируют наиболее крупные россыпи иридной и малоиридной платины, в которых преобладает металл «хромитового» типа. Таким образом, габбро-клинопироксенит-дунитовые и клинопироксенит-дунитовые массивы, проявившиеся в различных геотектонических обстановках (см. табл. 1), обладают рядом общих особенностей и одинаково высоким россыпеобразующим потенциалом [4, 16].

**Дунит-пироксенит-щелочно-карбонатитовые массивы** (табл. 2) выявлены в Маймеча-Котуйской провинции на севере Восточно-Сибирской платформы (массивы Гулинский и Бор-Урях). Они также относятся к типу зональных и являются источником небольших россыпей иридий-осмиевого типа. Для массивов характерно концентрически-зональное или ассиметрично-зональное строение. В шлихах и россыпях преобладает или самородный осмий (россыпи Гулинского массива), или иридосмин (россыпепроявления Бор-Уряхского массива), которые сопровождаются золотом.

Гулинский массив — единственный, в связи с которым известны близкие к промышленным россыпи МЭПГ. Массив в плане представляет собой серповидное тело длиной 30 км, шириной 10—12 км, площадь порядка 600 км<sup>2</sup>. Большая часть обнаженной площади массива (около 330

## 2. Основные параметры модели россыпеобразующего дунит-пироксенит-щелочно-карбонатитового массива

Параметры модели	Характеристики массива
Обстановка нахождения	Зона рифтогенной активизации платформы
Строение; петрографический состав	Зональное — дуниты и оливиниты, щелочные перидотиты и пироксениты, карбонатиты
Рудная специализация	Дуниты — вкрапленный и шлировый титанистый хромит с Os-(Ir-Os); оливиниты — перовскит
Состав россыпеобразующих МЭПГ	Os-(Ir-Os) твердые растворы
Минералого-геохимический тип россыпей; масштабы; основной источник	Иридий-осмиевый; мелкие; дунитовая часть массива
Минеральный состав шлихового металла	Самородный осмий, иридосмин; примесь золота
Минеральный состав шлиховых ореолов	Титанистый хромит, ильменит, перовскит, иридосмин, золото
Примеры	Гулинский и Бор-Уряхский массивы (Северная Сибирь)

км<sup>2</sup>) представлена дунитами, Дуниты, слагающие центральную часть массива, сменяются к его краевым частям клинопироксенитами и меймечитами. В центральной части массива обнаружены два штока карбонатитов до 5 км в поперечнике каждый.

В дунитах развиты мелкие прожилки и шлиры титанистых хромшпинелидов с рутениридосминовой специализацией. Характерная особенность рудной минерализации массива — широкое развитие перовскита. Минералы платиновой группы представлены преимущественно тверды-

ми растворами Os-(Ir-Ru) с преобладанием самородного осмия и, в меньшей степени, иридосмина. Содержание в иридосмине Ir составляет от 0,73 до 40,80% (массовое содержание). Твердые растворы Os-(Ir-Ru) характеризуются высокими содержаниями Os, изменяющимися от 54,36 до 99,05% и низкими концентрациями Ru 0,10—6,71% [6, 7].

**Гипербазитовые массивы.** Одни из коренных источников МПГ в россыпях, являются плутонической составляющей офиолитов, которые выведены на поверхность в подвижных поясах различного возраста. Выходы таких

## 3. Основные параметры модели россыпеобразующих дунит-верлит-габбрового, дунит-гарцбургитового, дунит-перидотитового массивов гипербазитовой формации (плутоническая составляющая офиолитов)

Параметры модели	Массивы		
	Дунит-верлит-габбровый	Дунит-гарцбургитовый	Дунит-перидотитовый
Обстановка нахождения	<i>Подвижный пояс</i>		
Строение; петрографический состав	Полосчато-шлировое чередование дунитов, верлитов и габбро	Постепенные переходы от дунитов к гарцбургитам	Полосчатое чередование дунитов и лерцолитов
Рудная специализация	Дуниты — вкрапленный и шлировый хромит с родистой Pt	Дуниты — шлировые и жильные тела хромита с Ru-Ir-Os (Pt)	
Состав россыпеобразующих МЭПГ	Fe-Pt твердые растворы, преобладает родистая изоферроплатина	Ru-Ir-Os твердые растворы	
Минералого-геохимический россыпей; масштабы; основной источник	Родистая платина; мелкие; дунитовая часть массива	Ru-Ir-Os; мелкие; дунитовая часть массива	
Минеральный состав шлихового металла	Родистая изоферроплатина (преобладает), рутениридосмины, осмириды, иридосмины	Рутениридосмины, осмириды и иридосмины (преобладают), родистая изоферроплатина	
Минеральный состав шлиховых ореолов	Хромит, изоферроплатина, рутениридосмины	Хромит, рутениридосмины	
Примеры	Пекульнейский массив (Корякия), Среднетерсинский массив (Кузнецкий Алатау)	Верх-Нейвинский и Тагило-Невьянский массивы (Урал)	

плутонитов образуют протяженные (сотни километров длиной и десятки километров шириной) пояса линзовидных и пластообразных тел. Для массивов характерна отчетливая вертикальная зональность. Снизу вверх выделяются следующие вещественные комплексы: дунит-гарцбургитовый (расслоенный), лерцолитовый и дунит-верлит-габбровый (такситовый), которые могут быть как совмещены в одном поясе, группе массивов или в одном массиве, так и разобщены. Перечисленные комплексы несколько различаются россыпеобразующим потенциалом. Они продуцируют мелкие россыпи и россыпепроявления (десятки, редко первые сотни килограммов МПГ), относящиеся к различным минералого-геохимическим типам (табл. 3) [2, 5, 9].

Общие особенности массивов этой формации (семейства формаций) — их хромитовая специализация, ассоциация МЭПГ с хромитом и преобладание среди МЭПГ устойчивых при гипергенезе самородных форм, сплавов и твердых растворов Fe-Pt и Os-Ir-Ru составов.

**Дунит-гарцбургитовый** комплекс автономен или слагает нижние части разреза плутонитов. Дуниты содержат шпильры и крупные залежи массивного хромита с Ru-Ir-Os минерализацией; МЭПГ представлены сплавами и твердыми растворами, реже самородными формами иридия и рутения. Выходы таких комплексов на дневную поверхность сопровождаются мелкими россыпями иридия, иридосмина, осмирида, рутениродосмина, содержащими изоферроплатину; чаще являются источником примеси МПГ в россыпях золота.

**Лерцолитовый ( дуниты)** комплекс также автономен или слагает низы разреза, занимая позицию дунит-гарцбургитового. Дуниты комплекса вмещают пластовые и жильные тела хромитов с рассеянной вкрапленностью сульфидов и сульфоарсенидов МПГ. Россыпи данного комплекса неизвестны.

**Дунит-верлит-габбровый (такситовый)** комплекс расположен над лерцолитовым (с дунитами) или дунит-гарцбургитовым комплексами. Обычно представлен полосчато-шпильровым чередованием высокожелезистых дунитов, верлитов и клинопироксенитов. Состав его изменяется от дунит-верлитового до однородного габбрового. С ним ассоциируют МЭПГ группы железо-платиновых твердых растворов, преимущественно родистой изоферроплатины. Группа иридосминов имеет подчиненное значение. Комплекс сопровождаются мелкие россыпи и россыпепроявления рутений-иридий-осмий-платинового (родисто-платинового) состава [8, 9, 10].

Россыпеобразующий потенциал конкретных массивов и их групп тем выше, чем обширнее выходы дунитов дунит-гарцбургитового и дунит-перидотит-пироксенит-габбрового (такситового) комплексов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Г.Гурович, В.Н.Землянухин, Е.П.Емельяненко и др. Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива. —М.: Наука, 1994.
2. Дмитренко Г.Г., Мочалов А.Г., Паланджан С.А. и др. Химические составы породообразующих и аксессуарных минералов альпинотипных ультрамафитов Корякского нагорья. Препринт. —Магадан, 1985.
3. Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала (минералогия, петрология, генезис). —Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1997.
4. Кривцов А.И. Месторождения платиноидов (геология, генезис, закономерности размещения). Итоги науки и техники // Рудные месторождения. Т. 18. —М.: ВИНТИ, 1988.
5. Крячко В.В. Минералого-геохимические особенности и закономерности формирования платиновой минерализации ультрамафитовых массивов Майницкой структурно-формационной зоны (Корякское нагорье). Автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. —М., 1987.
6. Лазаренков В.Г., Малич К.Н., Сахьянов Л.О. Платинометаллическая минерализация зональных ультраосновных и коматитовых массивов. —Л., 1992.
7. Малич К.Н. Платиноиды клинопироксенит-дунитовых массивов Восточной Сибири (геохимия, минералогия, генезис). —СПб., 1999.
8. Марков М.С., Некрасов Г.Е., Паладжян С.А. Офиолиты и меланократовый фундамент Корякского нагорья / Очерки тектоники Корякского нагорья. —М.: Наука, 1982. С. 30—70.
9. Мочалов А.Г. «Шлиховая платина» россыпями Дальнего Востока России. Автореф. дисс. ... докт. геол.-минер. наук. —М., 2001.
10. Паланджан С.С., Дмитренко Г.Г., Мочалов А.Г. Платиноидная минерализация альпинотипных ультрамафитов и геодинамические обстановки формирования офиолитов / Научные труды. Геология и генезис месторождений платиновых металлов. —М.: Наука, 1994. С. 155—167.
11. Поletaев В.А. Камчатско-Корякский платиноносный пояс. Платина России Т. III. —М.: Геоинформмарк, 1999. С. 76—87.
12. Россыпные месторождения России и других стран СНГ (минералогия, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы) / Под ред. Н.П.Лаврова, Н.Г.Паттык-Кара. —М.: Научный мир, 1997.
13. Столяренко В.В. Россыпная платиноносность северо-восточной части Олюторско-Камчатской зоны / Роль минералогии в развитии минерально-сырьевой базы благородных металлов и алмазов XXI в. Тез. докладов годичной сессии МО ВМО РАН. —М., 1998.
14. Столяренко В.В., Амосов Р.А., Лалина М.И. Минералого-геохимические критерии оценки глубины эрозийного среза зональных габбро-пироксенит-дунитовых массивов. Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 1. С. 80—89.
15. Толстых Н.Д., Сидоров Е.Г. Состав Pt-Fe сплавов как отражение условий их образования в концентрически-зональных массивах / Платина в геологических формациях Сибири. —Красноярск, 2001. С. 86—89.
16. Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации. Объяснительная записка к комплекту карт / Под ред. А.И.Кривцова, Н.М.Риндзюнской, Г.В.Ручкина. —М., 1997.