

Минеральные ресурсы платиновых металлов России: перспективы расширения

Проведен анализ современного состояния минерально-сырьевой базы платиновых металлов России, рассмотрены особенности появления традиционных и новых типов руд, перспективы расширения сырьевой базы платиновых металлов.

Ключевые слова: *платиновые металлы, минерально-сырьевая база, типы платинометаллических руд, перспективы, Россия.*

L. I. GURSKAYA (VSEGEI), D. A. DODIN (VNIIOkeangeologia)

Mineral resources of platinum group metals in Russia: expansion prospects

Current state of the mineral resource base of platinum metals in Russia is analyzed; occurrence features of conventional and new ore types, prospects for expanding the raw material base of platinum metals are considered.

Keywords: *platinum metals, mineral resource base, PGM ore types, prospects, Russia.*

Современная мировая экономика отличается высоким спросом на промышленные металлы, в том числе на металлы платиновой группы (МПГ), — платину, палладий, родий, иридий, осмий, рутений. Повышенный интерес к этим металлам связан с их широким использованием не только во многих отраслях промышленности (нефтеперерабатывающей, автомобильной, электронной, медицинской, ювелирной и др.), но и в валютно-банковских сферах, космонавтике, ракетостроении, производстве атомной энергии, причем области их применения постоянно расширяются. Сегодня платиновые металлы получили статус строго фондируемого стратегического сырья [12], а их производство стало одной из наиболее динамично развивающихся отраслей российской экономики [2].

Проблема удовлетворения растущих потребностей в платинометаллическом сырье с каждым годом становится все более острой. И несмотря на то что Россия сейчас занимает второе место в мире по запасам платиноидов, постепенное их истощение не может обеспечить нашей стране лидирующего положения на долгие годы. Чтобы не потерять завоеванные позиции на мировом рынке, России нужны новые источники металлов платиновой группы. Ввод в строй новых перспективных объектов — одно из главных направлений дальнейших геологоразведочных работ в платиновой отрасли.

Для оценки платинометаллического потенциала Российской Федерации Министерством природных ресурсов была создана всероссийская программа «Платина России» (1992–2004), в которой приняли участие многочисленные научно-исследовательские и производственные организации [8]. В результате получены новые важные материалы по расширению, развитию и освоению минеральных ресурсов платиновых металлов на территории нашей страны.

Минерально-сырьевая база (МСБ) платиновых металлов России значительна и составляет одну

шестую мировую — 15 тыс. т. Главный продукт нашей платиноворудной промышленности — палладий (42 % мирового производства), в меньшей степени платина (14 %). В структуре балансовых запасов РФ палладий составляет 73,8, платина 21,7, остальные платиноиды чуть более 4 % [15]. Ведущая роль в запасах и добыче МПГ принадлежит коренным месторождениям (99,7 % разведанных запасов и 96,3 % общероссийской добычи).

Основу МСБ платиновых металлов составляют платиноидно-медно-никелевые руды сульфидных месторождений: в них заключено более 96 % балансовых запасов МПГ, все они сконцентрированы в недрах двух районов страны — Норильском и Печенгском. Небольшое количество платиноидов извлекается из титаномагнетитовых руд Урала (0,6 %) и платиноносных россыпей (менее 3 %), которые сто лет назад обеспечивали России ведущее положение в мире (95 % мировых запасов платины). Поиски богатых россыпных месторождений МПГ представляют в настоящее время актуальную проблему.

Прогнозные ресурсы платиновых металлов невелики (менее 3 тыс. т) и не могут обеспечить существенного наращивания запасов.

Российскими геологами в последние годы установлена платиноносность ряда новых площадей и выявлены не известные ранее типы руд. К ним относятся малосульфидные собственно платинометаллические руды расслоенных ультрамафит-мафитовых интрузий, черносланцевые полиметаллические платиносодержащие руды осадочных комплексов, никеленосные коры выветривания, техногенные руды (отходы горного, обоганительного и металлургического производства). Имеются и другие, пока слабо изученные типы платиносодержащих руд — асфальтиты, угли, соленосные осадки, океанические образования и др.

подавляющая часть запасов и ресурсов МПГ связана с коренными породами магматических



Рис. 1. Платиноносные регионы России и основные запасы металлов платиновой группы [15]

Таблица 1
Состав сульфидных руд норильских медно-никелевых месторождений

Характеристика руд	В общем объеме руд, %	МПП, г/т	Ni, %	Cu, %
Сплошные (богатые)	20,5	10,8 (2,3–13 до 196)*	3,2	4,8
Прожилково-вкрапленные экзоконтактовые (медистые)	13,5	9,7 (1,2–8 до 34)	0,9	3,6
Вкрапленные в породах интрузий	66,0	4,3 (0,2–6,6)	0,5	0,9

* Здесь и далее в скобках – запасы платиновых металлов на 2014 г., по [14, 15].

месторождений, как собственно платинометалльных, так и платиносодержащих.

К первым относятся малосульфидные руды крупных расслоенных ультрамафит-мафитовых интрузий, ко вторым – разнообразные геолого-промышленные типы руд, где в качестве ведущих выступают никель, медь, хром, титан.

В России главным типом являются платиносодержащие месторождения. Промышленную значимость имеют Норильский (Красноярский край), Карело-Кольский (Мурманская область, Республика Карелия), Уральский и Корякско-Камчатский регионы (рис. 1).

Основную ценность составляют сульфидные медно-никелевые руды **Норильского региона** (табл. 1) на северо-западе Сибирской платформы, где расположены уникальные по масштабу и качеству руд платиносодержащие месторождения, связанные с дифференцированными габбро-долеритовыми интрузиями.

В Норильских месторождениях Октябрьское (5,1 тыс. т), Талнахское (4,5 тыс. т), Норильск I (2 тыс. т), тяготеющих к глубинному Норильско-Хараелахскому разлому (рис. 2), наиболее богатые сплошные и экзоконтактовые руды локализованы в подошве интрузивных тел. Металлы платиновой группы образуют в этих рудах собственные минералы (около 100), и лишь очень небольшая часть в изоморфной форме входит в состав сульфидов никеля и меди.

Помимо промышленных сульфидных руд нижних уровней интрузий, сравнительно недавно богатое малосульфидное оруденение обнаружено и на верхних горизонтах [20]. На месторождении Норильск I среднее содержание МПП в этих рудах составляет 6,5 г/т (запасы 14 т). В ходе геологоразведочных работ в Норильском регионе появились новые месторождения норильского типа – Масловское и Черногорское, в числе резервных Горозубовское, Вологодчанское, Норильск II.

Проблема генезиса норильских руд до сих пор остается дискуссионной. Несмотря на споры сторонников ликвационно-магматической, гидротермальной и метасоматической концепций, можно констатировать, что формирование месторождений Норильского региона происходило при активизации краевой части Сибирской платформы в пермотриасовое время. Рудоносные интрузии приурочены

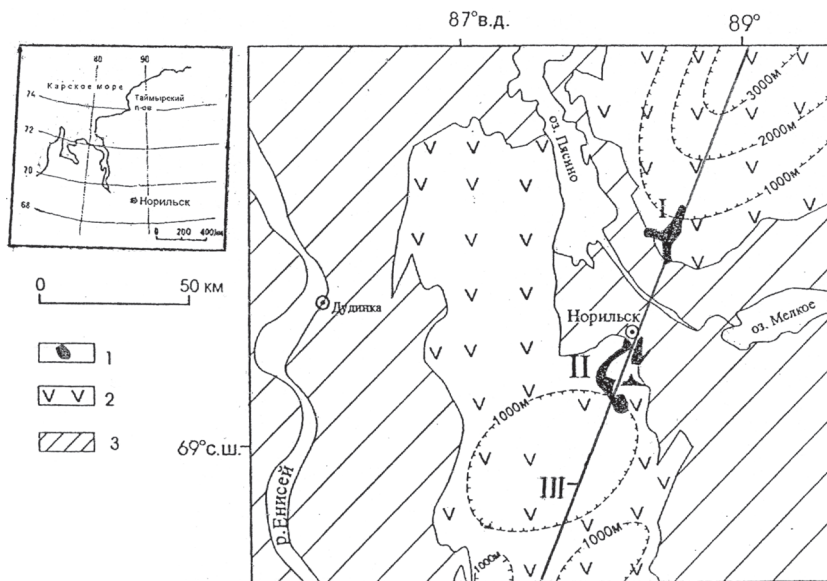


Рис. 2. Размещение месторождений сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд в Норильском регионе [10]

1 – габбро-долеритовые интрузии; 2 – покровы базальтов с изолиниями их мощностей; 3 – осадочные отложения палеозоя. I – Талнахское рудное поле (Хараелахский прогиб), II – Норильское рудное поле (Норильский прогиб), III – Норильско-Хараелахский разлом

к Норильско-Хараелахскому глубинному разлому, являющемуся боковой ветвью крупнейшей в регионе Енисейско-Хатангской рифтогенной структуры. Предполагается [10], что развитие мощного ареала магматических пород ультраосновного и основного

состава обязано мощному поддвигу субокеанической коры, который сопровождался мантийным суперплюмом. Важнейшим условием возникновения крупномасштабных сульфидных месторождений можно считать длительное сохранение транслитосферной проницаемости при активном участии газовой-флюидных потоков [7].

В Карело-Кольском (Северо-Западном) регионе, расположенном в восточной части Балтийского щита, наряду с промышленными медно-никелевыми сульфидными рудами Печенгского района, надежды связываются с новыми перспективными объектами малосульфидных (Федорово-Панский, Имандровский) и титаномагнетитовых (Пудожгорский, Койкарский) руд, а также черносланцевых месторождений онежского типа (Падминское, Космозерское). Потенциал региона может возрасти в результате изучения платиноносности апатит-нефелиновых и апатит-магнетитовых руд щелочных комплексов.

На Кольском п-ове большая часть платиноносных объектов приурочена к Имандра-Варзугской рифтовой зоне (рис. 3). В Печенгском рудном районе, где эксплуатируется несколько месторождений – Ждановское (23 т), Заполярное (1,5 т), Котсельваара-Каммикиви (0,5 т), Семилетка (0,1 т), – выявлены новые – Спутник, Верхнее, Быстринское, Тундровое. Как по качеству руд, так и по его количеству печенгские руды заметно уступают норильским – среднее содержание платиноидов не превышает десятых долей граммов на тонну.

Отражением глубинных процессов рудообразования в этом регионе являются существенно ультраосновной (верлитовый) состав материнских пород и насыщенность вмещающих осадочных комплексов продуктивной толщи углеродом и серой.

В Мончегорском районе, расположенном на участке резкого перегиба Имандра-Варзугского рифтогенного пояса, установлены десятки рудопроявлений платиноносных сульфидных руд, часть которых разрабатывалась ранее (НКТ, жильные поля Мончи). Сейчас здесь разведываются Сопчеозерское месторождение хромитовых и малосульфидных (Вуручуйвенч) руд. Сложное строение Мончегорского мафит-ультрамафитового плутона и его рудоносность (Ni, Cu, Cr, МПГ) объясняются

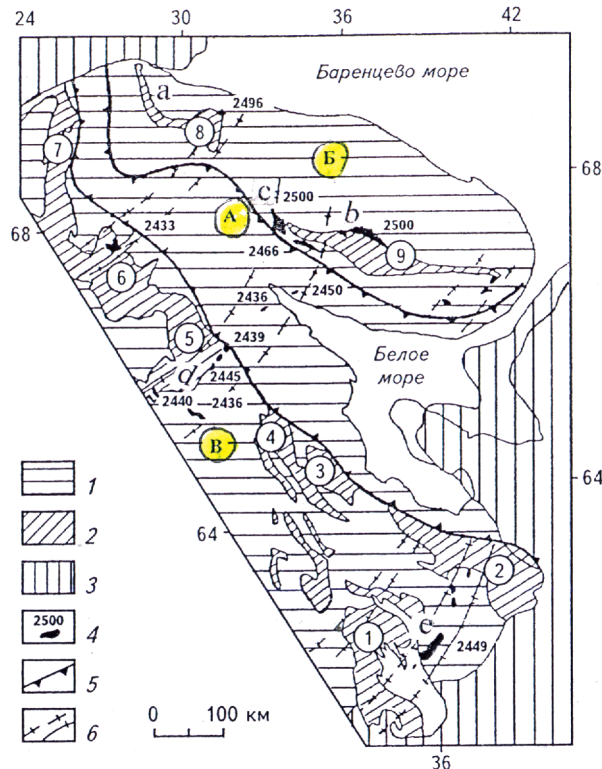


Рис. 3. Геолого-структурная схема локализации платиноносных интрузий в Карело-Кольском регионе [22]

1–3 – геологические комплексы: 1 – архей, 2 – протерозой, 3 – фанерозой; 4 – платиноносные интрузии и их возраст: *a* – Печенгская группа, *b* – Федорово-Панская, *c* – Мончегорская, *d* – Олангская, *e* – Бураковская; 5 – металлогенические провинции: А – Беломорская, Б – Кольская, В – Карельская; 6 – зоны растяжения; рифтовые структуры (цифры в кружках): 1 – Онежская, 2 – Ветреный пояс, 3 – Лехтинская, 4 – Шамбозерская, 5 – Пана-Куолоярвинская, 6 – Соданская, 7 – Карасйоки, 8 – Печенгская, 9 – Имандра-Варзугская

многократным внедрением больших объемов глубинных магм и длительностью их преобразований.

Расслоенные платиноносные массивы Кольского п-ова, несущие малосульфидное оруденение, имеют близкие черты строения и сложены оливин-ортопироксен-плагиоклазовым парагенезисом. Наиболее крупный из них – Федорово-Панский массив – обладает высоким промышленным потенциалом [13, 16]. Сейчас здесь околонушено пять месторождений собственно платинометаллических руд малосульфидного типа с высокими содержаниями платиноидов (до 50 г/т при среднем 1,37), преимущественно палладия.

Изучаются перспективы Имандровского расслоенного плутона (пл. 1,5 тыс. км²), где на участках Большой Вараки и горы Девичьей выявлена платинометаллическая минерализация.

В Карелии платиноносны Северо-Карельская и Южно-Карельская зоны. Основные перспективы выявления новых месторождений МПГ связываются с крупным (650 км²) расслоенным Бураковским плутоном Южной Карелии [3]. Поперечными разломами он разбит на три блока, из них лучше всего пока изучен Аганозерский (восточный) с рудами платино-хромитового типа (МПГ 0,62 г/т). В Шалозерском (уч. Кукручей) и Бураковском (на западе) блоках обнаружены зоны с малосульфидной платинометаллической минерализацией (средние содержания платиноидов 0,5 до 6 г/т при ведущей роли палладия) [22].

Вероятность обнаружения новых проявлений МПГ существует и в Северной Карелии на участках распространения небольших интрузий олангской группы – Кивакка, Ципринга, Луккулайсваара. Они входят в состав докембрийского платиноносного пояса Кемь-Сухалко-Койлисмаа, протянувшегося почти через всю Финляндию на сотни километров. На рудопроявлениях Надежда, Западное, Восточное (1,5–2,5 г/т) в массиве Луккулайсваара платиноиды связаны с пластами (мощностью 0,5–2,5 м) микрогабброноритов.

Помимо сульфидных и малосульфидных руд Норильского и Карело-Кольского регионов, чрезвычайно важное промышленное значение имеют платиновые руды, связанные с концентрически зональными интрузиями дунит-клинопироксенит-габбрового состава. Именно эти интрузии дают крупные платиноносные россыпи, которые известны у нас на Урале, в Якутии, Корякии.

Уральский регион по многообразию платинометаллических типов руд не имеет равных не только в России, но и в мире. Он отличается исключительно широким развитием ультраосновного и основного магматизма, определившего особенности минерализации МПГ: от Ir-Os-Ru в хромитоносных дунит-гарцбургитах (райизский тип) до существенно Pt в интрузиях дунит-клинопироксенитового состава (нижнетагильский тип) и Pd в габброидах (качканарский тип). В расслоенных массивах

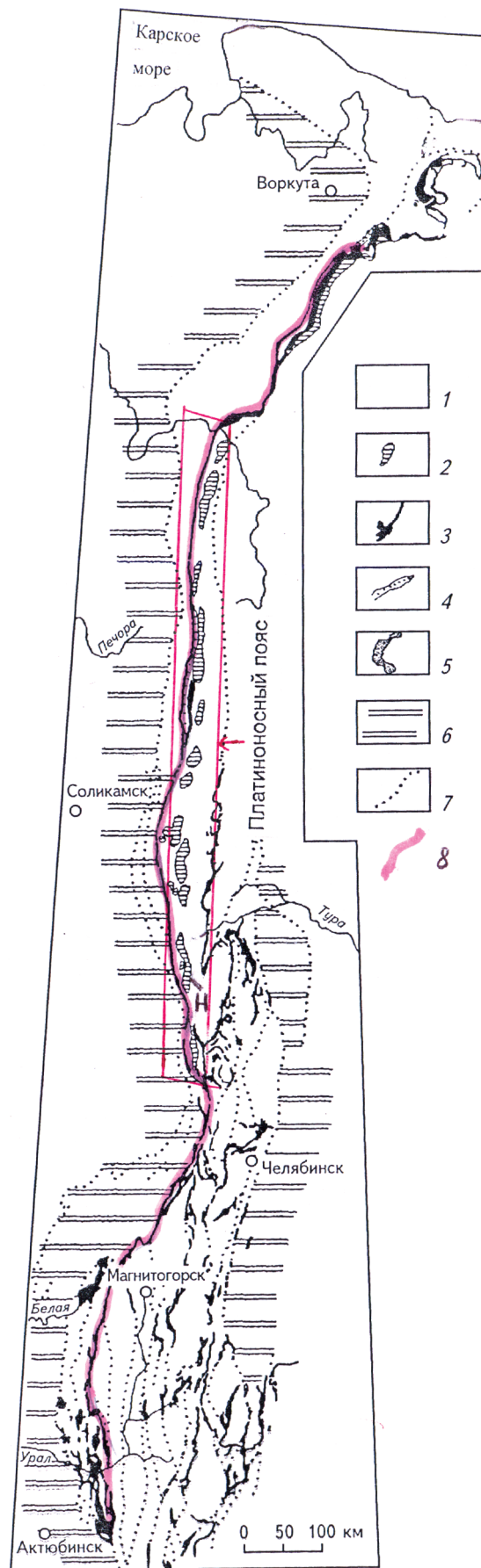


Рис. 4. Положение платиноносных интрузий на территории Уральского региона [9]

1 – Тагило-Магнитогорский синклиорий; 2 – зональные дунит-клинопироксенит-габбровые массивы Платиноносного пояса (Н – Нижне-Тагильский массив); 3 – альпинотипные дунит-гарцбургитовые и интрузивные комплексы; 4 – зоны меланжа; 5 – метаморфические комплексы докембрия; 6, 7 – палеозойские отложения и их границы; 8 – Главный Уральский разлом

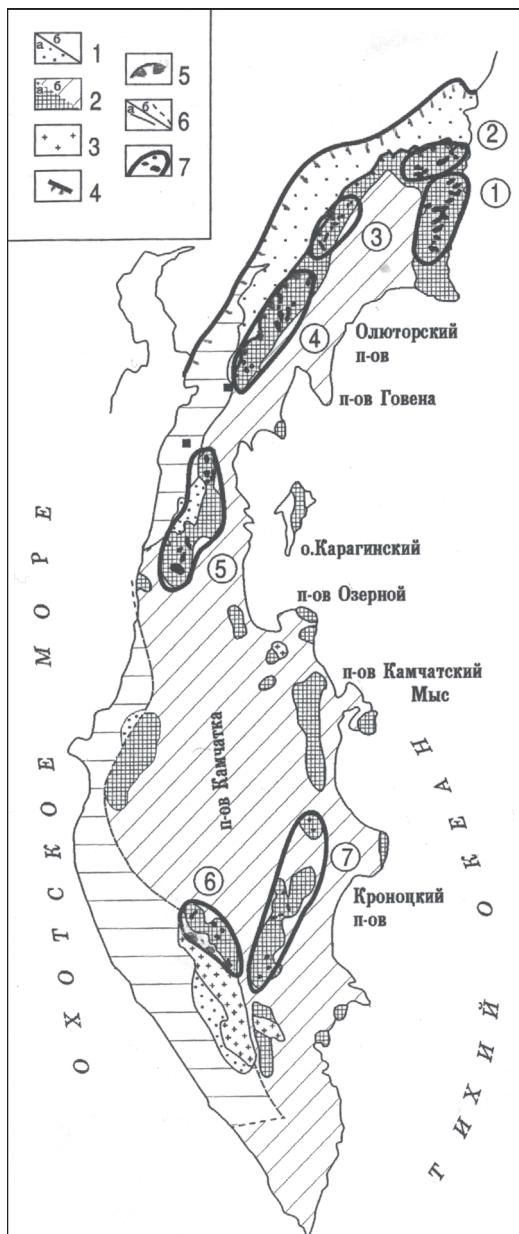


Рис. 5. Перспективные платиновые комплексы Корякско-Камчатского региона [11]

1 – мезо-кайнозойские осадочные отложения (а – наблюдаемые, б – предполагаемые); 2 – вулканогенные породы; 3 – выходы домелового фундамента; 4 – Олюторская зона; 5 – надвиги; 6 – разломы позднемеловые (а – наблюдаемые, б – предполагаемые); 7 – группы перспективных интрузий (в кружках): 1 – Тамваямская, 2 – Эпильчик, 3 – Вывенская, 4 – Сейнав-Гальмознанская, 5 – Северо-Камчатская, 6 – Центрально-Камчатская, 7 – Восточно-Камчатская

гарцбургит-ортопироксенит-норитовой формации (саранский тип) доля редких платиноидов (Ir-Os-Ru) довольно мала (не более 15 % от общей суммы МПГ), уступая место палладию и платине.

Наиболее полно платинометаллическая минерализация проявлена в пределах Платиноносного пояса (рис. 4). На одном из самых крупных платиноносных массивов – Нижне-Тагильском, имеющем зональное строение с дунитовым ядром в центре и пироксенитовой оболочкой по краям, богатое оруденение МПГ связано с крупнозернистыми хромитоносными дунитами. Из таких пород в 30-е годы прошлого столетия в районе Госшахты (г. Со-

ловьев) добывалась коренная платина [18]. Сейчас промышленных объектов в связи с зональными интрузиями на Урале нет. Но среди большого количества таких интрузий высокоперспективны Ивдельский, Вересовоборский, Светлоборский, Кытлымский, Ревдинский и др. С ними связаны платиноносные россыпи. В Свердловской области разрабатываются десятки небольших россыпных месторождений (среднее содержание 85 мг/м³) с общими запасами шлиховой платины порядка 20 т.

Промышленное значение имеют сегодня платиноносные объекты качканарского типа. Так, на Волковском месторождении (Свердловская область), связанном с габброидами, разрабатываются V-Fe-Cu руды, где палладий (0,13 г/т) извлекается попутно. На Баронском участке этого месторождения платиноиды ассоциируют с апатитосодержащими породами ультраосновного состава.

Высокоперспективен Полярный Урал, где сконцентрированы уникальные по масштабам хромитоносные массивы дунит-гарцбургитовых комплексов – Рай-Из (380 км²), Войкаро-Сыньинский (1850 км²), Сыум-Кей (650 км²). С ними связаны многочисленные проявления платиноидов, особенно редких Ir, Os, Ru [6]. Пространственное распределение их содержаний согласуется с петрологическими характеристиками и может изменяться от 0,1 до 6 г/т. Минералогические парагенезисы отличаются широким разнообразием при микронной размерности. Отсутствие в России технологии попутного извлечения платиноидов из хромитовых руд приведет к огромной потере этих ценных металлов.

Существующие представления о природе платиноносных массивов Урала разнообразны: одни исследователи считают их исключительно магматическими интрузивными образованиями, другие – выступами древней океанической коры или тектонически выжатыми блоками мантии; имеются сторонники и мантийно-магматической гипотезы, предусматривающей внедрение мантийного вещества, лишенного базальтовой составляющей. Так или иначе, мантийный источник платиновых металлов ни у кого не вызывает сомнений. Однако, несмотря на довольно широкое развитие на Урале платиноносных комплексов, значительные скопления платиноидов обнаружены пока лишь в дунит-клинопироксенитовых зональных массивах Платиноносного пояса.

Зональные массивы, сходные с уральскими, установлены в **Корякско-Камчатском регионе**, где они образуют пояс, прослеживающийся группами вытянутых массивов на расстоянии почти 1500 км (рис. 5). В пределах этого пояса выделяется несколько перспективных зон – Ватыно-Вывенская, Беринговская, Срединно-Камчатская, Валагинская, тяготеющих к глубинным разломам (Камчатскому, Ачайваямскому и др.) [11].

Ватыно-Вывенская зона Корякии включает два хорошо изученных платиноносных массива – Гальмознанский (пл. 48 км²) и Сейнавский (60 км²), с которыми связаны промышленные россыпи иридовой платины и изоферроплатины – Левтыриновская, руч. Лебяжьей. В россыпях установлены два платиноносных горизонта, залегающих на коренных породах. По составу россыпи относятся к Ir-Pt типу, среднее содержание Pt 2,8 г/м³ (до 23). Новая разведываемая россыпь Гальмитапельваам входит в состав перспективной Верхне-Вывенской

площади, там известно еще несколько верхнемеловых интрузий дунит-клинопироксенит-габбрового состава.

Срединно-Камчатская зона характеризуется появлением платиноидно-никеленосных массивов глубинной норит-кортландитовой формации. Разрабатывается Шанучский массив (пл. 0,6 км²) с высокими содержаниями сульфидного никеля (среднее 4,7%) и платиновых металлов (МПП до 19 г/т). Сейчас проводятся поисково-оценочные работы на сходных по составу массивах этого региона – Квинумском (Ni 4,4 %, МПП 3,96 г/т), Кувалорогском (Ni 6,1 %, МПП 3,8–6,7 %), Дукук и др.

К *потенциально промышленным* регионам можно отнести Восточно-Саянский, Курско-Воронежский, Дальневосточный.

Восточно-Саянский регион (Красноярский край, Иркутская обл.), расположенный в краевой части юго-западной части Сибирской платформы, – важнейший резерв нашей платиновой отрасли. Высокопродуктивен Канский зеленокаменный пояс, где разведуются месторождения платиносодержащих сульфидных медно-никелевых руд – Кингашское и Верхнекингашское, связанные с пластовыми интрузиями дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового состава. Их формационная принадлежность пока не определена и варьирует от субвулканической и коматиитовой до интрузивной печенгского типа [4].

Общие запасы Кингашского рудного узла и соседней Бирюсинской металлогенической зоны (с разведываемыми месторождениями платиносодержащих сульфидных руд Барбитайское, Токты-Ой и др.) предполагают возможность создания в этом регионе в ближайшем будущем рентабельного горного производства цветных (Ni, Co, Cu) и благородных (МПП, Au) металлов.

На территории **Курско-Воронежского региона** докембрийского блока сульфидно-никелевых Еланского и Елkinsкого месторождений (с попутными платиноидами и золотом) позволяет положительно оценивать перспективы Курско-Воронежского региона. Наличие платиноидов в составе сульфидных руд мамонского и еланского комплексов в совокупности с крупнообъемным источником МПП в черных сланцах (тимский тип) и железистых кварцитах КМА свидетельствует о появлении на территории европейской части России нового перспективного центра МПП [23].

В **Дальневосточном регионе** на территории Алдано-Становой провинции известно большое количество мафит-ультрамафитовых интрузий – Лукинда, Ильдеус, Чад, в которых обнаружены признаки платинометаллоносного оруденения, требующие изучения. К платиноносным массивам, характеризующимся дунит-клинопироксенит-габбровым составом, относятся крупный Средне-Терский массив, а также зональные интрузивы с наложенной щелочной минерализацией – Кондер, Инагли, Феклистов. С ними связываются промышленные перспективы как россыпной, так и коренной платины. Сейчас промышленное значение имеет крупное россыпное месторождение Кондер (14,5 т), залегающее в раннепротерозойских осадочно-вулканических породах обрамления Алданского щита (Хабаровский край). Россыпь образовалась на месте разрушения щелочно-ультраосновных пород Кондерского зонального массива и уже много лет разрабатывается открытым способом (среднее

содержание МПП 1 г/м³). Россыпь Инагли практически отработана (эфельные отвалы россыпной платины складированы и поставлены на спецучет), а Феклистовский массив продолжает изучаться: прогнозные ресурсы, по предварительным расчетам, 2 т МПП при средних их содержаниях в суходутных россыпях 3 г/м³.

В Приамурье открыт первый сульфидно-никелевый объект Кун-Маньё (12,5 т МПП), содержащий платиноиды, где разведуются участки Курумкан, Соболевский и др. со средними содержаниями платины и палладия примерно по 0,39 г/т.

Проблема освоения техногенных месторождений (ТМ) предусматривает решение не только ресурсных, но и экологических задач. Огромные перспективы кроются в отходах горного (отвалы), обогатительного (шламы хвостохранилищ) и металлургического (шлаки, кекки, огарки) производства. Резервы платиновых металлов и других полезных ископаемых в техногенных отходах равнозначны открытию новых месторождений, имеющих важное практическое значение. Опыт разработки техногенных платиносодержащих месторождений имеется и в Норильском регионе, и на Урале.

Долгие годы считалось, что платиноиды – сугубо «мантийные» металлы, которые связаны исключительно с глубинными магматическими породами мафит-ультрамафитового состава. Но в 1980–1990-е годы были открыты новые нетрадиционные типы платинометаллических руд [19], среди которых важное место занимают черные сланцы осадочных комплексов.

Появление осадочных руд, содержащих металлы платиновой группы, стало настоящей сенсацией. Они были обнаружены в нескольких странах – Польше, США, Канаде, Китае [5]. Поиски таких руд в России привели к выявлению богатых концентратий МПП в черносланцевых докембрийских толщах Карелии (Онежский прогиб), Восточной Сибири (Сухой Лог), Енисейского кряжа (Олимпиада), на территории КМА (Тимская группа), на отдельных рудопроявлениях Таймыра (Голышевское) и Якутии (рис. 6).

Особенность этих руд – устойчивая связь с темными рассланцованными породами (пелитами, алевролитами, аргиллитами), обогащенными углеродистым веществом графитовой или битумной субстанции. Они могут содержать широкий спектр различных металлов (Ni, Cu, Co, V, Mo, Pb, U, Re, Au, Ag, МПП и др.), образуя комплексные руды. Многокомпонентный состав руд, включающих серию редких и благородных металлов, позволяет рассматривать черные сланцы как высокоперспективное крупнообъемное сырье [17]. Пачки металлоносных сланцев широко распространены (десятки-сотни квадратных километров) и даже при сравнительно небольшой мощности рудных тел могут располагать огромными ресурсами металлов. Отсюда следует, что по своим масштабам платинометаллическое оруденение черносланцевого типа сопоставимо с традиционными магматическими рудами, и в недалеком будущем черные сланцы могут стать важным сырьевым источником МПП. Хотя содержания платиноидов в сланцах небольшие (доли граммов на тонну), они могут достигать более значимых величин (десятки граммов на тонну) при наложении эпигенетических процессов с образованием собственных минералов (соединений с биофильными элементами, такими

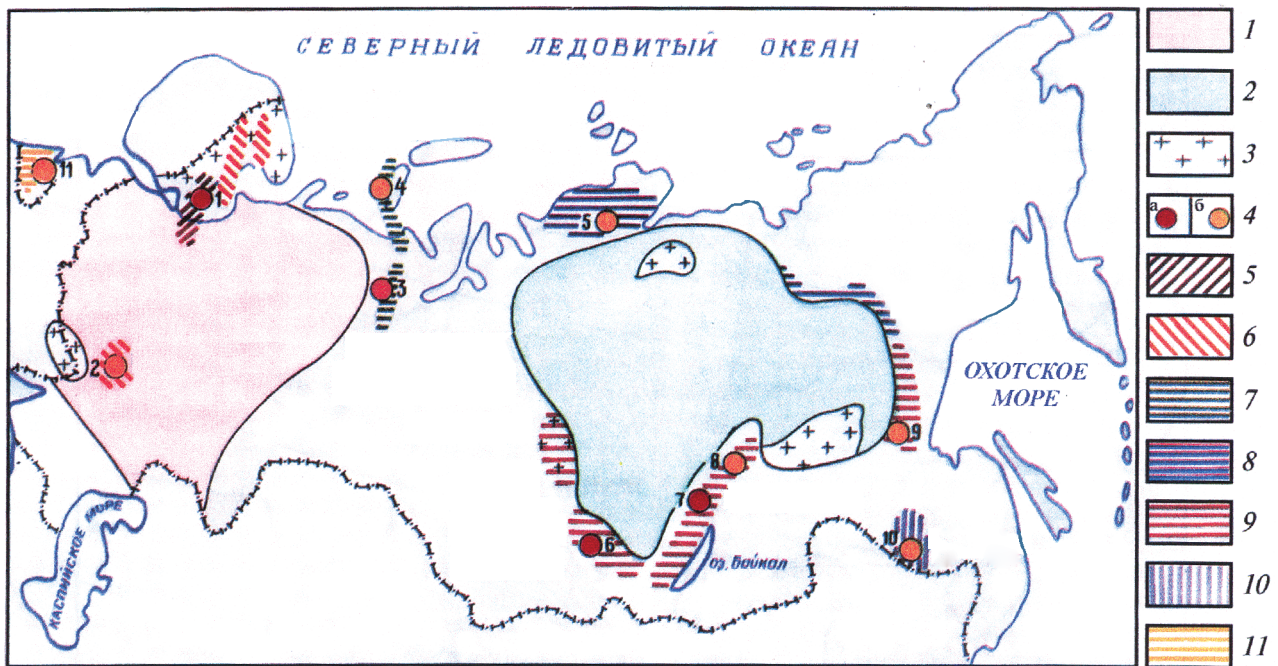


Рис. 6. Схема размещения платиносодержащих месторождений в черных сланцах России [5, 9]

1–3 – главные структуры: 1 – Русская платформа, 2 – Сибирская платформа, 3 – щиты, выступы фундамента; 4 – месторождения (а) и рудопроявления (б); 5–11 – типы черносланцевых руд: 5 – онежский (U-V), 6 – тимский (Au-Fe), 7 – уральский (Pb-Zn), 8 – таймырский (Au), 9 – сухоложский (Au-Pt), 10 – южнокитайский (Ni-Mo), 11 – польский (Cu). Месторождения и рудопроявления: 1 – Падма, 2 – Тим, 3 – Саурей, 4 – Пайхой-Новоземельская группа, 5 – Таймырская группа, 6 – Саралинское, 7 – Сухой Лог, 8 – Бульбухтинское, 9 – Сетте-Дабан, 10 – Кимканское, 11 – Зареченское

как фосфор, бор, фтор, селен, мышьяк). Мировой опыт изучения сланцев указывает на возможность существования металлоорганических соединений (в том числе платиноорганических). Генетические концепции формирования металлоносных сланцев включают как первично-осадочную, так и гидротермальную и метаморфогенную (диагенез-катагенетическую).

В России лучше всего пока изучено Падминское месторождение (1,42 т МПГ), приуроченное к шунгитсодержащим породам раннего протерозоя Онежского прогиба с большим количеством ванадия (2,7 %), урана (0,25 %), золота и платиноидов (0,1–1 г/т и выше). Рудная минерализация связана с карбонатно-сланцевыми метасоматитами, где платиноиды (преимущественно палладий) в виде мелких минералов (селенидов, селено-сульфидов, висмутидов) концентрируются на участках серицит-графитового состава. Сходные руды установлены и на других участках Прионежья – в Тамбицкой, Уницкой и Космозерской зонах.

На месторождении Сухой Лог (Байкало-Патомское нагорье Южно-Сибирской провинции), где главным компонентом является золото (до 3 г/т), обнаружены платиноиды (0,1–11, среднее 4,4 г/т) в соотношении Pt : Pd = 10 : 1. Руды, залегающие среди рифейских терригенно-карбонатных толщ, локализуются на участках интенсивно березитизированных пород. Суммарные прогнозные ресурсы (P₃) платиноидов достигают на этом месторождении нескольких сотен тонн, что сопоставимо с ресурсами на золото и говорит о появлении нового платиноносного объекта.

Золото-платинометалльное оруденение, ассоциирующее с высокоуглеродистыми толщами (C_{общ} до 13 %), установлено в районе КМА. Повышенные содержания благородных металлов связаны с ран-

непротерозойскими вулканогенно-осадочными толщами Тим-Ястребовского зеленокаменного пояса. Как показали специальные исследования [23], главная масса благородных металлов находится в тонкораспыленном сульфидно-углеродистом веществе сланцев: Pt 0,12–0,61 (до 1), Pd 0,05–0,27; Au 0,03–0,3 (до 1,5) г/т.

На Урале промышленный интерес представляют раннепалеозойские черные сланцы Суринско-Промысловской (Западно-Тагильская зона) и Кедровско-Акшинской (Центрально-Уральское поднятие) площадей, где платиноиды могут достигать 5–6 г/т при повышенном содержании редких МПГ – родия, иридия, осмия. Имеются все основания для организации поисков богатых золото-платинометалльных руд в сланцах Башкирского Урала. Предварительно подсчитанные геологами ВСЕГЕИ и ОАО «Башкиргеология» прогнозные ресурсы МПГ на Катав-Ивановском, Ямантауском и других участках) достигают сотен тонн.

Платиноносность кор выветривания по настоящему только начинает изучаться [21]. Образование месторождений данного типа связано с химическим выветриванием серпентинитов и серпентинизированных ультраосновных пород офиолитовых комплексов и зональных массивов. Повышенные концентрации платиноидов (до 1 г/т) приурочены к зонам выщелачивания серпентинитов или оксидно-железных шляп. Наиболее перспективны никеленосные коры выветривания Урала.

Руды недалекого будущего – океанические образования [1]. Это железомарганцевые конкреции (0,15 г/т МПГ) глубоководных впадин Клариян-Клиппертон и кобальтоносные корки (Pt 0,27–0,34 г/т) Магеллановых гор Тихого океана. Удовлетворена заявка России на выделение участка дна Атлантического океана для разведки и освое-

Новые перспективные месторождения МПГ

ния сульфидных руд, содержащих, помимо никеля (0,4–1 %) и кобальта (0,3–2,5 %), также металлы платиновой группы (в среднем 0,5 г/т).

Впереди освоение нового глобального источника платиноидов, связанного со щелочным магматизмом (нефелин-сиенитовая, йолит-карбонатитовая формации и др.). Особого внимания требуют объекты Северо-Запада РФ (Ковдор, Себляяр, Vuориярви) и Маймеча-Котуйской провинции Сибири.

Таким образом, локализация и формирование большинства месторождений и рудопроявлений платиновых металлов приурочены к рифтогенным структурам сложного строения и длительного развития на периферии платформ и щитов, в областях сочленения крупных блоков земной коры, сопровождающихся глубинными разломами, достигающими мантии. Важна длительность рудообразующих процессов при участии мантийных флюидов.

К крупным платиноносным объектам могут быть отнесены платиносодержащие руды медно-никелевых, хромитовых и титаномагнетитовых месторождений, полиметалльные руды черносланцевого типа, а также собственно платинометалльные малосульфидные руды расслоенных интрузивных массивов.

В настоящее время есть все основания для увеличения запасов и добычи платиновых металлов как за счет их производства в промышленных районах, так и за счет освоения новых площадей (табл. 2).

Появление новых месторождений и типов платиносодержащих руд будет способствовать не только наращиванию их запасов, но и позволит оживить деятельность многих горно-металлургических предприятий страны. Подчеркнем ведущую роль в производстве платиновых металлов и освоении новых площадей компании ОАО «ГМК Норильский Никель», которая на протяжении многих лет сохраняет высокие отечественные позиции на мировом рынке МПГ.

Следует обратить внимание на имеющие место препятствия: 1) сосредоточенность (более 90 %) разведанных запасов МПГ в труднодоступных регионах Заполярья и на площадях со слаборазвитой инфраструктурой; 2) снижение количества платиновых металлов в рудной массе норильских месторождений за счет падения доли богатых руд; 3) несовершенство технологий извлечения платиновых металлов из комплексных и нетрадиционных руд; 4) отсутствие достаточных инвестиций в платиновую рудную отрасль.

Задачи дальнейшего развития, воспроизводства и сохранения в долгосрочной перспективе МСБ платиновых металлов:

– расширение МСБ платиновых металлов Норильского, Карело-Кольского и Уральского промышленных регионов, а также создание Центрально-Российского (Курско-Воронежского), Южно-Сибирского (Восточно-Саянского), Дальневосточного центров платинодобычи путем разведки и постановки на баланс вновь открытых месторождений;

– качественное обновление минерально-сырьевой базы МПГ на основе ввода в строй новых источников платиносодержащего сырья: малосульфидных руд расслоенных массивов – Мончегорского, Имандровского, Федорово-Панского, пла-

Геолого-промышленные типы МПГ	Рудные районы, новые месторождения
Сульфидные платиноидно-медно-никелевые	Норильско-Талнахский Масловское (1468 т), Черногорское (530 т); резервные м-ния с забалансовыми рудами: Вологодчанское (354 т), Горозубовское (93 т), Норильск II (83 т) Печенгский Спутник (5 т), Верхнее (6,2 т), Быстринское (1,7 т), Тундровое (0,5 т) Восточно-Саянский Кингашское (128 т), Верхнекингашское (115 т) Дальневосточный Кун-Маньё (12,5 т)
Малосульфидные собственно платинометалльные	Норильско-Талнахский Норильск-МС (14 т) Федорово-Панский Федоровотундровское (348 т), Киевей (49 т), Чуарвы (8,4 т) Мончегорский Вуручайвенч (34 т), Лойпишнюн (P ₁ – 15 т) Бураковско-Аганозерский Шалозерское (2,4 т)
Хромитовые платиносодержащие	Мончегорский Сопчеозерское, Поаз (P ₂ – 30 т) Бураковский Аганозерское (P ₃ – 100)
Титаномагнетитовые палладийсодержащие	Забайкалье Чинейское (забалансовые – 28 т) Качканарский Волковское (37,5 т) Баронское
Черносланцевые	Онежский Среднепадминское (1,4)
Россыпные платиноносные	Норильско-Талнахский р. Щучья (1 т), руч. Угольный (1 т), р. Наледная (0,5 т) Корякско-Камчатский руч. Ледяной (0,3 т), р. Гальмитапелъваам (0,5 т) Уральский общие запасы мелких россыпей – 20 т
Техногенные	Алданский Кондер (2,7 т)

тино-хромитовых – Полярного и Среднего Урала, Карелии и Кольского п-ова, титано-магнетитовых – Пудожгорского, Чинейского, а также россыпных руд, черносланцевых комплексов Таймыра, Байкало-Патома, Северо-Востока РФ, техногенных месторождений;

– разработка технологий прогнозирования и поисков крупных месторождений МПГ с обоснованием концепции развития геологоразведочных работ.

Концепция комплексного освоения известных и новых проявлений МПГ, основанная на страте-

гически важных направлениях развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы платиновых металлов, — надежный гарант безопасности нашей страны.

1. Андреев С.И., Аникеева Л.И., Петухов С.И. Состояние изученности и проблемы освоения минерально-сырьевого потенциала Мирового океана // Горный журнал. — 2009. — № 3. — С. 48–56.

2. Беневольский Б.И., Вартанян С.С. Основные направления освоения и развития минерально-сырьевой базы благородных металлов // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 4. — С. 23–27.

3. Ганин В.А., Гриневиц Н.Г., Логинов В.Н. Петрология и платиноносность Бураковско-Аганозерской интрузии (Восточное Заонежье) // Платина России. Т. II. Кн. 2. 1995. — С. 19–23.

4. Глазунов О.М., Богнибов Н.Г., Еханин А.Г. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. — Иркутск: ИГ СО РАН, 2003. — 192 с.

5. Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. — СПб.: Изд-во Картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. — 208 с.

6. Гурская Л.И., Смелова Л.В., Колбанцев Л.Р. и др. Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала. — СПб.: Изд-во Картфабрики ВСЕГЕИ, 2004. — 306 с.

7. Гурская Л.И. Перспективные направления исследования платиновых металлов: флюидный режим и рудогенез // Платина России. Т. VII. — 2011. — С. 96–106.

8. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Дюжиков О.А. и др. Программа «Платина России»: новая концепция расширения и комплексного освоения сырьевой базы платиновых металлов // Минеральные ресурсы России. — 1994. — № 4. — С. 14–18.

9. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Чередникова О.И. Металлогения платиноидов крупных регионов России. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. — 302 с.

10. Додин Д.А. Металлогения Таймыро-Норильского региона. — СПб.: Наука, 2002. — 820 с.

11. Корякско-Камчатский регион — новая платиновая провинция России: Сб. науч. работ. — СПб.: Изд-во Картфабрики ВСЕГЕИ, 2002. — 383 с.

12. Лаверов Н.П., Дистлер В.В. Потенциальные ресурсы месторождений платиновых металлов в контексте стратегических национальных интересов России // Геология рудных м-ний. — 2003. — Т. 45. № 4. — С. 291–304.

13. Митрофанов Ф.П., Корчагин А.У., Балабонин Н.Л. и др. Основные результаты исследований платиноталльной рудоносности расслоенного ультрамафит-мафитового интрузива Федорово-Панских тундр // Геология и полезные ископаемые Кольского п-ова. — 2002. — Т. 2. — С. 4–15.

14. Безжанова М.П., Стругова Л.И. Научно-информационный справочник: ресурсы, запасы, добыча, потребление, цены важнейших полезных ископаемых мира. — М.: ОАО «ВНИИЗарубежгеология», 2015. — 160 с.

15. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 г. — М.: МПР, Госдоклад, 2014. — 380 с.

16. Петров О.В., Гурская Л.И., Веселовский Н.Н. Прогнозирование и поиски платиноталльных руд в Федорово-Панских тундрах Кольского полуострова // Регион. геология и металлогения. — 2010. — № 41. — С. 42–50.

17. Петров О.В., Михайлов Б.К., Татаркин А.И. и др. Минерально-сырьевой потенциал недр России: состояние и направления его инновационного использования. — СПб.: Изд-во Картфабрики ВСЕГЕИ, 2009. — 27 с.

18. Разин Л.В. Промышленно-перспективный минерально-сырьевой потенциал Уральского Платиноносного пояса. — М.: Изд-во «Университетская книга», 2008. — 172 с.

19. Рундквист Д.В., Гурская Л.И. Новые перспективные типы платиноталльного оруденения // Очерки металлогении. — Тбилиси: Мецниереба, 1986. — С. 119–139.

20. Служеникин С.Ф., Дистлер В.В., Дюжиков О.А. и др. Малосульфидное платиновое оруденение в норильских дифференцированных интрузиях // Геология рудных м-ний. — 1994. — Т. 36. № 3. — С. 195–217.

21. Таловина И.В., Лазаренков В.Г., Воронцова Н.И. Никелевые коры выветривания — новый высокоперспективный тип платиноносного сырья // Платина России. Т. III. Кн. 2. — 1999. — С. 313–318.

22. Трофимов Н.Н., Голубев А.И., Смирнова Н.К. Рудно-формационные типы и прогнозные ресурсы платиноносных объектов Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. — Петрозаводск: ИГ Кар НЦ РАН, 2002. Вып. 5. — С. 41–46.

23. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). — Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. — 448 с.

1. Andreev S.I., Anikeeva L.I., Petukhov S.I. State of knowledge and challenges in developing mineral potential of the World Ocean. *Gornyy zhurnal*. 2009. No 3, pp. 48–56. (In Russian).

2. Benevol'sky B.I., Vartanyan S.S. Main directions in exploration and development of mineral resource base of precious metals. *Razvedka i okhrana nedr*. 2013. No 4, pp. 23–27. (In Russian).

3. Ganin V.A., Grinevich N.G., Loginov V.N. Petrology and platinum potential of Burakovo-Aganozero intrusion (East Onega region). *Russian Platinum*. Vol. II. Bk. 2. 1995. Pp. 19–23. (In Russian).

4. Glazunov O.M., Boghibov N.G., Ekhanin A.G. Kingashskoe platinoidno-medno-nikelevoe mestorozhdenie [Kingash PGM-copper-nickel deposit]. Irkutsk: IG SB RAS. 2003. 192 p.

5. Gurskaya L.I. Platinometalnoye orudnenie chernoslantsevogo tipa i kriterii ego prognozirovaniya [PGM mineralization of black shale type and criteria for its prediction]. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory. 2000. 208 p.

6. Gurskaya L.I., Smelova L.V., Kolbantsev L.R. et al. Platinoidy khromitonosnykh massivov Polyarnogo Urala [PGM in chromite-bearing massifs of the Polar Urals]. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory. 2004. 306 p.

7. Gurskaya L.I. Promising directions of platinum metals research: fluid regime and ore genesis. *Russian Platinum*. Vol. VII. 2011. Pp. 96–106. (In Russian).

8. Dodin D.A., Chernyshov N.M., Dyuzhikov A.A. et al. «Russian Platinum»: a new concept of integrated development and expansion of the raw material base of platinum metals. *Mineralnye resursy Rossi*. 1994. No 4, pp. 14–18. (In Russian).

9. Dodin D.A., Chernyshov N.M., Cherednikova O.I. Metallogeniya platinoidov krupnykh regionov Rossii [PGM metallogeny in large regions of Russia]. Moscow: ЗАО «Геоинформмарк». 2001. 302 p.

10. Dodin D.A. Metallogeniya Taymyro-Noril'skogo regiona [Metallogeny of the Taimyr-Norilsk region]. St. Petersburg: Nauka. 2002. 820 p.

11. Koryaksko-Kamchatskiy region — novaya platinonosnaya provintsiya Rossii: Sb. nauch. rabot [Koryak-Kamchatka region — new platinum province of Russia: Coll. sci. works]. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory. 2002. 383 p.

12. Laverov N.P., Distler V.V. Potential resources of platinum group metal deposits in the context of strategic national interests of Russia. *Geology of Ore Deposits*. 2003. Vol. 45. No 4, pp. 291–304. (In Russian).

13. Mitrofanov F.P., Korchagin A.U., Balabonin N.L. et al. Main results of PGM ore content study of layered ultramafic-mafic intrusion in Fedorov-Pana tundra. *Geology and Mineral Resources of the Kola Peninsula*. 2002. Vol. 2, pp. 4–15. (In Russian).

14. Bezhanova M.P., Strugova L.I. Nauchno-informatsionnyy spravochnik: resursy, zapasy, dobycha, potrebleniye, tseny vazhneyshikh poleznykh iskopyemykh mira [Scientific information guide: resources, reserves, production, consumption, prices for primary minerals in the world]. Moscow: JSC «NIIZarubezhgeologia». 2015. 160 p.

15. O sostoyanii i ispolzovanii mineralno-syryevykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2013 g. [Towards the state and use of mineral resources in the Russian Federation in 2013]. Moscow, Gosdoklad. 2014. 380 p.

16. Petrov O.V., Gurskaya L.I., Veselovsky N.N. Forecasting and prospecting of PGM ores in Fedorov-Pana tundra of the Kola Peninsula. *Region. geologiya i metallogeniya*. 2010. No 41, pp. 42–50. (In Russian).

17. Petrov O.V., Mikhailov B.K., Tatarin A.I. et al. Mineralno-syryevoy potentsial neдр Rossii: sostoyanie i napravleniya ego innovatsionnogo ispolzovaniya [Mineral resource potential of Russia: state and directions of its innovative use]. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory. 2009. 27 p.

18. Razin L.V. Promyshlenno-perspektivnyy mineralno-syryevoy potentsial Uralskogo Platinonosnogo poyasa [Commercial and promising mineral resource potential of the Ural Platinum Belt]. Moscow: Publishing House «Universitetskaya kniga». 2008. 172 p.

19. Rundkvist D.V., Gurskaya L.I. New promising types of platinum mineralization. *Essays on metallogeny*. Tbilisi: Metsniereba. 1986. Pp. 119–139. (In Russian).

20. Sluzhenikin S.F., Distler V.V., Dyuzhikov A.A. et al. Low-sulphide platinum mineralization in Norilsk differentiated intrusions. *Geologiya rudnykh m-niy*. 1994. Vol. 36. No 3, pp. 195–217. (In Russian).

21. Talovina I.V., Lazarenko V.G., Vorontsova N.I. Nickel weathering crust, a new type of highly promising platinum-bearing raw material. *Russian Platinum*. Vol. III. Bk. 2. 1999. Pp. 313–318. (In Russian).

22. Trofimov N.N., Golubev A.I., Smirnova N.K. Ore formation types and inferred resources of platinum objects in Karelia. *Geology and Mineral Resources of Karelia*. Petrozavodsk: IG Kar RC RAS. 2002. Iss. 5, pp. 41–46. (In Russian).

23. Chernyshov N.M. Platinonosnye formatsii Kursko-Voronezhskogo regiona (Tsentralnaya Rossiya) [Platinum formations of Kursk-Voronezh Region (Central Russia)]. Voronezh: Voronezh State University Press. 2004. 448 p.

Гурская Людмила Ивановна – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <Lyudmila_Gurskaya@platina.ru>

Додин Давид Абрамович – член-корр. РАН, доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. акад. И. С. Грамберга (ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга). Английский пр., д. 1, Санкт-Петербург, 190121, Россия.

Gurskaya Lyudmila Ivanovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <Lyudmila_Gurskaya@platina.ru>

Dodin David Abramovich – Corresponding Member of RAS, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, All-Russian Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean named after Igor Gramberg (VNIIOkeangeologia named after I. S. Gramberg), 1 Angliyskiy avenue, St. Petersburg, 190121, Russia.