

## ПЛАТИНА РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© 2009 г. Д. А. Додин\*, Т. С. Додина\*, К. К. Золоев\*\*, В. А. Коротеев\*\*,  
Н. М. Чернышов\*\*\*

\* Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового Океана  
(ВНИИОкеангеология)

190121, г. Санкт-Петербург, Английский просп., 1  
E-mail: okeangeo@vniio.ru

\*\* Институт геологии и геохимии УрО РАН  
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7  
E-mails: zoloev@ugse.isnet.ru; koroteev@igg.uran.ru

\*\*\* Воронежский государственный университет  
394006, г. Воронеж, Университетская пл., 1  
E-mail: gfkmp@main.vsu.ru

Поступила в редакцию 05.10.2009 г.

Впервые в рамках одной статьи рассмотрены состояние и перспективы платиноносности территории России и отдельных её платиноносных провинций – Карело-Кольской, Курско-Воронежской, Уральской, Северо-Сибирской, Южно-Сибирской, Дальневосточной. Разработана концепция развития комплексного освоения, восстановления и сохранения минерально-сырьевой базы платиновых металлов России в XXI веке. Убедительно показано, что при реализации такой стратегии Россия будет преобразована в передовую платиновую державу мира.

Ключевые слова: платина, палладий, Россия, платиноносный регион (провинция), концепция, стратегия, добыча МПГ, платинометалльное месторождение, минерально-сырьевые базы платинодобычи.

### ВВЕДЕНИЕ

В 1992–2004 гг. ВНИИОкеангеология являлся головной организацией по разработке программы “Платина России” (далее Программа), которую институт разработал согласно приказу Комитета по геологии и использованию недр РФ № 3 от 14.01.92 г. В разработке её приняли участие ВГУ, ЦНИГРИ, ВСЕГЕИ, ИГиГ УрО РАН, ОАО УГСЭ, ИГЕМ, ОИГГиМ и ДВГИРАН, ВостСибСНИИГГиМС. Программа была утверждена 27 мая 1992 г. зам. председателя Комитета Б.А. Яцкевичем. В Координационный научно-методический совет вошли члены академии РАН, доктора и кандидаты наук. В исследованиях по Программе приняло участие около 200 специалистов из 60 организаций 25 городов России – от Москвы и Санкт-Петербурга до Петропавловска-Камчатского и Корфа. Соисполнителями от МПР РФ являлись ГП “ЭГГИ”, ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ОАО УГСЭ, ВостСибСНИИГГиМС, ИМГРЭ, ВИЭМС и др., от РАН – ИГЕМ, ИЭМ, ИГиГД, ИЛСАН, ОИГГиМ и ИГ СО, ДВГИ, СВКНИИ и АмурКНИИ ДВО, ИГГ УрО РАН, геологические институты Кольского, Карельского и Бурятского научных центров и др.; от Министерства образования и науки – ВГУ, СПбГИ, СПбГУ, ТПУ, ТГИ, КАЦМиЗ; от акционерных обществ – “Механобр-Инжиниринг”, “Механобр-Аналит”, Гипроникель и др.; от РАЕН – Институт платины. В 1995 г. Программа из отраслевой стала Федеральной.

### СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Металлы платиновой группы (МПГ) весьма ценные полезные ископаемые, используемые в автомобильной, ювелирной, электронной, химической и нефтехимической отраслях промышленности, самолетостроении, ракетостроении, ряде областей науки, а также в новейших технологиях. В ближайшие десятилетия платиноиды могут стать основным видом сырья для водородной энергетики [31]. По авторским оценкам уже в 1991 г. потребление МПГ стало приближаться к их производству (важнейшее из оснований для постановления Программы), а с 1994 г. потребление ежегодно стало превышать (на 30–150 т) производство (в 2005 г. – на 154.7 т), а после 2015 г. потребление может превосходить производство на 100–180 т [10, 17, 20].

Резко возросшее потребление МПГ в мире обеспечивается за счет поставок из ЮАР и России (седьмая часть всех запасов платиноидов мира [6]), в меньшей мере – из Канады, США (табл. 1) и других стран. Причем из России при очень низком (~10% производства) внутреннем потреблении платиновых металлов значительная часть поставок их на экспорт заимствуется из запасов **Государственного стратегического резерва**.

Вместе с тем, производство платиновых металлов в России в 2007 г. резко упало (табл. 2). А это означает, что ориентация нашей платинодобывающей отрасли только на палладиеносные норильские место-

**Таблица 1.** Поставки платины, палладия и родия на мировой рынок (т)

Страны	Годы								
	1996			1998			2000		
	Pt	Pd	Rh	Pt	Pd	Rh	Pt	Pd	Rh
Россия	37.94	174.16	3.42	40.43	180.38	3.42	34.21	161.72	9.02
ЮАР	105.43	52.56	11.16	114.45	56.60	12.44	118.20	57.80	14.21
Северная Америка	7.46	14.15	0.16	8.86	20.53	0.50	8.86	19.75	0.50
Прочие	4.04	2.95	0.06	4.20	6.22	0.12	3.27	2.19	0.09
Всего	154.87	243.82	14.80	167.94	263.73	16.58	164.54	241.46	23.82

Примечание: составлено по данным компании Джонсон Мэтти (Johnson Matthey).

**Таблица 2.** Добыча платиновых металлов в ведущих странах-производителях мира (т)

Страна	1995	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Россия (1)	70	110	90	105.9	112.5	128.3	128.3	117.0
	21	25	30	25.9	26.1	29.9	29.9	22.0
Россия (2)	110.2	132.4	139.9	144.7	150.8	159.9	156.4	159.8
ЮАР (2)	183	202	245	220.1	230.8			
	102	118	147	147.9	153.2			
Канада (2)	16	15	18	18.2	25.7			
	6	6	8	4.6	7.7			
США (2)	7	13	15	18.2	17.6			
	2	3	4	4.2	4.0			
Зимбабве (2)	?	10	15	7.5	8.3			
	4	?	1	3.4	4.6			
Остальные (2)				4.4	4.3			
				1.5	1.4			
Всего (2)	270	350	383	379.5	399.4			
	135	120	190	188.4	197.1			

Примечание: (1) – по данным компании “Johnson Matthey” Геологической службы США 2005–2007 гг., ЗАО “НБЛЛензолото” и GFMS Limited, London. (2) – по материалам Государственного доклада о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2007 г. [6]. В числителе – МПГ, в знаменателе – платина.

рождения (с очень малой долей богатых руд и платиновых россыпей с падающей добычей) устарела.

Чтобы не только не потерять завоеванные позиции на мировом рынке платиноидов, но и занять на нем лидирующее положение, России необходимы новые крупнообъемные источники МПГ, в первую очередь, платины. Стоимость последней на мировом рынке (10.02.2003 г. – \$22.06 за грамм, 05.12.2007 г. – \$47.2 за грамм, 12.08.2009 г. – \$39.7 за грамм) постоянно (кроме 2000–2001 гг.) превышает таковую палладия (соответственно, \$8.10, \$11.7 и \$8.65 за грамм).

В ближайшее время следует задействовать известные детализированные и вновь открытые при исследованиях по Программе и других работах (**прирост ресурсов РЗ > 20 тыс. т**) источники платиноносителя сырья (табл. 3), в первую очередь, наиболее технологичные из них (Федорово-Панское, Верхне-Норильское, Верхне-Талнахское малосульфидные платинометалльные, Пудожгорское благороднометалльно-титаномагнетитовое и др.), а также крупнообъемные источники платиновых металлов – золото-платиноидные месторождения в черносланцевых толщах и железистых кварцитах. Также необходимо немедленно на-

чать массивованные поиски **богатых сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд – важнейшего крупнообъемного источника платиноносителя сырья в Норильском районе** (см. табл. 3).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по Программе проводились во всех регионах страны – Карело-Кольском, Центрально-Российском, Уральском, Сибирском и Дальневосточном. Их основные результаты в целом по стране и кратко по отдельным регионам приводятся ниже.

1. Разработана первая в мире максимально полная формационно-генетическая классификация платиноидных месторождений с выделением эндогенного, полигенного, экзогенного и техногенного классов, геохимических групп, подгрупп, типов и подтипов (класс → группа → подгруппа → разновидность → тип → подтип).

2. Создана минералого-геохимическая классификация изученных месторождений (табл. 4), позволяющая определить важнейшие минералы МПГ для каждого из восьми установленных важнейших типов [26].

**Таблица 3.** Развитие минерально-сырьевого потенциала МПГ России в 1992–2004 гг. (программа “Платина России” и др.)

Месторождения 1992 г.	Месторождения 2004 г.
<p><i>Платиноидно-медно-никелевые:</i> Норильск-1, Талнахское, Октябрьское, Еланское, Мамонское, Печенгское, Мончегорское, Йоко-Довыренское</p> <p><i>Россыпные:</i> Уральские, Кондер, Инагли, Чад, Корякские, Виллойские, Норильские, Гулинское</p> <p><i>Платиносодержащие титаномагнетитовые:</i> Качканарское, Волковское</p> <p><i>Техногенные:</i> Уральские</p>	<p>Те же, что и в 1992 г. (включая Черногорское, Норильск-II, Кингашское)</p> <p><i>Техногенные:</i> Норильское, Талнахское, Уральские, Курско-Белгородское</p> <p><i>Малосульфидные платинометалльные:</i> Федорово-Панское, Верхне-Норильское, Верхне-Талнахское, Имангдинское, Йоко-Довыренское</p> <p><i>Полиметалльные МПГ-Аи-углеродистого типа:</i> Тимское, Сухоложское, Онежские, Олимпиадинское, Гольшевское и др.</p> <p><i>Платиносодержащие ванадий-(апатит)-титаномагнетитовые:</i> Пудожгорское, Койкаро-Святнаволоцкое, Баронское</p> <p><i>Платиносодержащие нефелиновые:</i> Кия-Шалтырское, Горячегорское, Крестовское</p> <p><i>Платиносодержащие меднорудные:</i> Удоканское, Игарское</p> <p><i>Платиносодержащие апатит-магнетитовые:</i> Ковдорское</p> <p><i>Платиносодержащие железорудные:</i> КМА, Оленегорское, Костомукшинское и др.</p> <p><i>Платиносодержащие коры выветривания:</i> Уфалейское, Сахарихинское, Елизаветинское</p> <p><i>Платиносодержащие колчеданно-полиметаллические:</i> Гайское</p>

**Таблица 4.** Минералого-геохимическая классификация и промышленная значимость платинометалльных и платиносодержащих месторождений

Минералого-геохимический тип месторождений	Промышленная значимость (в т.ч. потенциальная) для России
1. Сульфидный Pt-Pd и Pd-Pt	Максимальная
2. Малосульфидный Pt-Pd и Pd-Pt	Очень высокая
3. Хромитоносный комплексный МПГ, преимущественно Os-Ir-Pt	Выше средней
4. Титаномагнетитовый V-Pt-Pd и V-Pd-Pt	Высокая
5. Нефелиновый комплексный МПГ	Средняя
6. Апатит-магнетитовый комплексный МПГ	Неясная
7. Углеродистый комплексный МПГ	Высокая и очень высокая
8. Гематит-магнетитовый комплексный МПГ	Высокая

При этом сделан сугубо ориентировочный вывод, что в рудах первого типа преобладают интерметаллические соединения, второго – висмутотеллуриды, теллуриды и теллуировисмутиды, третьего и четвертого – сульфиды, пятого и шестого – станиды, арсениды, арсенотеллуриды МПГ, седьмого – самородные платиноиды и висмутиды, восьмого – палладистое золото, осмистый иридий и др. При этом такие минералы, как сперрилит, станнопалладинит, поликсен, стибнопалладинит, соболевскит, котульскит, холлингвортит и другие встречаются в большинстве руд или в рудах всех типов.

3. Установлены новые промышленно-значимые нетрадиционные типы месторождений МПГ: платинометалльные малосульфидные, платиносодержащие техногенные, полиметалльные (преимущественно углеродсодержащие золоторудные), железорудные, глиноземсодержащие, ванадий-титаномагнетитовые, редкометалльные, коры выветривания, медно-порфиоровые и другие, которые наряду с Норильскими месторождениями могут и должны стать важнейшими составляющими минерально-сырьевой базы (МСБ) МПГ страны в XXI веке.

4. Объективно доказана очень высокая степень платиноидной продуктивности углеродсодержащих формаций и ряда конкретных золоторудных месторождений в них [7, 10, 36, 37, 39].

5. Предварительно обоснована глобальная платиногенерирующая роль щелочного магматизма [4, 20].

6. Определены важнейшие (кроме Норильско-Талнахских) новые крупнообъемные источники МПГ: золото-платиноидные месторождения в углеродсодержащих толщах и железистых кварцитах (гарант лидирующего положения России на мировом рынке).

7. Созданы технологии получения МПГ из малосульфидных платинометалльных и техногенных руд, разработан оригинальный (в экспериментальном варианте) доменно-конверторный метод извлечения платиноидов из дунитов и черных сланцев [26].

8. Намечены закономерности геодинамического развития платиноидного рудогенеза крупных регионов [13, 16, 17].

9. Обоснованы геолого-металлогенические и прогнозно-поисковые модели важнейших типов платинометалльных месторождений с определением конкретных источников их формирования [2, 3, 30].

10. Предложены варианты технологий прогнозирования и поисков месторождений сульфидной платиноидно-медно-никелевой, малосульфидной платинометаллической и золото-платиноидной в углеродсодержащих комплексах формаций.

11. Построены карты платиноносности России масштабов 1 : 5 000 000, 1 : 7 500 000 и 1 : 10 000 000 со схемами прогнозно-платинометаллогенического районирования.

12. Предложена на основе детализации известных и открытия новых платиносодержащих объектов долгосрочная четырехэтапная концепция расширения Норильской, Алданской, Корякско-Камчатской, Карело-Кольской, создания Центрально-Российской и Южно-Сибирской, а также возрождения Уральской минерально-сырьевой базы платинодобычи, которая обсуждается в последней главе данной статьи (“Направление работ по программе...”).

13. Изданы новые материалы, включающие всех исполнителей Программы.

А. сборники научных трудов “Платина России” – тома I (1994), II – в двух книгах (1995), III – в двух книгах (1999), IV (1999), V (2004), VI (2005) [22–26].

Б. монографии и научно-аналитические обзоры:

1. Платинометаллические месторождения мира. Том I. Малосульфидные платинометаллические месторождения в ритмично-расслоенных комплексах (1994); том II. Платинометаллические хромитовые и титаномагнетитовые месторождения (2002); том III. Комплексные золото-редкометалло-платиноидные месторождения (2004) [28–30].

2. Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири (1995).

3. Геохимия платиновых металлов (1996).

4. Нетрадиционная платинометаллическая минерализация Средней Сибири (1997).

5. Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России на пороге XXI века (1998) [20].

6. Геология и золото-платиноносность нефелиновых пород Западной Сибири (2000) [4].

7. Платинометаллические месторождения России (2000) [15].

8. Платинометаллическое оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования (2000) [7].

9. Металлогения платиноидов крупных регионов России (2001).

10. Конъюнктура минерального сырья: Металлы платиновой группы (2001).

11. Металлогения Таймыро-Норильского региона (2002) [9].

12. Платина России (2004) [27].

13. Платиноносность формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) (2004).

14. Дайки сульфидных платиноидно-медно-ни-

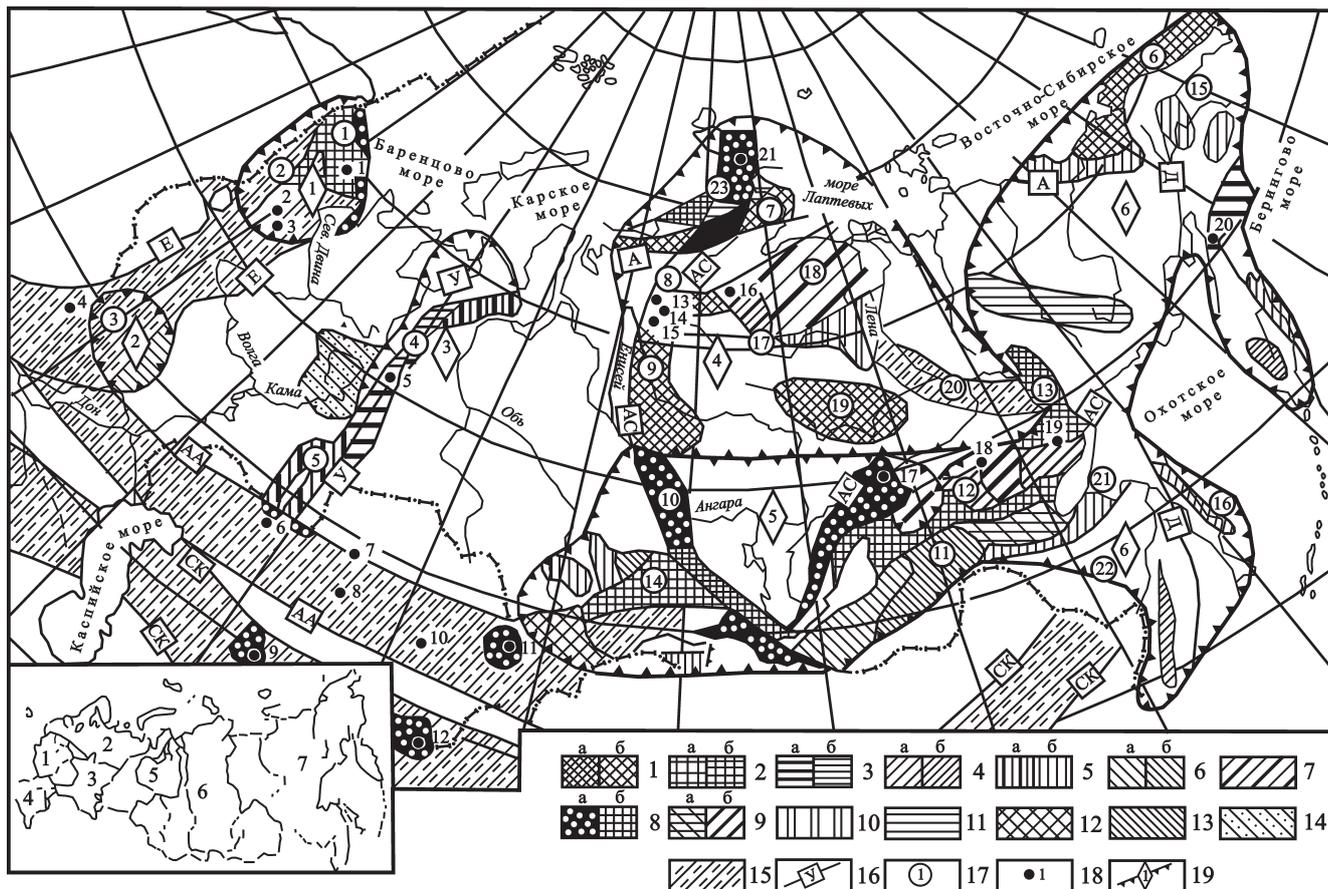
келевых месторождений Воронежского кристаллического массива (2005).

15. Золото-платинометаллическое оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (2007).

16. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века (2007) [10].

Таким образом, в 1994–2004 гг. было издано более 20 работ (объем >600 печ. л), доступных широкой читательской аудитории. За 12 лет реализации Программы было сделано намного больше (особенно это четко будет видно при рассмотрении конкретных платиноносных регионов), чем за многие десятилетия до ее функционирования. Теперь необходимо разбраковать объекты таблицы 3 и осветить целый ряд из них. Для этого следует выполнить значительные объемы геологоразведочных работ по реализации обоснованных перспектив платиноносных регионов и конкретных объектов. Наиболее важно доисследовать и подготовить к отработке крупнообъемные источники платиносодержащего сырья, а также, хотя бы частично, реализовать разработанную стратегию развития, воспроизводства и комплексного освоения минерально-сырьевой базы платиновых металлов. Последняя отчетливо следует из приведенной ниже краткой характеристики исследованных по Программе платиноносных регионов и отдельных крупных и уникальных месторождений. Среди них устанавливаются суперкрупные и гигантские. При таком подходе шкала коренных месторождений будет иметь пятиступенчатый уровень: гиганты (>5000 т), суперкрупные (>1000 т), крупные (>100 т), средние (>50 т), мелкие (<50 т). Для техногенных месторождений эти величины должны быть уменьшены в 10, а для россыпных – в 20–50 раз.

Важнейшими особенностями уникальных (суперкрупных и гигантов) объектов являются: а) локализация и формирование в приуроченных к рифтогенам рудообразующих системах сложного строения и длительного (до нескольких сотен млн. лет) многоэтапного развития, а также к зонам поясного рифтогенеза на периферии платформ в областях сочленения с океаническими рифтами; б) длительность и многопроцессность рудообразования (глубинная флюидная ликвация, магматизм в современных и промежуточных очагах, флюидный метасоматоз, сульфидизация, гидротермальная деятельность, гипергенез и т.д.) при значительных и весьма значительных объемах мантийных флюидов; в) сложное полизональное строение входящих в связанные со следами горячих точек рифтогены рудно-магматических и рудно-метасоматических систем; г) подъем в зонах тройного сочленения мантийных конвективных ячеек (В.Е. Хаин, С.М. Кравченко) флюидизированных мантийных плюмов, обогащенных H<sub>2</sub>, S, Cl, Al, Ca, углеводородами и

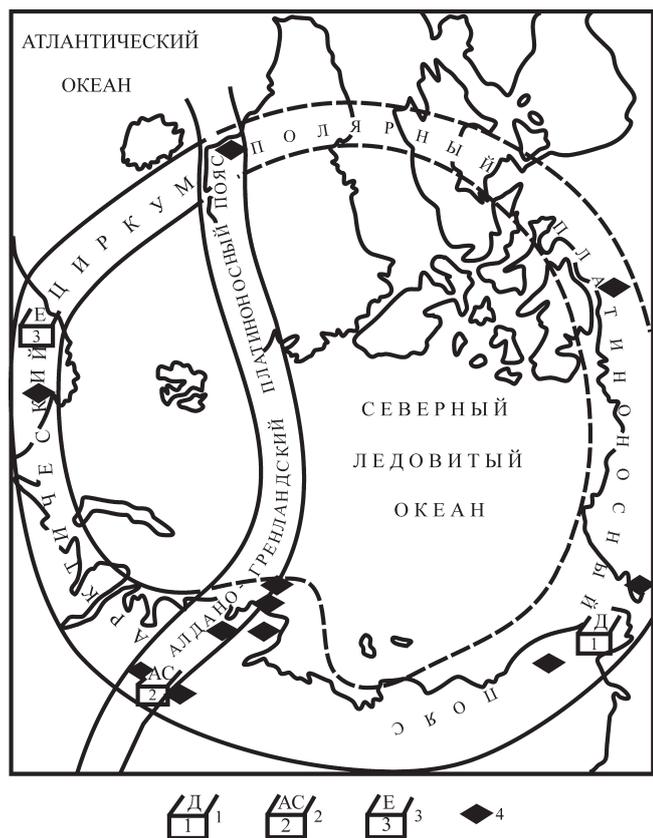


**Рис. 1.** Схема прогнозно-платинометаллогенического районирования территории России и прилегающих территорий.

1–15 – рудно-формационные типы платиновых провинций и областей (а – установленные, б – предполагаемые): 1 – норильско-талнахский, верхнеталнахский, неконгдоконский, норильские – россыпной и техногенный, талнахский техногенный, на Чукотке – наталкинский, 2 – федорово-панский, бураковский, пудожгорский, печенгский, мончегорский и др., 3 – уральские коренной, россыпной и техногенный, а также коряжский россыпной, 4 – алданские коренной и россыпной, 5 – кемпирсайско-райизский, 6 – еланский, мамонский, 7 – маймечя-котуйский и ковдорский, а также гулинский россыпной, 8 – суходоложский, мурунтауский, западно-калбинский, 9 – россыпной, связанный с древними толщами, 10 – южно-китайский (куонамский), 11 – таймырский, 12, 13 – курутегерекский, рудно-алтайский, сорские – коренной и техногенный, 14 – верхнекамский, 15 – смешанные (тимской, онежский, южно-китайский, стиллуотерский и др.); 16 – платиновые пояса: Е – Восточно-Европейский, У – Уральский (отрезок Урало-Бушвельдского планетарного пояса), АС – Алдано-Североземельский (часть Алдано-Гренландского), Д – Дальневосточный (Тихоокеанский), А – Арктический, АА – Амуро-Алтайский, СК – Среднеазиатско-Китайский; 17 – платиновые провинции (цифры в кружках): 1 – Кольская, 2 – Карельская, 3 – Воронежская, 4, 5 – Восточно- (4) и Западно- (5) Уральские, 6 – Чукотско-Ануйская, 7 – Таймырская, 8 – Таймыро-Норильская, 9 – Курейско-Тунгусская, 10 – Енисейского края, 11 – Байкальская, 12 – Алдано-Становая, 13 – Сетте-Дабанская, 14 – Алтае-Саянская, 15 – Корякско-Камчатская, 16 – Сахалинская, 17 – Маймечя-Котуйская, 18 – Енисейско-Оленекская, 19 – Вилюйская, 20 – Куонамская, 21 – Монголо-Охотская, 22 – Амуро-Приморская, 23 – Таймыро-Североземельская; 18 – платиноидные месторождения: 1 – Федорово-Панское, 2 – Падминское, 3 – Бураковское, 4 – Среднеднепровское, 5 – Денежкин Камень, 6 – Кемпирсай, 7 – Джаркаингач, 8 – Джекказган, 9 – Мурунтау, 10 – Бошакуль, 11 – Западной Калбы, 12 – Кумтор, 13 – Талнахское, 14 – Верхнеталнахское, 15 – Норильское техногенное, 16 – Гулинское, 17 – Сухой Лог, 18 – Инагли, 19 – Кондер, 20 – Левтыриновьям, 21 – Гольшевское; 19 – платиновые регионы (цифры в ромбах): 1 – Карело-Кольский, 2 – Курско-Воронежский, 3 – Уральский, 4 – Северо-Сибирский, 5 – Южно-Сибирский, 6 – Дальневосточный. На врезке – федеральные округа: 1 – Центральный, 2 – Северо-Западный, 3 – Приволжский, 4 – Северо-Кавказский, 5 – Уральский, 6 – Сибирский, 7 – Дальневосточный.

сопутствующими металлами; д) связь с трапповой, перидотит-пироксенит-анортозит-габбро-норитовой, дунит-клинопироксенит-габбровой, дунит-гарцбургитовой, ийолит-карбонатитовой, черносланцевой, железисто-кварцитовой формациями; е) совместное проявление нескольких минералогеохимических типов и подтипов руд, закономерности

распределенных в таких системах (сульфидный и малосульфидный в норильских, малосульфидный и хромитовый в Бураковском, сульфидный и титаномагнетитовый в Чинейском месторождениях и др.); ж) полиэлементность (~90 элементов) и полиминеральность (~100 платиновых фаз) руд в одном объекте; з) многоэтапность и многостадийность ми-



**Рис 2.** Расположение максимально промышленно-значимых платиноносных провинций со сверхкрупными объектами на пересечениях Арктического, Алдано-Североземельского, Восточно-Европейского и Дальневосточного поясов (платиноносная металлогеническая решетка).

1–3 – платиноносные провинции: 1 – Чукотско-Ануйская (Дальневосточный пояс), 2 – Таймыро-Норильская (Алдано-Североземельский пояс), 3 – Кольская (Восточно-Европейский пояс); 4 – платинометалльные месторождения и рудопроявления.

нералообразования, продемонстрированные в рассмотренных моделях формирования; и) различная размерность минеральной (нано-, микро- и макроминеральной) и изоморфной форм и достаточно переменное различие их соотношений; к) значительная изменчивость составов минералов в двойных, тройных и более сложных системах; л) взаимная приуроченность россыпных и техногенных месторождений; м) проявления рудно-анортозитового и анортозитового трендов расслоения и рудогенеза.

К рассматриваемым месторождениям в мире могут быть отнесены объекты платиносодержащих хромитовой (бушвельдский, уральский и альпийский типы) и титаномagnetитовой (пудожгорский тип), малосульфидной платинометалльной (рифа Меренского, верхнеталнахский и стиллуотерский типы), сульфидной платинодно-медно-никелевой (норильско-талнахский, плэтрифский, дулутский, мончегорский и бирюсинский типы), золото-платиноидной в черносланцевых толщах (сухолож-

ский, мурунтауский, онежский, наталкинский и тимский типы) и железистых кварцитах (курско-белгородский тип), платинометалльной россыпной (уральский, или алякинский и алданский типы), а также техногенной (хвостотвалы месторождений Норильска-Талнаха, Платиноносного пояса Урала, железорудных месторождений КМА) формаций. Эндеогенные месторождения МПГ образуют с вмещающими их комплексами единые рудно-магматические (РМС) и рудно-метасоматические (РММС) системы (составные части выделенных нами ранее структурно-формационных комплексов – СФК [13, 15, 22–27] сложного строения и длительного многоэтапного становления. Максимально промышленно важные региональные РМС и РММС – платиноносные провинции – тяготеют к участкам пересечения минерагенических поясов. Выделены субмеридиональные – Восточно-Европейский, Урало-Бушвельдский, Алдано-Гренландский, Тихоокеанский – и субширотные – Арктический, Амуро-Алтайский, Средиземноморский, Среднеазиатско-Китайский (рис. 1) и Северо-Американский платиноносные пояса. Так, на пересечении Арктического пояса с Тихоокеанским располагается Чукотско-Ануйская, с Алдано-Гренландским – Таймыро-Норильская и Восточно-Гренландская (рис. 2), а с Восточно-Европейским – Кольская и Фенно-Скандинавская платиноносные провинции. К области сочленения Амуро-Алтайского пояса с Тихоокеанским приурочена Филиппинско-Калимантанская, с Алдано-Североземельским (отрезок Алдано-Гренландского пояса) – Алдано-Становая и Алтае-Саянская, с Урало-Бушвельдским – Северо-Казахстанская провинции [15].

Каждый из выделенных поясов связан с определенным типом (типами) земной коры и претерпел длительную эволюцию в геологическом времени. Восточно-Европейский пояс наложен на сложнопостроенную систему неоднократно реактивированных рифтов, развитых в гранит-зеленокаменных областях Восточно-Европейской платформы и Фенно-Скандинавского щита. Уральская складчатая система, по мнению Л.Н. Овчинникова, представляет собой сегмент глобального кольца рифтогенных структур, располагающихся вдоль Урало-Африканской аномалии, выражающейся в уменьшении плотности мантии к востоку от линии Урал-Мадагаскар.

Это позволяет выделить крупнейший планетарный Урало-Бушвельдский пояс протяженностью более 20 тыс. км с длительностью процессов платиноидного рудогенеза около 3 млрд. лет.

Арктический пояс (см. рис. 2) наложен на одноименный циркумполярный складчатый пояс длительного развития. Арктические платиноносные провинции, весьма различные по геотектонической природе, объединяются в единый платиноносный пояс с приуроченностью к континентально-окариной

планетарной зоне и существенную роль в их эволюции рифтов и рифтогенных структур, раздвигающих континентальную мегаплиту со стороны океана. В строении пояса намечаются три зоны: внутренняя глубоководная – полиметаллически-сульфидно-нефтегазоносная, средняя – полиметаллоносно-нефтегазово-золото-платиноносная, краевая – золотоносно-алмазонаносная.

Создание карт платиноносности России масштабов 1 : 5 000 000–1 : 10 000 000 сделало возможным построение схемы размещения главных рудно-формационных типов платиноносных провинций в пределах Российской Федерации и прилегающих территорий (рис. 1).

Глобальные особенности рудных поясов – связь с глубинными трансрегиональными и планетарными разломами, переход с суши на шельф и в океан, многоэтапность геосинклинальных и активизационных циклов, тектоно-магматических и минерогенических процессов – приводят к полигенности, полихронности, полиформационности и чрезвычайно сложному строению не только самих поясов, но и провинций, а также платиноносных регионов [25].

### Карело-Кольский регион

Рассматриваемый регион объединяет Кольскую и Карельскую платиноносные провинции (рис. 1). Для них установлены закономерности распределения и намечены модели формирования известных, выявленных и изученных месторождений и рудопроявлений МПГ (рис. 3). Важнейшими из них являются: а) приуроченность к рифтогенным структурам и образование РМС и РММС различного ранга и размера: суперрегиональных – Кольской и Карельской платиноносных провинций, региональных – Печенга-Имандро-Варзугской, Северо- и Южно-Карельской структурно-металлогенических зон; б) унаследованность и повторяемость платиноидного рудогенеза на протяжении 2500 млн. лет: раннеархейский нуклеакратонный ловноозерский сульфидный *платиноидно*-медно-никелевый перидотит-пироксенит-габброноритовый комплекс → позднеархейский протогеосинклинальный аллареченский сульфидный *платиноидно*-медно-никелевый дунит-гарцбургитовый (железистый) комплекс → раннепротерозойские комплексы континентального рифтогенеза: мончегорский сульфидный *платиноидно*-медно-никелевый норит-ортопироксенит-перидотитовый → федорово-панский малосульфидный *платинometалльный* перидотит-пироксенит-габброноритовый и имандровский (сопчезерский) *платиноидно*-хромитовый и *платиноидно*-ванадиево-титаномагнетитовый норит-габбро-норит-габбро-диоритовый → раннепротерозойские комплексы реактивированного рифтогенеза: пудожгорский малосульфидный *платиноидно*-ванадий-

титаномагнетитовый (с золотом и серебром) габбро-долеритовый и печенгский сульфидный *платиноидно*-медно-никелевый габбро-верлитовый комплексы → палеозойский рифтогенный ковдорский *платиноидно*-редкометалльно-апатит-магнетитовый ийолит-карбонатитовый комплекс; в) полнота и гетерогенность разреза углеродсодержащих формаций онежского типа (онежский и уницкий подтипы), образующих РММС (Онежская рифтогенная впадина, Южно-Карельская ветвь Балтийского плутона, рис. 4); широкое развитие шунгитовых пород с содержанием  $C_{cb} > 5\%$ , интенсивное и неоднократное в их (РММС) пределах проявление базальтоидного и щелочно-базальтоидного магматизма, наличие своеобразных тектонических структур свекофенской (1900–1700 млн. лет) тектонотермальной активизации (зон складчато-разрывных дислокаций – СРД), значительное развитие средне-, низкотемпературного магнезиально-щелочно-карбонатного метасоматоза; г) приуроченность малосульфидного платинometалльного оруденения к различным по мощности и значимости “наборам пород”: оруденелой зоне – (мощность (М) > 100 м, МПГ – 0.01–0.3 г/т) → рудоносному горизонту (рифтовая пачка М > 10 м, МПГ > 0.1 г/т) → рудоносному телурифу (М – 0.01–0.5 м, МПГ до 50–60 г/т); д) связь богатого платинometалльного оруденения с существенно известково-глиноземистыми породами – анортозитами, лейкогаббро, габбро-анортозитами; е) рост количества собственных минералов МПГ от сульфидных руд к малосульфидным.

Широкое развитие в пределах Кольской и Карельской провинций платиноносных близкоодновозрастных (~2430–2526 млн. лет) [2] расслоенных массивов (Мончегорский, Имандровский, горы Генеральской, Федорово-Панский, Торнио-Нюранкаваара, Бураковский и др., рис. 4), сформированных в едином рифтогенном режиме разноранговых рудно-магматических систем (РМС) с платинometалльными малосульфидными, платиносодержащими медно-никелевыми, хромитовыми и ванадиево-титаномагнетитовыми рудами, дает основание говорить о возможном наличии в пределах Балтийского щита крупного ритмично-расслоенного, аналогичного Бушвельдскому, мафит-ультрамафитового массива – Балтийского [23] с тремя ветвями: Печенго-Имандро-Варзугской, Северо- и Южно-Карельской (рис. 4, табл. 5). Отнесение к этому массиву Пудожгорской и Койкаро-Святнаволоковской интрузий с платиносодержащими ванадий-титаномагнетитовыми месторождениями (Южно-Карельская ветвь) позволяет предполагать развитие Балтийского плутона в течение 500 млн. лет. Ранее авторами совместно с Ю.Н. Седых [23] была сделана попытка реконструкции первой из ветвей этого массива мощностью около 8 км с нижней критической, главной и верхней зонами в сопоставлении с соответствующими, подобно зо-

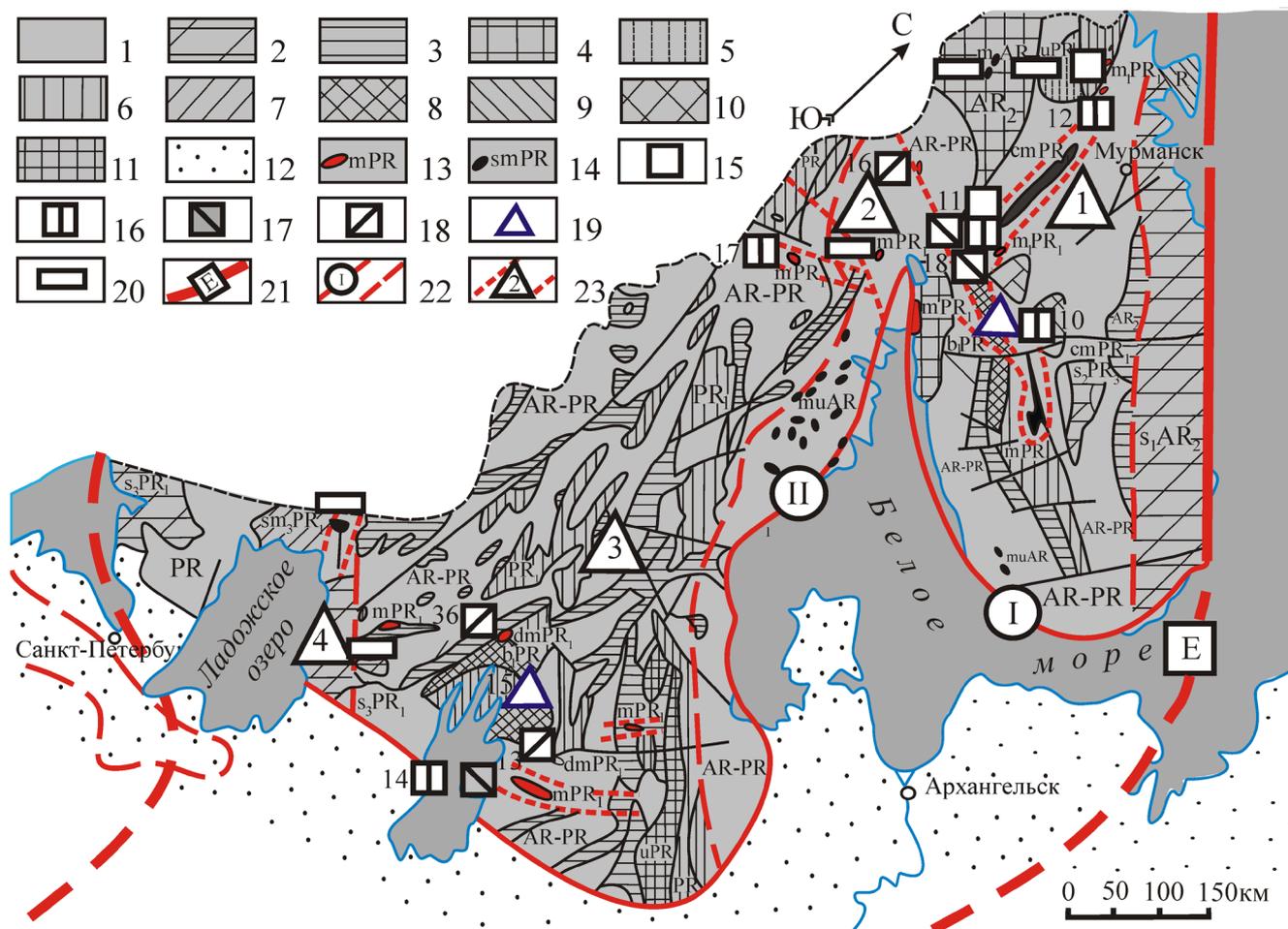


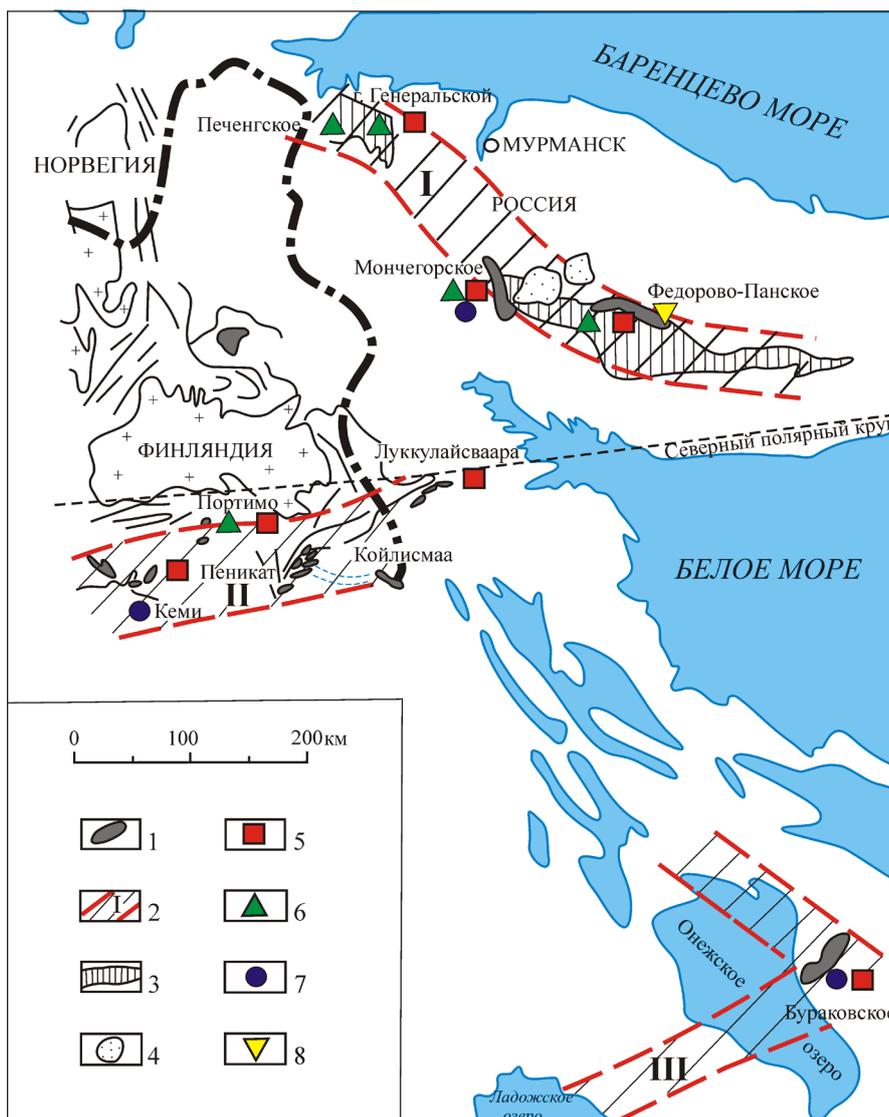
Рис 3. Карта платиноносности северо-западной части России (Карело-Кольский регион) [15, 24].

1–12 – типы структурно-формационных комплексов: 1 – нерасчлененных метаморфитов, 2 – гранитоидов (мигматит-гранитов ( $S_1$ ), гранитов щелочных ( $S_2$ ) и рапакиви ( $S_3$ )), 3 – зеленокаменных и гранит-зеленокаменных поясов, 4 – гранулитовых поясов и блоков, 5 – амфиболит-гранитоидных куполов и выступов, 6 – интрузивно-вулканогенных прогибов, 7 – метасадочных прогибов, 8 – докембрийских щитов и массивов с платиноносными высокоуглеродистыми сланцами и их метасоматитами (тимской и онежский типы), 9 – черносланцево-карбонатно-терригенных прогибов (сухоложский тип?), 10 – агпаитовых нефелиновых сиенитов, 11 – интрузивно-вулканогенных прогибов с широким развитием ультрамафитовых массивов, 12 – чехла Русской платформы; 13, 14 – платиноносные интрузивные формации: 13 – перидотит-пироксенит-габбро-анортозит-норитовая, 14 – ортопироксенит-норит-диоритовая; 15–20 – платиноносные рудные формации, месторождения установленные и прогнозируемые: 15 – МПГ-Cu-Ni, 16 – малосульфидная платинometаллическая, 17 – платиноносная хромитовая, 18 – платиноносная титаномагнетитовая, 19 – платиноносная полиметаллическая (черные сланцы и их метасоматиты), 20 – платинопроявления; 21–23 – платиноносные и потенциально платиноносные пояса, провинции, области: 21 – Восточно-Европейский пояс, 22 – провинции: I – Кольская, II – Карельская, 23 – области: 1 – Лапландско-Кольская, 2 – Беломорская, 3 – Центрально-Карельская, 4 – Ладожская. Месторождения (цифры около знаков): 10 – Федорово-Панское, 11 – Мончегорское, 12 – Лоустари, 13 – Пудожское, 14 – Бураковское, 15 – Онежское, 16 – Ковдорское, 17 – Луккулайсваара, 18 – Имандровское, 36 – Святнаволоцкое.

Таблица 5. Размеры Балтийского (?) и Бушвельдского платиноносных расслоенных плутонов

Плутон	Ветвь (пояс), частично выходящая на поверхность	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>
Балтийский	Печенго-Имандро-Варзугская	165
	Южно-Карельская	~26
	Северо-Карельская	>1
Бушвельдский	Рустенбург-Аманделбюлт (западный пояс)	~26
	Стилпорт-Аток (восточный пояс)	180*, 157**
	Потгитерсерюс (северо-восточный пояс)	38
	Бехтал (южный пояс)	22
		~3.5
	~2.5	

Примечание. \* По Эдварду и Амкисону (1986), \*\* По Хому (1938).



**Рис. 4.** Схема строения гипотетического Балтийского расслоенного платиноносного плутона [23].

1 – отдельные массивы перидотит-пироксенит-габбро-норитовой формации; 2 – предполагаемые ветви плутона: Печенго-Имандро-Варзугская (I), Северо- (II) и Южно-Карельская (III); 3 – западная и восточная части первой ветви; 4 – палеозойские потенциально платиноносные щелочные массивы; 5–8 – платиноидные месторождения и рудопроявления: 5 – мало-сульфидные платинометалльные, 6 – сульфидные платиноидно-медно-никелевые, 7, 8 – платиносодержащие хромитовые (7) и ванадий-титаномagnetитовые (8).

нам Бушвельдского комплекса, типами платиносодержащих и платинометалльных руд.

Рассмотрение петро-рудогенетических моделей Печенга-Имандра-Варзугской ветви, ее составных частей, Бушвельдского, Стиллуотерского и Скаергаардского массивов приводит к выводу о трех трендах расслоенности, дифференциации и оруденения – щелочно-основном (боуэновском, оливин-анортозитовом, рудно-анортозитовом), рудно-анортозитовом комплексном и анортозитовом платинометалльном. Специфический анортозитовый тренд ( $MgMnFe^{2+}Fe^{3+} \leftrightarrow NaAlCaSi$ ) расслоенной критической серии Федорово-Панского массива аналогичен таковому типичных платиноносных стратиформ-

ных плутонов – Бушвельдского и Стиллуотерского. Установленное тесное петрогенетическое родство породных рядов отдельных массивов Печенга-Имандра-Варзугской ветви отражает их формирование из единого магматического очага. Мотивированное предположение о существовании Балтийского расслоенного плутона значительно повышает перспективы платиноносности Кольской и Карельской провинций. Весьма существенным положительным моментом прогнозирования таких объектов является проявление в различных типах пород анортозитового тренда платинометалльного, хромитового, ванадий-титаномagnetитового оруденения [23].

**Таблица 6.** Характеристика черного концентрата, полученного при гравитационно-флотационном обогащении платинометаллических руд Федорово-Панского месторождения (выход концентрата 4.16–10.91%)

Элемент	Содержание	Коэффициент концентрации	Извлечение, %
Pt	4.4–25	9.1–61.5	76.9–94.1
Pd	18.7–410**	10.8–72.7	53.8–81.3
Rh	0.52–15.3	9.2–12.6	52.7–75.0
Au	2.54–14.4	12.4–58.3	77.9–88.0
Ni	0.88–2.03	8.2–60.6	56.5–89.6
Cu	1.79–6.53	10.0–66.4	84.6–94.0
S	4.3–12.7	10.0–46.4	Нет сведений

Примечание. Pt, Pd, Rh, Au – в г/т; Ni, Cu, S – в %. \*\*Учтены данные Кольского Горного института.

**Федорово-Панское месторождение** по целому ряду параметров, в том числе количеству рифовых пачек (до 7), рифов, набору платиновых минералов, содержаниям (до 50 г/т) и запасам МПП сопоставимо со Стиллуотерским массивом. Ф.П. Митрофановым [21] установлено, что в обоих массивах наивысшие содержания МПП тяготеют к пологим депрессиям и их склонам. Н.Л. Балабоныным в рудах Федорово-Панского месторождения определено 95 платиновых минералов. Для двух участков интрузии – Пешемпахк (121 зерно) и Сунгйок (354 зерна) установлено [1], что 81.2% зерен встречается в классе 5 мкм и рассеяно в силикатах – кластерах до 10 зерен. Можно с полной уверенностью утверждать, что это – наноминералы, и для их извлечения нужны специальные методы нанотехнологии.

Рассчитанные Н.Л. Балабоныным [1] и В.М. Изoitко [22] поминеральные балансы показывают, что: а) большая (до 90%) часть родия связана с пирротинном, его содержание в последнем достигает 140 г/т; б) доля свободных зерен платиновых минералов, высвобожденных из силикатных фракций, достигает для палладия 10% и платины – 22%; в) до 55% платины и 70% палладия входят в пирит-пентландит-халькопиритовую фракцию.

В.М. Изoitко [23] создана первая в России гравитационно-флотационная схема получения из малосульфидных платинометаллических руд высококачественного черного концентрата (табл. 6).

Технологические показатели получаемого на действующей обогатительной фабрике комбината “Печенганикель” концентрата (3% Ni, 1.2% Cu и низкие содержания МПП) значительно уступают федорово-панскому. При флотации последнего получен кондиционный медный концентрат, содержащий примесь никеля (до 5–8%) и благородных металлов (до 1 кг/т), а также черновой медно-никелевый продукт для металлургической переработки. **Таким образом, доказана высокая технологичность и возможность комплексного освоения нового нетрадиционного для нашей про-**

**мышленности платиноидного сырья – малосульфидного платинометаллического.**

Передел полученного концентрата до готовой продукции может быть организован на условиях переработки давальческого сырья по схеме: обжиг на комбинате “Печенганикель”, плавка и рафинирование на комбинате “Североникель”, аффинаж электролитного шлама на заводе “Красцветмет” [35].

Интрузив и его блоки отражаются гравитационной аномалией типа ступени, обусловленной морфологией и условиями залегания массива, а также влиянием перекрывающих его вулканитов. В магнитном поле он четко выделяется аномалией интенсивностью до 8 тыс. нТл, при этом его северо-восточные контакты находятся в области отрицательных полей (так называемый экранный минимум), что указывает на их относительно пологое залегание. По данным глубинной электроразведки (ЛОЭЗ) интрузив характеризуется значениями сопротивления  $\rho_k$  до 15–30 тыс. Ом·м, причем тектонические контакты и зоны дробления выделяются по значениям  $\rho_k$  менее 3–5 тыс. Ом·м. Интрузиву отвечает упорядоченное сейсмическое поле; устанавливается ряд структурированных границ в связи с внутренней расслоенностью [35].

Сам массив уверенно выделяется аномальным гипергенным геохимическим полем низкого концентрирования и рассеяния меди (0.004%), никеля (0.005%), цинка (0.013%), хрома (0.011%). Рифовые пачки отражаются в геохимических полях среднего и интенсивного концентрирования палладия (до 300 м длиной) и платины (около 100 м). Совместное изучение геохимических и геофизических полей привело к созданию комплексной физико-геохимической модели уникального малосульфидного Федорово-Панского месторождения, имеющей фундаментальное поисковое значение.

Анализ сейсмических данных, выполненный Ю.Н. Седых и В.М. Ступаком [23] по профилю KOLA-SD в Печенгском рудном районе, приводит к выводу о наличии в верхней части блока с минимальным поглощением энергии упругих колебаний рудного объекта, скорее всего, серии массивов печенгского типа с сульфидным платиноидно-медно-никелевым оруденением. Объект представлен субвертикальным столбом со слабым склонением на юг, имеет прихотливую в разрезе форму с максимальной шириной 5 км на глубине 10 км и 1.5 км – на глубине 6 км и характеризуется высокой акустической жесткостью. Его существование подтверждается и при исследовании модельных данных МТЗ-АМТЗ, свидетельствующих о наличии крупной зоны повышенной электропроводности. Если при проведении рекомендуемых Ю.Н. Седых, В.М. Ступаком и А.П. Никитичевым геологоразведочных работ намеченные перспективы открытия крупного объекта, близкого по объему рудной массы Печенгскому рудному району, будут подтвержде-

ны, то острая потребность в приросте богатых руд в регионе будет, наконец-то, удовлетворена.

Построение схемы главных геоструктур Мончегорского рудного района позволяет реконструировать его кинематические особенности. Структура, образованная главными разломами, с вписанным в нее Мончеплутоном очень напоминает таковую Талнахского рудного узла, подчеркивая тем самым наличие общих структурно-тектонических закономерностей для всех крупных и уникальных объектов. Вывод: вся полоса, прилегающая к зоне Мончекахозерского разлома – от массива Островского до Мончеплутона, весьма перспективна для поисков ультраосновных дифференциатов с платиносодержащими сульфидно-медно-никелевыми и хромитовыми рудами,

В Бураковском массиве установлено малосульфидное платинометалльное [22–24], платиноидное хромитовое месторождение [19] и эпигенетический тип платиновой минерализации. Первый тип – сульфидсодержащие (1–5%) породы в верхней части Клинопироксенитовой зоны и Полосчатой подзоны Габбро-норитовой зоны. Важная характеристика платиноносных горизонтов Шалозерского и Аганозерского блоков – присутствие прослоев ортопироксенитов и вебстеритов, содержащих 1–3 г/т МПГ (Pt : Pd = 1 : 5) и 3–17.2 г/т Au [23]. Горизонты имеют форму линз протяженностью 100–400 м, мощностью 1–3.2 м. В Полосчатой подзоне подобная минерализация тяготеет к двум горизонтам дунит-гарцбургитов. Количество МПГ при отношении Pt : Pd, равно 1 : 3, достигает 6.5 г/т. В этом типе минерализации установлены теллуриды и теллурувисмутиды платины и палладия рядов: мончеит-меренскит, котульскит-соболевскит, а также фрудит-сопчеит. Авторы полностью согласны с заключением В.А. Ганина и др. [23] о высокой (~1500 т) оценке металлогенического потенциала малосульфидных платинометаллических руд. В [23] также охарактеризовано эпигенетическое палладиевое (до 10 и более г/т) оруденение в зонах субмеридиональных разломов. Известны, но плохо изучены платиносодержащие коры выветривания, связанные с рассматриваемым массивом. В Ультраосновной зоне выявлено пять хромитовых горизонтов мощностью 0.05–5.4 м, из которых наиболее мощный получил название Главного хромитового горизонта (среднее содержание  $Cr_2O_3$  составляет 22.6%) [19]. Среднее содержание МПГ в хромититах Главного хромитового горизонта составляет 0.613 г/т. В.Г. Лазаренковым с соавторами [19] отмечается также сохранение отношений  $(Ru + Os + Ir + Rh)/(Pt + Pd)$ ,  $Pt/Pd$  и  $(Ru + Os)/(Ir + Ru)$  для отдельных зон Главного хромитового горизонта при преобладании рутения и осмия. В менее мощных пластах хромититов количество платины достигает 1.2, а палладия – 3.2 г/т [19].

Таблица 7. Содержание и извлечение МПГ при обогащении хромитовых руд Бураковского месторождения [24]

Продукт	Выход, %	Содержание, г/т Извлечение, %				
		Pt	Pd	Ru	Os	Au
Магнитная фракция	0.072	12.1	15.6	7.9	7.1	6.3
		44.0	22.4	3.8	4.2	7.5
Немагнитная фракция	0.811	0.49	3.2	1.6	1.0	4.3
		20.0	52.3	8.7	6.6	58.5
Гравитационный концентрат	0.883	1.43	4.22	2.1	1.5	4.5
		64.0	74.7	12.5	10.8	66.0
Хвосты стола	99.117	0.007	0.012	0.13	0.11	0.02
		36.0	25.3	87.5	89.2	34.0
Исходная проба	100.00	0.02	0.05	0.15	0.12	0.06

В хромититах платиновые минералы представлены в основном сульфидами (86%) серии лаурит-эрлихманит и интерметаллидами Pt с Fe, Cu, Ni ряда изоферроплатина-аваруит с зёрнами до 35 мкм. В сульфидах содержится 39.72–44.6% Ru, 12.97–22.42 Os и 2.15–5.09 Ir, иногда до 1.79 Pt и 2.19% Rh. Состав изоферроплатины, %: Pt – 83.87–89.47; Fe – 7.0; Rh – 1.9; Ir – 0–3.2; Ni – 0.8; Cu – 0.9–1.3. В аваруите присутствует 0.54% МПГ, в том числе 0.31% Ir.

Аганозерское (часть Бураковского массива) месторождение хромовых руд является самым крупным в России (8811 тыс. т, содержание  $Cr_2O_3$ , 22.65%) и полностью подготовлено к отработке. В.М. Изойтко [24] при использовании гравитационно-магнитной схемы с электроимпульсной дезинтеграцией из хромитовой ( $Cr_2O_3/Fe_{общ} = 1.6$ ) руды, содержащей (в г/т): Pt – 0.02; Pd – 0.05; Rh – 0.005; Ru – 0.15; Ir – 0.06; Os – 0.12; Au – 0.06 и Ag – 3, были получены магнитный и немагнитный концентраты, обогащенные платиной, палладием и золотом (табл. 7).

Приняв общее извлечение МПГ за 40% при общих ресурсах порядка 100–120 т, можно будет получить 30–40 т платиноидов. А ведь их стоимость намного перекроет расходы на реконструкцию перерабатывающего завода и сам добычный проект.

Пудожгорское и Койкаро-Святнаволокское золоторудно-платиносодержащие ванадий-титаномагнетитовые месторождения (ванадий-титаномагнетитового (золото)-платино-палладиевого минералого-геохимического типа) связаны с одноименными раннепротерозойскими (2050 ± 50 млн. лет) габбро-долеритовыми (трапповыми) интрузиями, расположенными в бортах Онежской впадины. Эти интрузии мощностью 120–150 м и протяженностью около 20 км относятся к ряду феррогаббро-долерит-феррогаббро-диорит и расслоены на габбровую и диоритовую зоны (табл. 8).

Параметры рудных тел и содержания в них МПГ и золота позволяют относить рассмотренные месторождения к категории крупных. В рудах установлены теллуриды палладия (котульскит, меренскит) с

**Таблица 8.** Содержание МПГ и золота в породах и рудах Пудожгорской и Койкаро-Святнаволоксской интрузий [24]

Интрузия	Зона	Горизонт	Количество анализов	Содержание, мг/т			
				Pt	Pd	Rh	Au
Пудожгорская	Габбровая	Подрудный Рудный	11	28.7	87.0	3.0	31.0
			11	112.0	447.0	2.0	117.0
	Диоритовая Закалки		18	3.0	12.0	Нет свед.	10.0
			7	25.0	77.0	–"–	24.0
	В целом по интрузии		47	27.9	88.4	–"–	34.0
Койкаро-Святнаволокская	Габбровая	Подрудный Рудный	10	13.0	45.0	2.0	20.0
			32	186.0	457.0	4.0	232.0
	Диоритовая Закалки		11	3.0	9.0	Нет свед.	11.0
			2	19.0	84.0	–"–	24.0
	В целом по интрузии		55	29.0	75.0	3.0	41.0

небольшой примесью висмута и электрум. Разработана технология извлечения платины, палладия и золота из комплексных ванадий-титаномагнетитовых руд. Она включает двухстадийное магнитное обогащение с выводом из потока отвалных хвостов. При флотации получен сульфидный концентрат, содержащий 23.9% Си при извлечении 70.5%. В медном концентрате с выходом 11.6% установлено содержание МПГ в количестве 38.7 г/т (в исходной руде – 0.8 г/т), золота –19.3 (0.17) г/т и серебра 77 (0.4) г/т. Исследованиями ПГО “Севзапгеология” из хвостов магнитной сепарации (сульфидного концентрата) извлечение платины составило 74.7%, палладия – 77.8%, а золота – 72.3% [24].

Благоприятные физико-географическое положение и горно-технические условия обработки описанных объектов, крупные ресурсы благородных металлов и положительные данные технологии их извлечения, комплексность руд (Pt, Pd, Au, Fe, Ti, V) дают полное основание рекомендовать обработку указанных объектов и поиски новых, связанных с подобными, широко развитыми здесь интрузиями. Не исключено, что детальное изучение последних приведет к открытию и новых типов руд: верхнеталнахского и норильско-талнахского.

**Ковдорское** платиносодержащее карбонатит-фоскоритовое (апатит-магнетитовое) месторождение связано с ийолит-карбонатитовым массивом, сложенным оливинит-мелилитовыми породами, мельтейгитами, ийолит-фоскоритами и карбонатитами [23], и расположено в его западной части. Платиноидно-сульфидно-вкрапленные руды в карбонатитах и связанных с ними фоскоритах Ковдорского массива (платиноидный апатит-магнетитовый минералого-геохимический тип) являются аналогами месторождения Палабора в ЮАР.

В.В. Иванниковым, Н.И. Красновой и др. [23] в сульфидсодержащих кальцит-тетраферрифлогопит-магнетитовых (редкометалльных) и доломит-магнетитовых фоскоритах определено до 1.775 г/т палладия, 0.045 г/т золота и 16 г/т серебра (атомно-абсорбционный анализ ЦНИГРИ).

Разработка технологии получения платиновых металлов, золота и серебра из сульфидного продук-

та не может вызвать проблем. Тем более, что вполне возможно использование существующих технологий на комбинатах Норильском и “Печенганикель”. В последнем случае это значительно увеличит объемы получения платиновых металлов на Кольском полуострове.

Магнитная сепарация комплексных руд Ковдорского месторождения приводит к получению магнетитового, а флотация – апатитового концентрата, в дальнейшем гравитационная сепарация обеспечивает получение черного бадделеитового концентрата. Складируемый сульфидный продукт выделяется при доводке последнего [23]. Он, по Н.С. Рудашевскому с соавторами [23] содержит, г/т: Pt – 0.22; Pd – 0.22; Rh – 0.04; Ir – менее 0.012; Ru – 0.005 (анализы АО “Механобр-Аналит”). Н.С. Рудашевским и др. [23] в концентрате из сульфидного продукта идентифицированы изоферроплатина, платина самородная, куперит, брэггит, сперрилит, мончит, рустенбургит, мертиит-I, мертиит-II, атоцит, изомертиит, соболевскит, арсенопалладинит, звягинцевит, плюмбопалладинит и неназванная фаза  $(Pd_{1.86}Ag_{0.18})_{2.04}(Te_{0.56}Pb_{0.16}Sb_{0.13}Sn_{0.11})_{0.96}$ , а также самородное золото, электрум, гессит и аргентопентландит с размером зерен до 175 мкм.

Учитывая широкую распространенность в регионе подобных интрузий и первые положительные результаты по некоторым из них (массив Себлявр – до 5–7 г/т МПГ в халькопиритовом концентрате из кальцит-доломитовых карбонатитов и др.), необходимо провести специальные работы по оценке платиноносности ийолит-карбонатитовых массивов.

В последние годы в углеродистых комплексах Карелии [22–24] выявлена серия потенциальных платиносодержащих полиметалльных (платиноидный углеродистый минералого-геохимический тип) и золоторудных месторождений (Падминское, Царевское, Шульгиновское, Нижне-Унижское и др.), относимых к онежскому типу с собственно онежским и унижским подтипами. Платиноидно-полиметалльные месторождения (Средняя Падма, Шульгиновское и др.) *онежского подтипа* кон-

тролируют зоны СРД и узлы их пересечения с субмеридиональными и северо-восточными разломами. Ширина рудоносных интервалов Тамбицкой, Святухинско-Космозерской и Уницкой зон составляет до 600 м, а их протяженность – до 2.5 км. В каждом из этих интервалов зафиксировано несколько рудных залежей, имеющих сигаро-, шнурообразную форму, выделяются также штокверкообразные тела, прослеживающиеся до глубин 500–600 м и более.

Рудные залежи расположены обычно в центральных (“осевых”) частях зон СРД – в крутопадающих антиклинальных складках, как правило, на их крыльях, осложненных продольными взбросами. Обычно оруденение размещается на контакте карбонатных пород туломозерской свиты и углеродсодержащих алевролитов заонежской свиты. Максимально платиноносные рудные тела приурочены к контакту алевролитов и высокоуглеродистых глинисто-карбонатных сланцев заонежской свиты. Обязательное присутствие оруденения в алюмосиликатных породах – своеобразный поисковый признак.

Оруденение располагается зонально. Во внешних частях метасоматических зон, выходящих за границы зон СРД, развиты медно-молибденовые руды, локализованные в альбититах с доломитом, флогопитом, рибекитом и иногда акмитом. Карбонатно-роскоэлит-хромфенгитовые (карбонатно-сланцевые) метасоматиты занимают промежуточную зону, а внутреннюю – хромфенгит-роскоэлитовые метасоматиты (сланцы) – комплексные ванадиевые руды. Они и представляют комплексную ванадиевую руду. В слюдитах внутренней зоны и, намного реже – в промежуточной зоне широко развиты кварц-карбонатные жилы и прожилки, несущие платиноиды, золото, серебро, а также уран. В них заключено свыше 70%, а в слюдитах и карбонатно-сланцевых метасоматитах – лишь 30% платиноидов [22].

Преобладают массивные, прожилково- и гнездово-вкрапленные руды полиминерального состава. Основную роль играют ванадиевые (роскоэлит) и хромовые (хромфенгит) слюды совместно с ванадиевым (акмит) и хромовым (хромэгириин) эгиринами и с хромдравитом. Минеральные формы урана – настуран, коффинит, браннерит, карнотит, тьюмунит и болтвудит. Селениды свинца, меди и висмута (клаусталит, платинит, парагуанахуатит), сульфиды и оксиды железа, меди, свинца, цинка, молибдена, ванадия (карелианит, кызылкумит, ванадиевый гематит и др.), хрома (эсколаит), а также самородные медь, железо, золото и другие рудные минералы установлены в кварц-карбонатных прожилках, в слюдитах и карбонатно-сланцевых метасоматитах. Можно условно выделить три типа соединений палладия и висмута: интерметаллический, сульфоселенидный и селеносульфидный [22]. В первом преобладают по-

лярит и фрудит, во втором – сульфоселениды и селеносульфиды сложного состава, тяготеющие обычно к краевым частям зерен селенида свинца (клаусталита). В рудах этих типов содержатся также свинец, медь, серебро, железо (до 4%) и платина (до 0.3%). В гнездах и прожилках битумоидов пиронафтоидного ряда отмечаются платина и родий.

Возраст образования настуранов, селенидов свинца и висмута составляет 1770–1730 млн. лет, а время преобразования и переотложения соответственно 1100–900 и 280–270 млн. лет. Возраст галенитов из платиноносных кварц-сульфидно-карбонатных пород по Pb-Pb методу составляет  $260 \pm 50$  млн. лет. Уран-свинцовая изохрона, полученная в ВИМСе для гидротермальных метасоматитов с палладием, платиной и золотом, подтверждает их палеозойский возраст –  $270 \pm 30$  млн. лет. Таким образом, существуют безусловные доказательства проявления процессов палеозойской активизации в формировании платиносодержащих полиметалльных месторождений Онежской впадины. В качестве источников ванадия, благородных металлов, урана и ряда других полезных компонентов рассматриваются вулканогенно-осадочные породы нижнего протерозоя и верхнего архея, а также глубинные очаги корового и мантийного происхождения, проявившиеся в свекофеннскую и палеозойскую эпохи активизации.

Количество  $V_2O_5$  варьирует от 1.5 до 10%, составляя в среднем 2.7%, а палладия – от 0.5 до 400 г/т (на мощность 0.5–0.7 м), платины – 0.05–30 г/т (на мощность 0.3–0.5 м); Pt/Pd = 5. Выявлены также иридий (от 0.005 до 1 г/т) и родий (до 0.6 г/т), а в отдельных пробах – осмий (до 0.2 г/т). Концентрация золота составляет от 0.01 до 2 г/т, достигая в отдельных случаях 250 г/т (на мощность 0.3–0.5 м), а серебра – от 5 г/т до 1500 г/т (на мощность 0.6 м). Уран присутствует в концентрациях от 0.008 до 0.5%. Медно-молибденовые руды в среднем содержат (%): медь – 0.9, молибден – 0.05, цинк – 1.6, свинец – 2.

Итак, платинодно-полиметалльные руды онежского подтипа являются полиминеральными (до 90 минералов) и многокомпонентными (~60, в том числе 20 в содержаниях, близких к промышленным). Для месторождений онежского подтипа, конкретно для месторождения Падма, разработана комплексная гидрометаллургическая технология извлечения урана, ванадия и благородных металлов. Ванадий извлекается из исходной руды на уровне 68%, получается сульфидный продукт, из него извлекается до 90% всех платиновых металлов, золота и серебра.

В *уницкий подтип* платиноносных углеродсодержащих толщ включены [23, 24] рудопроявления МПГ, залегающие в шунгитоносных отложениях средней подсвиты заонежской свиты, локализованных в периферических частях Онежской проторифтогенной впадины.

А.В. Савицкий [24] в составе уницкого подтипа выделил три минеральных типа руд: интерметаллический-глобулярный (Нижне-Уницкое рудопроявление), пирит-антраксолитовый и пирит-оксидеритовый с МПГ и Au – “конкрециевидный” (Толвуйское) и кальцит-сульфидно-битумоидный с МПГ и Au – “прожилковый” (Пургинское рудопроявление).

Рудные залежи представляют собой шунгитовые и шунгитистые сланцы, характеризующиеся средними содержаниями платиновых металлов, равными 1.8–2.8 г/т (Pt/Pd = 3–7; Ir – 0.02–0.04 г/т), и золота – до 1 г/т. Каждое рудопроявление состоит из двух-трех пластов общей мощностью от 3.5 до 18 м. В них содержатся слои мощностью 2–25 см (до 35 см), обогащенные Pd до 9.5 г/т, Pt – до 2, Ir – до 0.26, Au – до 5.5, Ag – до 50 г/т, а также Cu (0.08%), Ni (0.3), Zn (0.2), V (0.1), U (0.03%), Bi и Mo. Протяженность рудных тел – 3–5 км, а по общегеологическим данным – до 30 км, мощность 8–10 м (до 35 м). Они зафиксированы в буровых скважинах в интервале глубин 20–150 м, иногда выходят на поверхность. Линзы конкреционных (до 20%) черных сланцев, фиксируемые на выклинивании крупных залежей шунгитов, содержат до 24.5 г/т палладия и 3.8 г/т платины. Протяженность таких линз от 100 до 700 м, мощность – 10–15 см (до 5 м), они прослеживаются до глубины 100 м.

В рудных телах выявлены самородные минералы, твердые растворы и интерметаллиды Au, Ag, Pd и Cu с размером зерен от 20 × 30 мкм до 110 × 160 мкм. Размеры мономинеральных обособлений самородного палладия не превышают 2 мкм. Платина (до 3.6 г/т) и палладий (до 1.8 г/т) содержатся в пирите и халькопирите. В конкрециевидных пирит-антраксолитовых выделениях в битумах, непосредственно окаймляющих пирит, установлены самородное палладистое золото и палладий, а также клаусталит, в краевых частях зерен которого обнаружен висмутид палладия. В платиноносных кальцит-битумных прожилках (содержание МПГ > 1.5 г/т) в самом углеродистом веществе отмечены интерметаллические соединения Au, Ag, Pd и Bi, состав которых еще предстоит изучить. Битумоиды концентрируют иридий (1.2–2.0 г/т), родий (0.6–1.0 г/т), осмий, платину (3–7 г/т), палладий (0.02–0.03 г/т). Аналогичные содержания платиноидов определены в битумоидах из битумоидно-сульфидно-карбонатных прожилков среди пегматитов Волыни и Корсунь-Новомиргородского плутона. Связь с шунгитом и антраксолитом в платиноносных прожилках преимущественно палладия, а со сложными битумоидами – родия, иридия и платины, скорее всего, по мнению А.В. Савицкого, свидетельствует о существовании нескольких источников МПГ стратиформного золото-платиносодержащего оруденения в углеродсодержащих породах Прионежского района. **Для него характерна тесная связь**

**платиноидов, золота и серебра с битумами, прежде всего “нефтяного ряда”, прямая корреляция между содержаниями этих металлов и  $C_{св}$  не устанавливается** [24].

Детальное изучение материалов позволило А.В. Савицкому [24] обосновать полигенную и полихронную осадочно-флюидно-магматическую модель становления рудных объектов уницкого подтипа, охватывающую период не менее 600 млн. лет. По его данным, общие прогнозные ресурсы оруденения уницкого подтипа по категориям P1+P2+P3 составляют: МПГ – 550 т, золото – 200 т. Вместе с комплексным оруденением онежского подтипа ресурсы МПГ оцениваются в 650 т, а золота в 250 т.

По нашему мнению, стратиформные золото-платинометалльные руды уницкого подтипа находятся на самом начальном этапе изучения и проведение их дальнейших исследований представляется совершенно необходимым. При успешном проведении этих работ приведенные А.В. Савицким цифры будут увеличены в 2–3 раза – до 1800 т МПГ. Однако рассмотренные им стратиформные залежи могут оказаться и узколокальными, в этом случае прогнозные ресурсы составят несколько сотен тонн. Во всяком случае, повторим еще раз: **выполнение ревизионных прогнозно-поисковых работ в Онежском районе на стратиформное золото-платинометалльное оруденение – задача первостепенной важности** [10].

В линзах сплошных пирротин-халькопирит-пиритовых залежей, приуроченных к лежащему боку железных руд, в сульфидизированных милонитах Костомукшинского месторождения, а также Оленегорской группы железорудных объектов количество платины (0.05–0.08 г/т) и палладия (до 0.3 г/т) коррелируется с концентрацией золота (0.2–0.3 г/т и иногда до 12 г/т).

Приведенные материалы дают веские основания утверждать, что Карело-Кольская (Северо-Западная) база платинодобычи может быть значительно расширена и превращена в мощный очаг платинодобывающей (с Cu, Co, Ni, Cr, V, Ti, Au и Ag) промышленности за счет малосульфидных платинометалльных, платиноидно-хромитовых, платиноидно-медно-никелевых, платиноидно-ванадий-титаномагнетитовых руд Балтийского плутона, уран-благороднометалльно-ванадиевых, платиноидно-полиметалльных (преимущественно золотосодержащих) руд в черносланцевых толщах Онежского района. Потенциал МПГ региона (>5000 т) может возрасти при установлении платиноносности апатит-нефелиновых и апатит-магнетитовых руд ийолит-карбонатитовых массивов Балтийского щита. Создание в Карело-Кольском регионе нашей страны фактически новой, сравнительно экологически чистой, минерально-сырьевой базы платинодобычи может существенно изменить негативную ситуацию

**Таблица 9.** Технология прогнозирования и поисков малосульфидных платинометалльных месторождений крупных расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов (Карело-Кольский регион)

1. Региональное геологическое изучение Кольской и Карельской платиноносных провинций с выделением потенциально платиноносных рудно-магматических узлов и оценкой прогнозных ресурсов по категории Р3	=>	2. Специализированное на МПГ изучение районов развития расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов с выделением крупных потенциально платиноносных массивов, определением их морфологии, строения и прогнозных ресурсов по категориям Р3-Р2	=>	3. Специализированные поиски месторождений МПГ в пределах выделенных перспективных участков, оценка прогнозных ресурсов по категории Р1 и промышленных ресурсов по категории С2
Рациональное комплексирование видов и методов работ по этапам				
<u>Комплексные аэрогеофизические исследования масштаба 1 : 500 000</u> Комплексные геохимические исследования масштабов 1 : 1 000 000–1 : 500 000 с определением элементов индикаторов Pt-оруденения Опорные глубинные геофизические профили (СР МОГТ (24–48), ЭР МТЗ-АМТЗ) Прогнозно-геодинамическое картирование		<u>Аэрогеофизические исследования масштабов 1 : 500 000–1 : 200 000</u> Электроразведка МТЗ-АМТЗ, ЛОЭЗ и др. на опорных профилях Комплексные геохимические исследования по опорным профилям и площадям масштаба 1 : 200 000 по потокам рассеяния Специализированные геолого-геохимические исследования масштаба 1 : 25 000 в пределах мафит-ультрамафитовых массивов Бурение структурно-поисковых и поисково-картировочных скважин на опорных профилях Скважинные геофизические, петрофизические и геохимические исследования Минералого-технологические исследования Физико-геологическое и прогнозно-геодинамическое моделирование		<u>Комплексные геофизические исследования масштабов 1 : 2 000–1 : 1 000</u> Специализированные геолого-геохимические исследования масштабов 1 : 10 000–1 : 2 000 Тотальная сейсморазведка для получения стереосейсмических моделей Бурение поисковых скважин по профилям через 100–200 м Скважинная геофизика (КМВ, КС, ВП, ГК, ГГКП) Специализированные геолого-геохимические, петрофизические, петролого-минералогические исследования скважин Изучение вещественного состава и технологических свойств выявленного оруденения Комплексное физико-геологическое моделирование Технико-экономическое обоснование разведки
Результаты:				
∥ ∨		∥ ∨		∥ ∨
Платиноносные районы и узлы		Платиноносные массивы и перспективные горизонты и участки		Месторождения малосульфидных платинометалльных руд

с обеспечением сырьем действующих горнометаллургических предприятий Северо-Западного региона России и экологической безопасностью нашей страны, Швеции, Норвегии, Финляндии и других приполярных государств.

Для создания на Северо-Западе России минерально-сырьевой базы платинодобычи в ближайшие 5–7 лет необходимо выполнить:

– разведку с попутной добычей и переделом на комбинатах “Печенганикель”, “Североникель” и заводе “Красцветмет” малосульфидных платинометалльных руд верхнего и нижнего расслоенных горизонтов Федорово-Панского массива;

– геолого-геохимико-минерагеническое доизучение с поисками и общей оценкой ресурсов по категориям Р1 и Р2 малосульфидных платинометалльных руд всего Федорово-Панского массива с частичным переводом ресурсов в активные запасы и оконтуриванием конкретных промышленных объектов, а также выделение участков с минималь-

ными отношениями палладия к платине (это, также как и первый пункт, активно выполняется АО “Пана” и ГИ Кольского НЦ РАН под руководством академика Ф.П. Митрофанова);

– аналогичные работы по оценке и переоценке ресурсов платиносодержащих хромитовых и платиносодержащих ванадиево-титаномагнетитовых руд Имандровского, сульфидных платиноидно-медно-никелевых, малосульфидных платинометалльных и платиносодержащих хромитовых руд Мончегорского плутонов с проведением специализированных научно-исследовательских работ и разноплановых технологических испытаний;

– разведку с переоценкой ресурсов и запасов благородных металлов платиносодержащих полиметалльных и золоторудных месторождений в углеродистых комплексах Онежского района;

– разномасштабное геолого-геофизическое и геохимическое доизучение Бураковского, Пудожгорского, Койкаро-Святнаволоцкого и ряда других

объектов Карело-Кольского региона с поисками и частичной разведкой платиносодержащих руд;

- переопробование пород всех ийолит-карбонатитовых массивов и имеющихся промпродуктов на платиновые металлы;

- создание геолого-экономических и металлогенетических моделей расслоенных и концентрически-зональных массивов и обоснование на долгосрочную перспективу направлений геологоразведочных и научно-исследовательских работ;

- разработку комплексных технолого-экономических обоснований по освоению платинометаллических руд Федорово-Панского и комплексных руд Пудожгорского, Койкаро-Святнаволоцкого, Мончегорского, Бураковского и других массивов, а также платиносодержащих месторождений в углеродистых сланцах Онежского района.

Ориентировочно для достаточно надежной оценки ресурсов МПП и других металлов в массивах Печенго-Имандро-Варзугской и Южно-Карельской ветвей Балтийского плутона можно наметить следующие виды и объемы работ:

- геолого-геохимико-минерагеническое доизучение в масштабе 1 : 100 000 (~6000 км<sup>2</sup>) с детализацией в масштабе 1 : 25 000 (~1800 км<sup>2</sup>) для отдельных интрузий и их частей;

- высокоточную аэромагнитную съемку масштаба 1 : 10 000–1800 км<sup>2</sup>;

- профильные комплексные геолого-геофизические и геохимические работы, геологическое обследование аномалий – 1200 км;

- специализированные электроразведочные (100 км<sup>2</sup>) и магниторазведочные (300 км<sup>2</sup>) работы и платиногеохимические поиски (300 км<sup>2</sup>) масштабов 1 : 5 000–1 : 1 000;

- профильную сейсморазведку МОГТ (24–48);

- электроразведку МТЗ-АМТЗ в комплексе с магниторазведкой, гравиразведкой и специализированной геохимией – 750 км;

- горные работы – 2000 м<sup>3</sup>;

- бурение структурно-поисковых, поисково-картировочных и разведочных скважин – 20–30 тыс. м;

- тематические и научные исследования по изучению закономерностей размещения, вещественного состава и технологических свойств платиноидных руд вышеназванных массивов с завершением разработки технологии оконтуривания платиноносных горизонтов (табл. 9).

Намеченный комплекс работ может привести к приросту запасов и обоснованию ресурсов категорий Р1 и Р2 в количестве 30–40% от норильских.

### **Курско-Воронежский регион (Центральная Россия)**

До проведения работ по Программе по платиноносности региона практически ничего не было известно, кроме того, что в медно-никелевых место-

рождениях еланского и мамонского типов содержится небольшое количество МПП [13, 27]. В настоящее время установлено следующее.

1. Курско-Воронежский регион является одной из наиболее потенциально промышленно значимых платиноносных частей Восточно-Европейского пояса, в которой платиноидный рудогенез проявился в различных геологических структурах на протяжении более 2 млрд. лет – от раннего архея до раннего протерозоя (рис. 5):

Раннепротерозойский рудогенез глубинных разломов–внутриконтинентального рифтогенеза: смородинско-новогольская малосульфидная платинометаллическая и сульфидная платиноидно-медно-никелевая трапповая формация → раннепротерозойские зоны рассеянного спрединга и субдукции: еланская платиносодержащая сульфидная медистоникелевая субвулканическая ортопироксенит-норит-диоритовая и мамонская сульфидная платиноидно-медно-никелевая дунит-перидотит-габброноритовая формации → раннепротерозойская реактивизированного рифтогенеза: тимская золото-платиноидная и кшенская платиноидно-золоторудная формация высокоуглеродистых сланцев и их метасоматитов → позднеархейская зона зеленокаменных поясов в связи с энсиалическим рифтогенезом: курско-белгородская золото-палладийсодержащая формация железистых кварцитов → раннеархейская нуклеократонная обоянская золото-платиносодержащая углеродистая и бесединская сульфидная платиносодержащая медно-никелевая перидотит-пироксенит-габбронорит-анортозитовая формации.

2. Приуроченность наиболее платиноносных значимых углеродистых толщ тимской свиты к интракратонным грабен-синклиналям типа Тим-Ястребовской.

3. Широкое развитие в составе тимской свиты высокоуглеродистых ( $C_{орг} > 10\%$ , до 80%) сланцев, обогащенных сульфидами. Наиболее продуктивным разностям присущи низкая карбонатность, повышенные содержания  $K_2O$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $S_{общ}$ , Ni, Zn, Cu, Ba, B.

4. Для важнейшей платиноидно-продуктивной тимской углеродистой толщи характерны: а) зеленосланцевая фация метаморфизма; б) интрузии габбро и диоритов; в) субвулканические и дайковые тела диоритовых порфиритов, фельзитов, лампрофиров и т.д.

5. Многоуровневый (до 7 уровней) характер распределения золото-платиноидного оруденения с мощностью горизонтов от 0.2 м до 32.5 м при нахождении основной массы МПП и Au в тонкораспыленном (<0.06 мм, табл. 10) сульфидно-углеродистом веществе и образовании ими различных форм концентрирования: собственных минеральных фаз (золото, палладий, платина, осмий, палладий платиносодержащий, платина железоз-

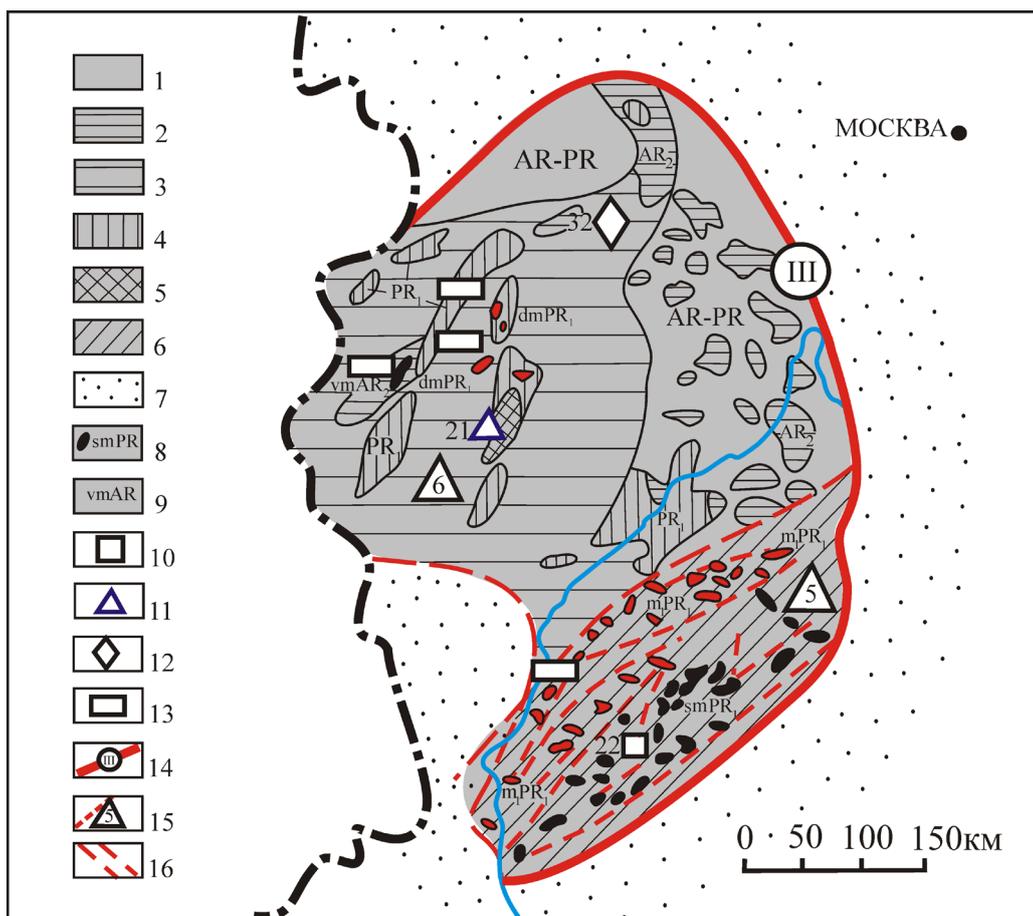


Рис. 5. Карта платиноносности Центральной России (Курско-Воронежский регион) [15, 24].

1–7 – типы структурно-формационных комплексов: 1 – нерасчлененных метаморфитов, 2, 3 – зеленокаменных и гранит-зеленокаменных поясов: 2 – реликтов, 3 – широкого развития, 4, 5 – интрузивно-вулканогенных прогибов, в том числе: 5 – с широким распространением черных сланцев (тимской тип), 6 – метаосадочных прогибов, 7 – чехла Русской платформ; 8, 9 – платиноносные интрузивные формации: 8 – ортопироксенит-норит-диоритовая (еланский тип), 9 – коматитовая (австралийский тип), 10–12 – месторождения платиноносных рудных формаций: 10 – МПГ-Cu-Ni, 11 – платино-содержащей полиметалльной, 12 – платиносодержащей железорудной техногенной; (номера около знаков месторождений: 21 – Тимское, 22 – Еланское); 13 – платинопроявления; 14 – платинOMETалльная Воронежская провинция; 15 – платиноносные области (цифры в знаке: 5 – Воронцовская, 6 – Курско-Воронежская); 16 – зоны, контролирующие размещение интрузий

содержащая, золото-платина-палладий, осмистый иридий, платиридосмин, рутениридосмин, золото-ртуть-, теллур-, серебросодержащее, амальгама золота и серебра, аркверит, станнид палладия, платина-палладий, золото-серебро-олово, серебро-платино-палладийсодержащий пентландит, рений-платино-золотосодержащий молибденит, сперрилит, ирарсит, селенид палладия и платины, тестибиопалладинит, всего 21 фаза), палладийсодержащих и платиносодержащих пирита (до 0.03 мас. % Pd), пирротина (до 0.13% Pd), халькопирита (до 0.60% Pt и 0.08% Pd), галенита (до 0.15% Pt, 0.1% Au), алабандина (до 0.13% Pt, 0.10% Pd, 0.10% Au), пентландита (до 0.07% Pt, 0.04% Pd, 0.13% Au), молибденита (до 0.19% Pd, 0.07% Au), герсдорфита (до 0.22% Pt, до 0.31% Au, до 0.02% Pd), кобальтина (до 0.03% Pd), ульманнита (до 0.17% Pt, до 0.11% Au, до 0.08% Pd), теллурависмутита (до 0.95% Pt,

0.35% Au, 0.08% Pd), металлоорганических соединений в форме фуллеренов-нанотрубок с Au-Pd-Hg-Au оруденением в парагенетической связи со сложными титанитами Ba, Ca, Bi, оксидами и фосфатами редких земель [32, 36, 37, 39].

В становлении месторождений тимского типа важную роль играли экзогенные (осадочно-хемогенные), флюидно-магматогенные и метаморфогенные источники.

6. Впервые выявлена платиноносность (до 0.25 г/т платины и 0.8 г/т палладия) золотосодержащих (до 8 г/т) железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА. Благородные металлы содержатся как в самих железистых кварцитах, в большей мере в краснополосчатых железно-сланцевых (гематитовых) их разновидностях, так и в широко развитых среди железорудных толщ золото-платиносодержащих кварцевых,

**Таблица 10.** Содержание МПГ и Au в различных фракциях углеродистых сланцев Тим-Ястребовской структуры, г/т

Место отбора пробы	Фракция пробы, мм	Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Os	Au
Скв. 4011, гл. 468.1–468.6 м	0.074	0.07	0.18	0.005	<0.007	0.004	<0.005	0.08
	0.12–0.06	0.13	0.40	0.010	<0.010	0.006	<0.010	0.09
	<0.06	0.27	0.94	0.018	<0.014	0.008	<0.010	0.33
	>0.50	0.06	0.18	0.004	<0.006	0.002	–	0.11
Скв. 4011, гл. 383.3–384.3 м	0.074	0.12	0.61	0.007	<0.007	0.005	<0.005	0.06
	0.12–0.06	0.32	2.20	0.032	<0.010	0.021	<0.010	0.24
	<0.06	0.84	3.20	0.038	<0.020	0.016	<0.010	0.23
Скв. 4014, гл. 338.5–340.0 м	0.074	0.100	0.210	0.005	<0.007	0.004	<0.005	0.08
	0.12–0.06	0.15	0.45	0.016	<0.010	0.012	<0.001	0.12
	<0.06	0.45	2.00	0.058	<0.012	0.037	<0.010	0.27
	>0.50	0.07	0.14	0.004	<0.005	0.002	–	0.11
Скв. 4014, гл. 353.7–354.7 м	0.074	0.08	0.38	0.005	<0.006	0.004	<0.005	0.09
	0.12–0.06	0.22	1.80	0.027	<0.010	0.015	<0.010	0.19
	<0.06	0.41	5.40	0.047	<0.010	0.028	<0.010	0.41
Скв. 4014, гл. 406.0–407.0 м	0.074	0.08	0.22	0.005	<0.006	0.003	<0.005	0.08
	0.12–0.06	0.12	0.47	0.010	<0.020	0.006	<0.010	0.10
	<0.06	0.24	1.51	0.027	<0.030	<0.007	<0.010	0.13
	>0.50	0.13	0.31	0.004	<0.008	=0.002	–	0.11

Примечание. Пределы обнаружения зависели от величины навесок проб, полученных при ситовом фракционировании и последующем анализе.

кварц-сульфидных зонах минерализации, в пирит-пирротиновых залежах и метасоматитах на контакте железистых кварцитов и сланцев.

Отрабатываемые карьерами и шахтами железные руды пяти месторождений в двух рудных районах (Михайловское, Лебединское, Стойленское, Стойло-Лебединское, Коробковское) перерабатываются тремя ГОКами с формированием в процессе обогащения огромной массы хвостоотвалов, в которых концентрируются значительные ресурсы благородных металлов [36], при этом наиболее высокими содержаниями золота и платиноидов характеризуются железные руды и их техногенные продукты Михайловского месторождения. Рассматриваемое месторождение расположено в Курской области и приурочено к западному борту Михайловской структуры, к участку ее флексуобразного изгиба, осложненному продольными и поперечными разломами, а также дополнительной складчатостью.

7. Из гравитационного концентрата, содержащего 10 г/т Au, 6.5 г/т Pt и 3.3 г/т Pd, полученного при обогащении железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА, впервые выделены и идентифицированы самостоятельные минералы платиновых металлов [38]: сперрилит, рутениридосмин, самородный осмий, платиносодержащий рутениридосмин, платосмиридий. Установленное в процессе исследований обогащение пирита из кварцевой жилы селеном может свидетельствовать о высокой вероятности обнаружения в пределах “палладиевого” уступа Михайловского карьера селенидов палладия, палладинита (оксида палладия) и порпечита (палладистого золота – PdAu).

Полученные результаты позволяют достаточно уверенно сделать вывод, что в европейской ча-

сти Центральной России, в Курско-Воронежском регионе может быть создана самостоятельная минерально-сырьевая база платинодобычи с попутным золотом. Ее главными составляющими должны стать золото-платиносодержащие проявления в черных сланцах и их метасоматитах тимского типа, а также железистые кварциты и их хвостоотвалы. В последующем не должны остаться без внимания сульфидные платиноидно-медно-никелевые месторождения мамонского и еланского типов и малосульфидные платинометалльные руды в крупных дифференцированных плутонах мамонского комплекса.

Развитие в пределах Курско-Воронежского региона аналогичных Тим-Ястребовской зоне структур размером до 11 × 30 км, масштабный (до 2000 м по разрезу) размах золото-платиноидного оруденения, высокие значения (до 3000 т) потенциальных ресурсов МПГ и золота, хорошие результаты обогащенности руд (8–20-кратное концентрирование МПГ в сульфидно-графитистой фракции), возможности отработки карьерами и шахтами в процессе добычи нижележащих золото-платиносодержащих железных руд определяют высокую перспективность рассматриваемого региона.

Особое значение в качестве источника благородных металлов могут иметь пока еще недостаточно изученные с позиций платиноносности железистые кварциты и огромные по площади и объему хранилища хвостов уже длительно эксплуатируемых железорудных месторождений КМА. При этом развитая инфраструктура Курского железорудного района значительно повышает промышленную значимость находящихся здесь крупных золото-платинометалльных объектов в углеродистых сланцах и железистых кварцитах.

В пределах Курско-Воронежского района предлагается выполнить следующие виды работ:

- разномасштабное геолого-геофизическое, геолого-минералогическое и геохимическое доизучение Тим-Ястребовской зоны с оконтуриванием горизонтов платиноносных черных сланцев, оценкой их ресурсов по категориям Р2-Р3 и созданием оптимальной технологии проведения таких работ;

- поиски и оценку по разработанной технологии прогнозирования платиноносных черносланцевых горизонтов в пределах структур, аналогичных Тим-Ястребовской зоне;

- разноплановые научно-технологические исследования по установлению закономерностей размещения, вещественного состава и технологических свойств золото-платиносодержащих руд в железистых кварцитах, черных сланцах и их метасоматитах с завершением обоснования методологии прослеживания и оконтуривания наиболее продуктивных платиноносных горизонтов;

- разработку ТЭО освоения золото-платиносодержащих руд КМА и их хвостоотвалов, а также аналогичных проявлений в углеродсодержащих комплексах тимского типа и сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений еланского и мамонского типов.

### Уральский регион

Уральский регион является пионером платинодобывающей промышленности России. Несмотря на это, он изучен неравномерно, а местами вообще не исследован. Тем не менее, все основные промышленные типы платинометалльного оруденения его практически определены. Более того, в регионе открыты новые геолого-генетические типы месторождений МПГ [10, 17]. Определен также металлогенический потенциал региона.

Обнаруженные в конце XIX века месторождения коренной платины нижнетагильского (соловьевогорского) типа детально изучались. При этом впервые выявлено, что количественные содержания суммы МПГ связаны с железистостью дунита и находятся в обратной зависимости от содержания хрома в них. Протяженность одной из зон в Александровском карьере составляет 280–300 м, она содержит крупную платину (железо-платиновые твердые растворы, обогащенные медью и никелем, тетраферроплатина, реже, в сростках с ней, – малоиридная тетраферроплатина). В первой отмечаются вросстки иридосмина, самородного осмия и лаурита. Количество МПГ в зонах составляет 2–10 г/т (иногда содержание Pt достигает 20–50 г/т). По целому ряду параметров нижнетагильский тип аналогичен знаменитому Бушвельду. Ряд проявлений этого типа установлен на Полярном и Приполярном Урале, достигая массивов Рай-Из и Сыум-Кеу (рис. 6). Металлоге-

нический потенциал коренной платины нижнетагильского типа составляет 19000 т, а россыпной – 1300 т.

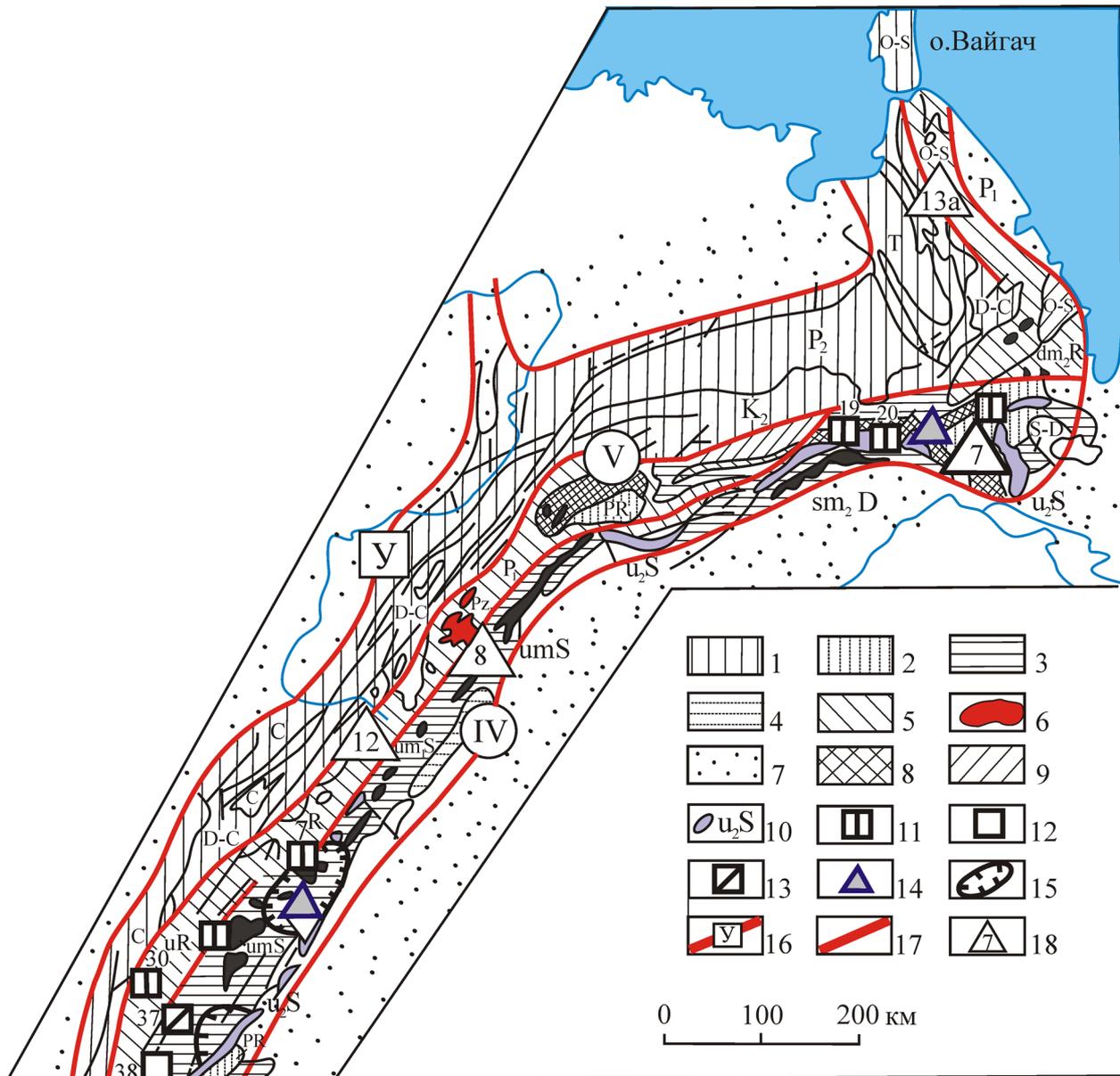
Вторая группа месторождений и рудопроявлений МПГ связана с альпинотипными дунит-гарцбургитовыми комплексами Урала и включает **кракинский Ir-Os-Ru**, **кемпирсайский Ru-Ir-Os** (содержание МПГ до 4.5 г/т), **верхнейвинский (нуралинский) Pt-Ir-Ru-Os** и **шандашинский Pt-Pd (с Ag и Au)** типы. Металлогенический потенциал осмистого иридия в коренных рудах названных типов достигает 2500–3000 т.

Открытый недавно [17] баронский тип мало-сульфидных месторождений золото-платино-палладиевых руд образуется в апатитовых оливинитах среди плагиоклазсодержащих оливиновых клинопироксенитов и сопровождается непромышленной титаномагнетитовой минерализацией. Количество Pd в рудах достигает 10 г/т (в среднем 4–5 г/т), Au – 0.3–0.7 г/т. Устанавливается **меренский** (никелевый, медисто-никелевый и никелево-медистый), медистый котульскит и золото висмут-палладийсодержащее. Общий металлогенический потенциал МПГ руд баронского типа составляет 5000 т [17].

В шельфовой зоне и на континентальном склоне Западного Урала в последнее время в Сурьинско-Промысловской ордовикско-силурийской и Ашкинской рифейско-вендской зонах в углеродсодержащих толщах обнаружены золото-платино-палладиевые (в сумме до 10–12 г/т) проявления **сухоложского типа**. Металлогенический потенциал МПГ в рудах превышает 4500 т. Таким образом, общий металлогенический потенциал в собственно платинометалльных проявлениях Уральского региона составляет 35.8 тыс. т [17].

Предполагается выявление месторождений типов: рифов Меренского и UG-2 в пределах Сарановского, Кусинско-Копанского, Сыум-Кеуского массивов.

В золоте из руд Гайского месторождения (медно-свинцово-цинковый подтип сульфидного типа) В.М. Изойтко обнаружено 10.1–21.7 г/т платины и 43.4–44.9 г/т палладия, в борните из халькопирит-борнитовых руд установлено 0.37 г/т платины и 0.02 г/т палладия, т.е. платина и палладий входят, скорее всего, в руды в виде твердого раствора **Au-Pt-Pd-Ag**; **отношение платины к палладию 2:1**, а общее содержание МПГ пропорционально степени метаморфизма руд и понижается при снижении пробности золота. Весьма значительные объемы руд Гайского месторождения могут обусловить в нем крупные ресурсы МПГ. Все дело – и нелегкое – в разработке технологии извлечения, что вполне реально, учитывая опыт биовыщелачивания руд месторождения Олимпиада (!). Это дает нам основание выделить новый Гайский платиносодержащий район.



**Рис. 6.** Платинометаллогеническая карта северной части Урала, по [15, 24].

1–8 – типы структурно-формационных комплексов: 1 – осадочных бассейнов Западного склона Урала, 2 – офиолитовых поясов, 3 – андезит-базальтовых поясов, 4 – интрузивных и дайково-интрузивных поясов и зон, 5 – гранитоидов, 6 – углеродисто-сланцевых офиолитовых поясов, 7 – чехлы Западно-Сибирской и Русской платформ, 8 – черносланцевых толщ у срединных массивов; 9–14 – платиноносные рудные формации, месторождения установленные и прогнозируемые: 9 – дунит-гарцбургитовая, 10 – платиносодержащая хромитовая, 11, 12 – платиносодержащая титаномагнетитовая (в том числе 11 – с медью), 13 – платиносодержащая полиметалльная (черные сланцы и их метасоматиты), 14 – платиносодержащая россыпная; 15 – площади развития платиноносных россыпей; 16 – Уральский платиноносный пояс; 17 – платиноносные и потенциально платиноносные провинции: IV – Восточно-Уральская, V – Западно-Уральская; 18 – платиноносные и потенциально-платиноносные области (цифры в треугольниках): 7 – Сьум-Кеу-Войкаро-Сыньинская, 8 – Хорасюрско-Чистопская, 12 – Кваркушко-Ляпинская, 13а – Пай-Хойская. Номера около знаков – платиноидные месторождения: 7 – Денежкин камень, 19 – Войкаро-Сыньинское, 20 – Рай-Изское, 30 – Сарановское, 31 – Воронцовское, 37 – Качканарское, 38 – Волковское.

Уральский регион может и должен вновь стать одной из крупных платинорудных провинций России. Приведенные материалы убедительно свидетельствуют об абсолютной реальности возрождения Уральской базы платинодобычи.

### Северо-Сибирский, Южно-Сибирский и Дальневосточный регионы

Рассматриваемые регионы в структурном плане представляют собой Северо-Азиатский кратон и

структуры его обрамления [8, 22–26].

Для регионов установлены закономерности размещения и предложены модели формирования месторождений (в первую очередь, крупных и уникальных – суперкрупных и гигантских) и рудопроявлений МПГ.

*Закономерности размещения месторождений и рудопроявлений МПГ*

1. Связь с геологическими формациями от архея до кайнозоя. Устанавливаются архейские (анабарская и джугджурская анортозитовые, кингашская коматиитовая (габбро-верлитовая)), протерозойские (удоканская и игарская медистых песчаников и др.), рифейские (важнейшая – суходожская черносланцевая), палеозойские (кияшальтырская щелочно-мафитовая и, предположительно, уджинская ийолит-карбонатитовая и др.), мезозойские (норильско-талнахская трапповая, маймеча-котуйская ийолит-карбонатитовая, алданская дунит-клинопироксенит-габбровая щелочная, шанучская норит-кортландитовая, корякская дунит-клинопироксенит-габбровая и др.), кайнозойские (норильская, маймеча-котуйская, алтае-саянская, корякская, алданская россыпные), в том числе современные (норильская, талнахская, сорская, сибирско-дальневосточная техногенные) формации.

2. Наиболее продуктивными в отношении платиноносности являются архейская, рифейская, мезозойская, кайнозойская и современная металлогенические эпохи.

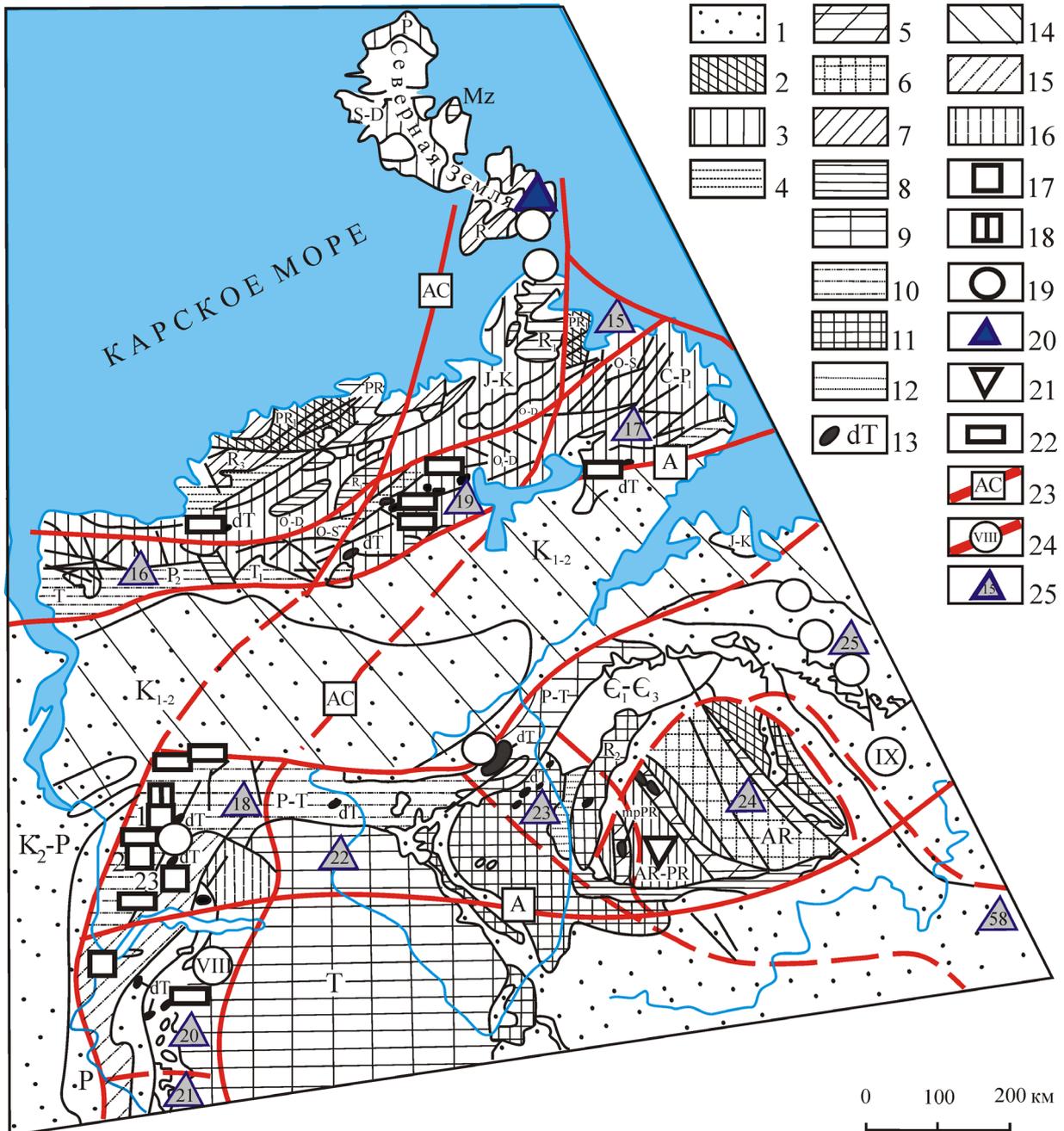
3. К крупным, суперкрупным и гигантским месторождениям платиновых металлов в регионе могут быть отнесены связанные с трапповой, габбро-верлитовой, черносланцевой, дунит-клинопироксенит-габбровой, ийолит-карбонатитовой и габбро-норитовой формациями объекты сульфидной платиноидно-медно-никелевой (норильско-талнахский и кингашский типы), малосульфидной платинometаллической (верхнеталнахский тип), платиноносной полиметаллической углеродистой (суходожский и наталкинский типы), титаномагнетитовой (чинейский тип), россыпной (алданский и корякский типы) и техногенной (норильский тип) рудных ассоциаций, формирующие с ними единые РМС и РММС, приуроченные к энсиалическим, внутриконтинентальным, интракратонным рифтам, зонам спрединга и субдукции, а также другим деструктивным элементам, вскрывающим наиболее глубокие очаги магмогенерации.

4. Пространственное совмещение многократно активизированных магморудоконтролирующих структур с приуроченными к ним РМС и РММС определяет высокий платинometаллогенический потенциал крупных геоблоков Северо-Азиатского кратона и его обрамления – Алдано-

Североземельского, Арктического, Амуро-Алтайского, Среднеазиатско-Китайского, Дальневосточного поясов (рис. 1, 7). Они окаймляют кратон, захватывая его периферию и территории обрамляющих орогенных поясов. Глобальные особенности рудных поясов – связь с глубинными трансрегиональными и планетарными разломами, переход с суши на шельф и в океан, аномальное строение земной коры, многоэтапность геосинклинальных и активизационных циклов, тектоно-магматических и минерагенических процессов, осложненных или преобразованных рифтогенезом, раздвигом и субдукцией, приводят к полигенности, полихронности и полиформационности не только самих поясов, но и образующих геодинамико-металлогеническую решетку платиноносных провинций.

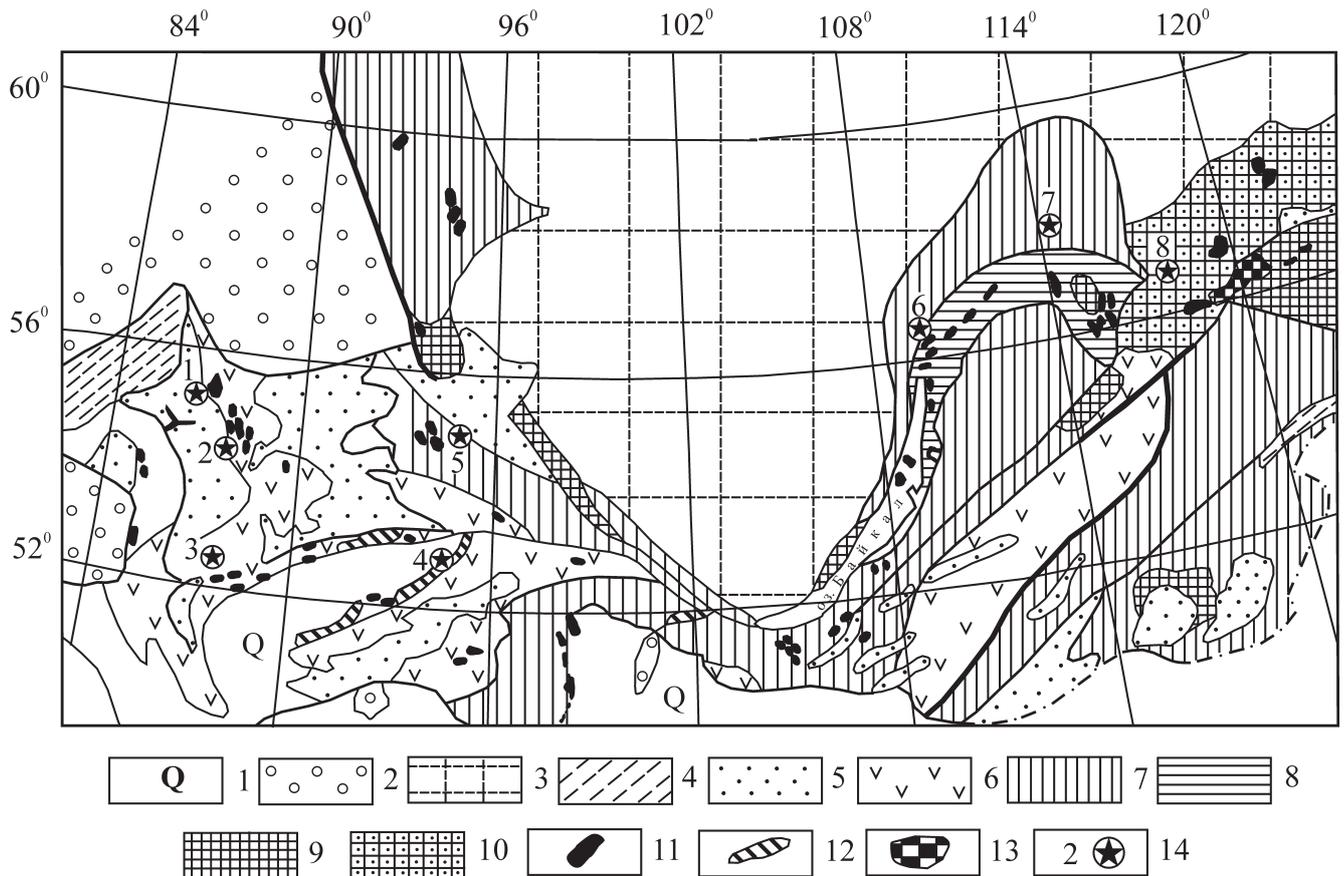
5. Платиноносные пояса и провинции при длительности геодинамического развития отличаются устойчиво сохраняющейся во времени специализацией на МПГ. Весьма характерным является наследование в рамках одного пояса (или провинции) молодыми структурно-формационными комплексами (СФК) платиноидной геохимико-металлогенической специализации более древних СФК: раннеархейские гранулитовые пояса (анабарский и джугджурский типы платиноидных объектов) → позднеархейские зеленокаменные пояса (кингашский тип, рис. 8) → протерозойские пояса расслоенных платиноносных массивов интрадугового (постдугового) этапа на активных и пассивных окраинах континентов, поясового с малым раскрытием рифтогенеза, включая обрамление офиолитовых поясов (стиллутерский, верхнеталнахский, чинейский и другие типы) → пояса ранне- и среднепротерозойских рифтогенезов → рифейские, палеозойские и мезозойские углеродсодержащие комплексы рифтогенных структур, зон коллизии, бассейнов пассивных окраин континентов и платформ (суходожский, таймырский, наталкинский типы) → мезозойские трапповые интрузии поясового внутриконтинентального рифтогенеза на периферии платформ в области сочленения с океаническими рифтами – зоны субдукции (норильско-талнахский, верхнеталнахский, скаергаардский типы) → палеозойские и мезозойские ийолит-карбонатитовые массивы рифтогенных зон – следов “горячих” точек (кияшальтырский, маймеча-котуйский типы) → мезозойские норит-кортландитовые, дунит-клинопироксенит-габбровые, дунит-гарцбургитовые массивы и углеродсодержащие комплексы островных дуг, зон субдукции; аллохтоны, меланж, сутурные зоны (шанучский, корякский, альпийский, наталкинский типы).

6. Четкая связь в одном СФК платиноносных формаций разного состава, генезиса и геодинамического режима: 1) медистые песчаники–черные сланцы–расслоенные интрузии; 2) офиолиты–черные сланцы, коматииты, расслоенные интрузии–



**Рис 7.** Карта платиноносности Таймыро-Норильского региона.

1–12 – типы структурно-формационных комплексов: 1 – чехла Сибирской платформы, Западно-Сибирской плиты и Енисей-Хатангского прогиба, 2 – нерасчлененных метаморфитов, 3 – терригенно-черносланцевых бассейнов таймырского типа, 4 – терригенных бассейнов, 5 – преимущественно мигматит-гранитов, 6 – гранулитовых поясов, зон, 7 – терригенно-черносланцевых бассейнов сухоложского типа, 8 – интрузивно-терригенных прогибов, 9 – гомогенных траппов центральной части Сибирской платформы, 10 – дифференцированных траппов окраинных частей платформы и Таймыра, 11 – карбонатных и терригенно-карбонатных пород, 12 – терригенно-карбонатных пород; разнообразные платиноносные интрузивные формации, в том числе: 13 – пикрит-габбро-долеритовая, трапповая; 14–16 – зоны рифтогенеза: 14 – глобальные 1-го порядка, 15 – региональные и трансрегиональные 2-го порядка, 16 – локальные 3-го порядка; 17–21 – месторождения платиноносных рудных формаций: 17 – МПГ-Cu-Ni, 18 – малосульфидной платинOMETаллной, 19 – платиносодержащей россыпной, 20 – платиносодержащей полиметаллной, 21 – платиносодержащей древних толщ (анабарский тип); 22 – платинопроявления; платиноносные и потенциально-платиноносные: 23 – пояса (AC – Алдано-Североземельский, A – Арктический); 24 – провинции (VIII – Таймыро-Норильская, IX – Енисейско-Оленекская); 25 – области (цифры в треугольниках): 15 – Северо-Таймырская, 16 – Западно-Таймырская, 17 – Восточно-Таймырская, 18 – Кетско-Норильская, 19 – Центрально-Таймырская, 20 – Курейско-Хантайская, 21 – Нижнетунгусская, 22 – Аянская, 23 – Маймеча-Котуйская, 24 – Анабарская, 25 – Анабарско-Оленекская, 58 – Куонамская. Номера около знаков – месторождения: 1 – Талнахское, Октябрьское и Верхнеталнахское, 2 – Норильск-1, 23 – Имандинское.



**Рис. 8.** Схема размещения различных типов коренных платинометалльных месторождений и проявлений в складчатых структурах Юга Сибири [25].

1 – четвертичные отложения; 2 – мезо-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 3 – чехол Сибирской платформы; 4–11 – складчатые комплексы: 4 – герцинский, 5 – среднепалеозойские и мезозойские межгорные прогибы, 6 – салаирский, 7 – протерозойский, 8 – протерозойский эвгеосинклинальный Байкало-Муйской зоны, 9 – архейско-нижнепротерозойский, 10 – архейский; 11 – ультрабазит-базитовые массивы; 12 – альпинотипные гипербазиты; 13 – габбро-анортозитовые массивы; 14 – коренные платинометалльные месторождения и рудопроявления: 1–3 – Кузнецкого Алатау (1 – Кайгадатское, 2 – Среднетерсинское, 3 – Сеглебирское), 4 – Западного Саяна (Калнинское), 5 – Восточного Саяна (Кингашское), 6 – Северного Прибайкалья (Йоко-Довыренское), 7 – Северного Забайкалья (Сухой Лог), 8 – Восточного Забайкалья (Чинейское).

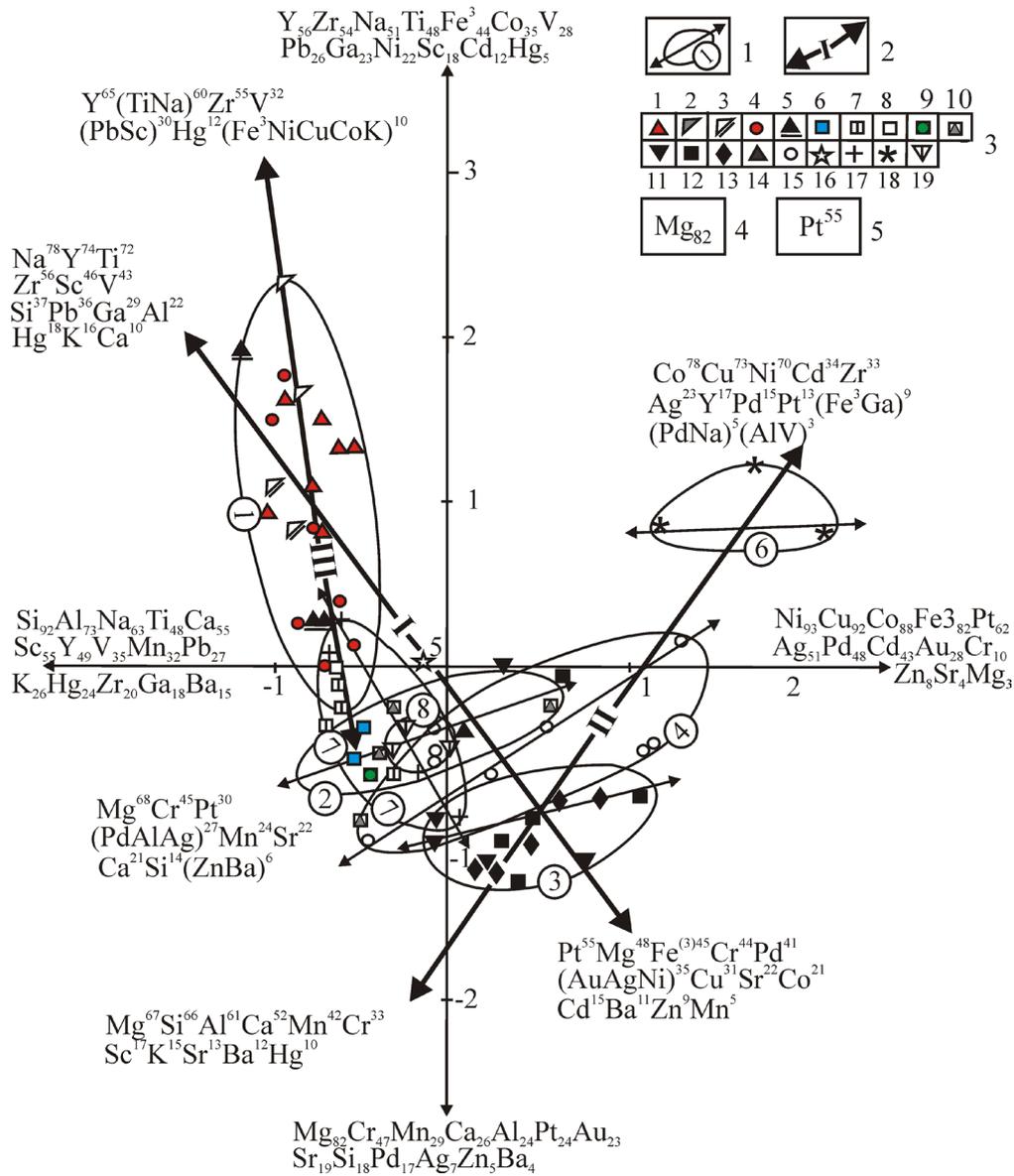
черные сланцы и т.д.; 3) медистые песчаники–черные сланцы I–черные сланцы II–платиноносные траппы–платиноносные ийолит-карбонатитовые массивы. Это свидетельствует о том, что платиноидный рудогенез связан с субдукционными и флюидотермальными (проявляющимися и автономно от магматизма) процессами.

*Модели формирования месторождений и рудопроявлений МПГ*

1. В распределении платиноносных СФК намечается циркумкратонная зональность, маркируемая “черносланцевым” кольцом, образованным осадочно-метаморфическими комплексами рифея (Северная Земля, Таймыр → Енисейский кряж → Урикско-Ийская зона → Байкало-Патомская область → Сетте-Дабан), палеозоя и мезозоя (орогенные пояса Дальнего Востока, наталкинский тип). В фанеро-

зое по северному обрамлению кратона зональность была частично редуцирована, что в значительной степени связано с заложением и формированием Северного Ледовитого океана. На плечах, возникших при этом Енисей-Хатангского и Ленского рифтогенных прогибов в пределах Алдано-Североземельского и Дальневосточного поясов и их пересечений с Арктическим поясом, сформировались максимально продуктивные платиноидные объекты, контролируемые рифтогенными зонами высших порядков.

2. Обоснована шестиэтапная петролого-геодинамическая модель формирования уникальных месторождений Таймыро-Норильской платиноидной провинции. Главные особенности петрогенеза трапповых РМС с сульфидными платиноидно-медно-никелевыми (норильско-галнахский тип) и малосульфидными рудами (верхнеталнахский тип), образующими норильский платиноидный супергигант – результат проявления поддви-



**Рис. 9.** Петрогенетическая модель рудоносных интрузий трапповых формаций Норильской платиноидной провинции.

1 – фигуративные поля составов пород и руд и проявленные в них тренды (цифры в кружках): 1–8 – породы рудоносных интрузий: 1 – лейкогаббро, диориты, габбро-диориты, безоливиновые и кварцсодержащие долериты верхнего горизонта, 2 – оливиновые и оливинсодержащие долериты и габбро-долериты (второй горизонт), 3 – пикритовые и троктолитовые габбро-долериты (третий горизонт), 4 – такситовые габбро-долериты (четвертый горизонт), 5 – контактовые долериты (пятый горизонт), 6 – сплошные платиноидно-медно-никелевые руды, 7 – метасоматиты, 8 – пикритовые и троктолитовые габбро-долериты Нижней Талнахской интрузии; 2 – ведущие тренды оруденения. (I – вкрапленного, II – сплошного, III – малосульфидного); 3 – фигуративные точки составов пород и руд: 1 – кварцевые диориты, 2 – диориты, 3 – габбро-диориты, 4 – лейкогаббро, 5 – кварцсодержащие габбро-диориты, 6–12 – долериты и габбро-долериты: 6 – безоливиновые, 7 – кварц-оливинсодержащие, 8 – кварцсодержащие, 9 – оливинсодержащие, 10 – оливиновые, 11 – троктолитовые, 12 – пикритовые; 13, 14 – троктолиты, в том числе меланократовые (13); 15, 16 – долериты такситовые (15) и контактовые (16); 17 – метасоматиты, 18 – сплошные руды, 19 – породы Нижней Талнахской интрузии; 4, 5 – параметры системы и нагрузки на них в формулах компонент (4) и трендов (5). Число анализов – 77, количество компонент – 28.

га океанической коры и последующей флюидно-жидкостной ликвации и внутрикамерной дифференциации с норильским, скаергаардским и анортзитовым платинометалльным трендами, осложненными мощным флюидным массопереносом (рис. 9).

**Важнейшие факторы формирования норильских супергигантов:**

– длительное (сотни млн. лет) возбужденное состояние литосферного блока земной коры в узле тройного сочленения рифтовых зон, обусловившее растянутую во времени (а частично – и в простран-

стве) сегрегацию мантийных сульфидов из огромных объемов астеносферы на стыке Сибирской платформы, Западно-Сибирской плиты и эпиплатформенного Таймыра;

- пермский поддвиг океанической коры – обогащение сульфидных потоков водой, серой (в том числе тяжелой) и галогенидами;

- очень большие объемы флюидов специфического (Cl, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, тяжелая S, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>) состава, насыщенных платиноидами и медью, обусловленные развитием под Северо-Азиатским кратоном мантийного суперплюма [26];

- далеко зашедшие процессы дифференциации магматизма – формирование мощного протяженного горизонта (серии покровов) пикритовых базальтов и различных по составу и набору дифференциатов расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузий;

- последовательная глубинная ликвация рудоносных мантийных расплавов: а) отщепление сульфидного платиноносного расплава и последующее поступление его в виде “рудной интрузии” на гипабиссальные уровни платформенного чехла; б) отслоение флюидизированной низкосернистой жидкости анортозитового состава и ее внедрение в верхние части сформировавшейся интрузивной камеры.

Изложенная петрогенетическая модель образования норильских месторождений-супергигантов достаточно убедительно объясняет: а) механизм образования рудных магм, растворов и флюидов, уровней их аккумуляции и транспортировки; б) очень высокие концентрации МПГ, Au и Cu в рудах и объемы последних; в) внедрение уникальных платиноидных объектов только на плечах рифтов в Таймыро-Норильской РМС.

Авторский подход к созданию петрогенетической модели образования гигантских скоплений никеля, меди, платиноидов и кобальта может быть использован для обоснования становления других уникальных рудных месторождений и дополняет геодинамические построения В.Е. Хаина, Н.Л. Добрецова, Д.В. Рундквиста и др.

Весьма существенными факторами при создании петрогенетических моделей малосульфидных платиноидных месторождений становятся важнейшие особенности их локализации и состава:

- значительная фазная и ритмическая расслоенность вмещающих массивов и существование в них серии кумулюсных и интеркумулюсных породных групп, серий или зон, образующихся, скорее всего, последовательно и различающихся по составу;

- наличие оригинального строения критических зон и горизонтов – рифтовых толщ, пачек и рифов, а также такситовых, вариолитовых и ксенолитсодержащих пород;

- необычные, равные по уровню изменения химизма минералов плутона, в целом колебания составов породообразующих минералов указанных критических зон и горизонтов;

- постоянное присутствие флюидосодержащих минералов (флогопит, апатит, роговая обманка и др.) и высокие количества хлора в платиноидных “рифтах”;

- малые (0.5–1.0%) содержания сульфидов и повышенные хрома, иногда титана;

- совершенно уникальное разнообразие платиновых минералов и неназванных платиноидных фаз на границе сульфид-силикат и в последних;

- своеобразие трендов дифференциации рудно-анортозитового (норильского), феннеровского, а самое главное – анортозитового платиноидного, хромитового, титаномагнетитового;

- особая грубозернистость залежей относительно окружающих пород и содержание распространенных первичных магматических, насыщенных летучими фаз, таких как флогопит и роговая обманка;

- обычное прорастание сульфидов поздним интеркумулюсными флогопитом, амфиболами и апатитом;

- необычно высокие отношения хлора к фтору в апатите и флогопите из залежей МПГ, указывающие на взаимодействие с обогащенной хлором жидкой фазой, образованной экссолюцией пара из магмы;

- рядовая ассоциация сульфидов с поздним вторичным изменением и водными жидкими включениями;

- значительные концентрации графита, в некоторых случаях с высоким содержанием хлора, ассоциирующие с сульфидами и поздними водными фазами в пустотах.

Формирование крупных масс платиноидного оруденения в значительной мере определяется:

- первичной обогащенностью магмы в ультрамафит-мафитовых (а также, вероятно, щелочномафитовых и щелочно-ультрамафитовых) массивах платиновыми металлами;

- восстановленным, преимущественно хлористо-водородным характером флюидов, благоприятствующих жидкостной магматической ликвации с возникновением серии ликвантов и остаточного, обогащенного водородом, сероводородом, кальцием, алюминием и другими компонентами – концентраторами МПГ, расплава;

- наибольшим обогащением некоторых горизонтов, участков, слоев восстановленными флюидами, алюминием и кальцием; существованием в расплаве зон перехода с восстановленной и окисленной флюидной фазами.

В благоприятных геодинамических обстановках становление платиноносных массивов – итог наложения и совмещения четырех процессов: 1) жидкостно-флюидной ликвации, 2) кристаллизационной флюидной внутрикамерной дифференциации и многофазного расслоения, 3) многофазного внедрения, 4) внутрирудного и околорудного метасоматоза в платиноносных или околорудных зонах.

**Таблица 11.** Содержание МПГ (в г/т) в рудах Кингашского месторождения [5]

Интервал, м	Мощность, м	Содержание компонентов		
		Pt	Pd	Pt+Pd
14.7–57.0	42.3	Скв, 31 <u>0.056–0.93*</u> 0.40	<u>0.11–1.15</u> 0.57	<u>0.166–2.08</u> 0.97
		Скв, 32 <u>0.23–1.83</u> 0.64	<u>0.19–1.03</u> 0.79	<u>0.42–2.86</u> 1.43
15.0–98.0	83.0	<u>0.73–7.01</u> 1.91	<u>1.01–5.42</u> 2.04	<u>1.74–12.43</u> 3.95
9.9–100.2	90.3	Скв, 33 <u>0.048–0.36</u> 0.15	<u>0.11–2.03</u> 0.36	<u>0.158–2.39</u> 0.51
		Скв, 35 <u>0.096–0.65</u> 0.31	<u>0.16–0.98</u> 0.51	<u>0.256–1.63</u> 0.82
4.3–51.0	46.7	Скв, 35 <u>0.10–0.22</u> 0.15	<u>0.095–0.30</u> 0.22	<u>0.195–0.52</u> 0.37
		<u>0.17–0.28</u> 0.21	<u>0.26–0.38</u> 0.34	<u>0.43–0.66</u> 0.55
56.7–74.0	17.3	<u>0.17</u> 0.17	<u>0.32</u> 0.32	<u>0.49</u> 0.49
78.0–83.2	5.2	<u>0.11–0.41</u> 0.27	<u>0.27–0.77</u> 0.44	<u>0.38–1.18</u> 0.71
87.4–124.9	37.5	<u>0.14–0.54</u> 0.36	<u>0.15–0.71</u> 0.45	<u>0.29–1.25</u> 0.81
140.0–208.3	68.3	Скв, 36 <u>0.12–1.01</u> 0.37	<u>0.19–1.09</u> 0.47	<u>0.31–2.1</u> 0.84
		Скв, 38 <u>0.053–0.11</u> 0.08	<u>0.05–0.1</u> 0.08	<u>0.013–0.21</u> 0.016
14.2–23.0	8.8	<u>0.031–0.05</u> 0.04	<u>0.026–0.044</u> 0.035	<u>0.057–0.094</u> 0.075
31.0–37.0	6.0	<u>0.033–0.55</u> 0.146	<u>0.005–0.12</u> 0.082	<u>0.038–0.67</u> 0.228
48.0–98.0	50.0	<u>0.029–0.25</u> 0.145	<u>0.029–0.33</u> 0.193	<u>0.058–0.58</u> 0.338
107.0–151.1	44.1	<u>0.047–0.31</u> 0.21	<u>0.045–0.33</u> 0.26	<u>0.09–0.64</u> 0.47
156.6–181.0	24.4	<u>0.21–0.83</u> 0.53	<u>0.26–0.79</u> 0.60	<u>0.47–1.62</u> 1.13
194.3–228.4	34.1	Скв, 44 <u>0.067–1.06</u> 0.54	<u>0.084–1.04</u> 0.61	<u>0.151–2.1</u> 1.15
		<u>0.43–0.66</u> 0.53	<u>0.59–0.72</u> 0.65	<u>1.02–1.38</u> 1.18
17.3–69.1	51.8	<u>0.18–0.32</u> 0.27	<u>0.23–0.49</u> 0.41	<u>0.41–0.81</u> 0.68
81.1–87.5	6.4	<u>0.46–0.56</u> 0.51	<u>0.80–0.89</u> 0.85	<u>1.26–1.45</u> 1.36
93.5–98.9	5.4	<u>0.31–0.52</u> 0.39	<u>0.48–1.11</u> 0.70	<u>0.79–1.63</u> 1.09
105.0–111.5	6.5			
120.2–152.0	31.8			

Примечание.\* В числителе – пределы значений, в знаменателе – среднее значение.

Платиносодержащие месторождения углеродистого типа являются полихронными и полигенными. Они сформировались при участии разновозрастных (в том числе дометаморфических) экзо- и эндогенных процессов, обусловивших накопление

геохимически специализированных углеродистых отложений, извлечение, миграцию (с перераспределением) металлов и других полезных компонентов из субстрата, дополнительный привнос целого ряда рудных и нерудных элементов из глубинных источников и в результате – образование богатых, крупных залежей минерального сырья.

Приведенные теоретические предпосылки расширения Норильской, Корякско-Камчатской, Алданской, создания Южно-Сибирской, Таймыро-Североземельской и Магаданско-Чукотской баз платинодобычи подтверждаются насыщенностью Южной Сибири (рис. 8), Норильско-Североземельского района (рис. 7) и Дальнего Востока платинометалльными месторождениями и проявлениями. Так, выявленные промышленные содержания платиновых металлов в рудах Кингашского месторождения, причем в ряде проб содержание платины превышает таковое палладия или они близки между собой (табл. 11).

На примере Кия-Шалтырского месторождения А.М. Сазоновым и О.М. Гриневым [4] установлены минералого-геохимические показатели руд нефелинового типа (табл. 12).

В пределах Сейнав-Гальмознанского узла выявлена платиноносность полигенетических террас, представляющих по сути не что иное, как промежуточные коллекторы; это значительно повышает промышленную значимость названного узла.

На территории от Алтая до Южного Прибайкалья, хотя там и не было систематического изучения платиноносности, обнаружены безусловно заслуживающие внимания содержания платиноидов [22–27]. Так, в хромитовых рудах Оспинско-Китойского массива, где концентрация платины достигает 1.2 г/т, а палладия – 0.89 г/т, обнаружены соединения группы Pt-Fe-Cu, а также редкий минерал PtCu<sub>3</sub>. В Улорском и Сольджерском массивах юга Тувы в хромитовых рудах определены высокопробная платина, соединения платины с железом, медью и никелем, сперриллит, сульфоарсениды платины и родия. А.П. Кривенко [26] установлена перспективность Калнинского гипербазитового массива на эндогенное платиноидное оруденение, а размывающих его речных долин – на платиновые россыпи. В аллювии ручьев установлено более 30 минералов платиновой группы, среди которых преобладают Pt-Fe-Cu-сплавы, сперриллит, потарит, соединения Pt и Pd с мышьяком и серой при подчиненном количестве рутениридосмина. Среди ультрамафитов выявлена зона платиносодержащих прожилков вкрапленных хромитовых руд протяженностью 1.5 км и средней мощностью 200 м. Прогнозные ресурсы РЗ МПГ выявленной зоны составляют ориентировочно 50–65 т, а Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5.7 млн. т. При обогащении этих руд получен концентрат, содержащий 50% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [25].

В Приамурье открыт первый сульфидный платиноидно-медно-никелевый объект (участок

**Таблица 12.** Основные показатели руд нефелинового минералого-геохимического типа [4]

Объект	Содержание, г/т		
	Pt	Pd	Rh
Породы (руды?)	0–0.55 <—	0–1.98 до 3.0	0–0.40 —>
Суммарные гравиконцентраты (выход 5–20.4)	0–3.86	0–0.3	0–1.97
Хвосты (79–95)	—	—	—
Флотационные концентраты (выход 2.1–9.3)	0–31.0 до 280–310	0.8–16.6 (Ag: Au: Pt=5:1:1 (0.3))	0.6
Анодные сплавы		11.9	9
Медистые осадки		до 13	до 20
Фильтр-остатки		до 18	до 19
Минералы	Содержание в %		
Самородное золото	0.001–0.03		0.004–0.03
Электрум	0.002–0.08		0–0.02
Кюстелит	0–0.5	0–2.34	0–0.04
Самородное серебро	0–0.01	8	0–0.04
Амальгама Ag и Au	0–0.04		0–0.01
Тетрааурикуприд	0–0.01		—
Самородная медь	0–0.05		0.04
AuAl <sub>2</sub>	0–0.18	0–0.14	—
Au <sub>2</sub> Al	0–0.07	0–0.07	—
AuSn	—	—	—
Самородный кремний	—	—	—
Пирсеит	0–0.7		
Полибазит	0–0.7		
Изоферроплатина	83.94	—	0.44
Тетраферроплатина	78.35		2.53
Рутениридосмин	0.19		0.76
Сперрилит	53.0–54.6		0.065
Галенит	0–0.23		
Теннантит	0–0.34		0–0.5

Примечания. Кроме указанных в таблице, в рудах содержатся: самородные висмут, свинец, цинк, касситерит, гюбнерит, шеелит, бадделейт, торианит, барит, вольфрамит, смитит, сплавы **Cu и Zn; Cu и Sn; Pb, Sn, Cu; Pb, Sb, Sn; кобальтин, герсдорфит, саффлорит**, леллингит, никелин, брейтгауптит, ульманнит, жемсонит, ковеллин, куприт; в анодных сплавах – 1.4г/т Ru. В изоферроплатине (в %): 7.82 Fe, 0.04 Ni, 0.8 Cu, 0.11 Au; в тетраферроплатине (в %): 12.31 Fe, 0.71 Ni, 0.34 Cu, 0.08 Au; в рутениридосмине: 0.37 Fe, 0.05 Ni, 0.11 Cu, 1.13 Au.

“Никелевый”) с высокими содержаниями никеля, меди и МПГ [25].

Важнейшим результатом проведенных работ по Программе явилось установление широкого развития на месторождениях Талнах, Норильск-1, Черногорское и Имангдинское платинометаллического оруденения, открытие гигантского техногенного месторождения [12, 25] и подтверждение подходов А.В. Тарасова и В.Д. Крюкова к палеоре-конструкциям Норильского рудного узла в связи с возможным формированием платиноносных россыпей [23].

Кроме того, в результате проведенных работ:

- построена схема размещения малосульфидных платинометаллических руд в пределах Талнахского узла, эти же руды оконтурены на Норильском и Черногорском месторождениях;

- впервые установлены строение и состав Норильского хвостохранилища и намечена технологическая схема их передела [22].

Большая часть МПГ в Норильском техногенном платинометаллическом месторождении нахо-

дится в макро- (тетраферроплатина и изоферроплатина), микро-(сперрилит и станниды палладия) и тонкоминеральной (таймырит, атоцит, палловит, нигглиит и др.) формах. Последнее обусловлено их природной кристаллизацией в виде тонких включений в минералах-хозяевах. Именно поэтому, лишь часть таких зерен переходит в тонкий класс, остальные остаются нераскрытыми, образуя мельчайшие включения в тетраферроплатине и изоферроплатине. Это обуславливает низкие показатели извлечения платины, палладия и родия в гравитационный концентрат. Улучшение данных показателей требует повторного и даже неоднократного получения гравитационных концентратов. Полученные данные позволяют присоединиться к выведенной Л.К. Говоровой закономерности: “при переработке сульфидных медно-никелевых руд, содержащих МПГ, коэффициенты их извлечения в платиновые концентраты возрастают периодически с увеличением порядкового номера элемента, а техногенное рассеяние периодически снижается”.

**Таблица 13.** Новая технология прогнозирования и поисков глубокозалегающих сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений

I этап Региональное геологическое изучение Таймыро-Норильской платиноносно-никеленоносной провинции. Проверка и разбраковка прогнозных моделей с выделением потенциально платиноносно-никеленоносных рудных районов и узлов (полей) Оценка прогнозных ресурсов по категории P3 (P2). Площадь 15000 км <sup>2</sup>	=> II этап Специализированные на богатое МПГ-Cu-Ni-оруденение глубинные геолого-геофизические и геохимические поиски в пределах потенциальных рудных узлов (полей) – 1500 км <sup>2</sup> Оценка прогнозных ресурсов по категории P2 (P1) потенциальных полей или месторождений	=> III этап Постадийные поиски глубокозалегающих (до 3 км) месторождений с залежами богатых руд в пределах потенциального месторождения. Оценка прогнозных ресурсов по категории P1 и промышленных запасов по категории C2
Рациональное комплексирование видов и методов работ по этапам		
I. Комплексные Аэрогеофизические исследования провинции масштаба 1 : 500 000. Сейсморазведка МОГТ (24–48) по 6 опорным профилям через 20–30 км Исследования по опорным профилям: палеомагнитные, атмогеохимическая и гелиевая съемка, изучение изотопно-геохимического состава, глубинные МТЗ Гидролитохимическая съемка, плотность – 1 проба на 10 км Бурение 6 структурных скважин на опорных профилях глубиной до 3 км	II. Сейсмопрофилеирование МОГТ (24–48) по профилям через 10 км (~500 км) Атмогеохимическая съемка по сейсмическим профилям Пространственно-совмещенные съемки методом заряда (ПСС-МЗ) масштаба 1 : 200 000 с измерением магнитной составляющей электромагнитного поля кабеля (МПК) Бурение структурно-поисковых скважин глубиной до 3 км, плотностью 1 скв. на 100 км	III. Тотальная сейсморазведка для получения объемно-сейсмической модели до глубин 3–5 км Специализированные геохимические исследования масштаба 1 : 50 000 Поисковый вариант МТЗ с целью определения глубин залегания (1–5 км) аномальных объектов Бурение сети поисковых скважин глубиной до 3 км на площади 100 км <sup>2</sup> (1-я стадия), сокращение перспективной площади до 30 км <sup>2</sup> (2-я стадия) – всего 28 скважин
Специализированные геофизические и геолого-геохимические исследования в скважинах		
Уточнение прогнозно-металлогенетических моделей ГПГК-500 на площади провинции ГПГК-200 в пределах потенциально перспективных площадей	Физико-химические и физико-математические модели ГПГК-50 в пределах перспективных участков	Комплексная физико-геологическая модель никеленоносного объекта Технико-экономическое обоснование разведки
Результаты:		
⇓		⇓
Платиноносно-никеленоносные районы и узлы	=>	Глубокозалегающие рудные поля и (или) месторождения норильско-талнахского типа

Впервые для платиноносно-никеленоносных массивов норильско-талнахского типа (трапповая формация) установлены три тренда (рис. 9): дифференциации и вкрапленного оруденения (I), сплошного сульфидного платиноидно-медно-никелевого (II) и малосульфидного платинометалльного (III) оруденения. Последний тренд свидетельствует о широком распространении этого типа оруденения на рассматриваемых объектах.

**Многолетние авторские данные, а также материалы по распределению оставшихся объемов различных типов руд (групп, в нашем понимании) по полям рудников (табл. 14 и 15) и данных о стоимости металлов на мировых рынках (на 02.08.09 г. никель – \$19270, медь – \$6029 за тонну, палладий – \$8.65, платина – \$39.70 за грамм) позволяют сделать вывод об экономической нецелесообразности к переходу на преобладающую добычу вкрапленных руд и о необходимости ши-**

**рокого разворота на государственном уровне поисков сплошных богатых руд по трехстадийной авторской технологии (табл. 13).**

Установлено широкое распространение платиноидно-золоторудных месторождений в углеродсодержащих комплексах сухоложского и наталкинского типов. В пределах Южно-Сибирского региона – это хорошо известное месторождение Сухой Лог [10, 18, 22–27], для которого характерно общее количество МПГ, сопоставимое с таковым золота, т.е. это сверхкрупный платиноидно-золоторудный объект. В северной части полуострова Таймыр платиноносодержащее золоторудное жильное поле таймырского типа тяготеет к сводовой части антиклинальной структуры северо-восточного простирания, сложенной флишоидными отложениями верхней части разреза протерозойского комплекса интракратонного трога. Жилы с преобладающей халькопиритовой минерализацией наиболее

золотоносны – среднее содержание ~5 г/т (без учета аномальных проб – 60 и 30 г/т), причем большая часть золота находится в виде свободных выделений в кварце. Кроме того, выявлены отчетливые признаки поздних гидротермальных процессов, обусловивших повторное перераспределение полезных компонентов.

В аналогичных золоторудных объектах о-ва Большевик архипелага Северная Земля А.Г. Самойловым с соавторами [34] установлено (в г/т): 0.48–14.6 Pt, 1.91–26.0 Pd, 0.07–2.3 Rh и 0.069–0.77 Ru. В рудах ими выявлены самородная платина (86% Pt и 2% Os) и металлический твердый раствор OsRuIrPt. Таким образом, перспективность оруденения, с точки зрения формационной и типовой принадлежности, не вызывает сомнений.

Широкое развитие минерализации в разноориентированных кварцевых жилах и прожилках, а также в зонах гидротермально измененных пород, позволяет предполагать наличие в пределах Жильненской рудоносной структуры платиноидно-золотоносного линейного штокверка. Авторские представления о смене “сибирского направления” минерации “арктическим” позволяют предполагать наличие в пределах Северного Таймыра и о-ва Большевик (архипелаг Северная Земля) объекта, аналогичного Сухому Логу, но более крупного по запасам. Платиносодержащие золоторудные месторождения наталкинского типа (Наталкинское, Ветренское, Нежданкинское, Майское, Токичан), развитые в верхоянских и чукотских мезозоидах Северо-Востока России, рассмотрены в работах В.И. Гончарова, СВ. Ворошина, В.А. Сидорова и др. [23]. Углеродсодержащие породы метаморфизованы в условиях низкотемпературных фаций, количество  $C_{орг}$  в породах составляет от десятых долей до 6%. К терригенным углеродсодержащим породам приурочены месторождения золота, серебра, сурьмы, образующие вместе с россыпями линейно-вытянутые пояса: Яно-Колымский, Аллах-Юньский и Чукотский. В пределах всех изученных объектов обнаружены содержания Pt – до 3.8 г/т и Pd – до 1.84 г/т, приуроченные обычно к сульфидизированным околорудным породам и сульфидно-кварцевым жилам и прожилкам. Эти данные дают основание говорить о возможном наличии на Северо-Востоке нашей страны сверхкруп-

**Таблица 14.** Качество и структура запасов норильских сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений [3]

Тип руд	Содержание, % (МПГ – в г/т)			Запасы, %			
	Ni	Cu	МПГ	Руды	Ni	Cu	МПГ
Богатые	3.20	4.60	10.80	10.5	42.0	32.3	20.8
Медистые	0.88	3.32	9.82	7.3	8.0	16.3	13.3
Вкрапленные	0.48	0.93	4.34	82.2	50.0	51.4	65.9
Всего	0.80	1.49	5.42	100	100	100	100

ных платиносодержащих объектов в черносланцевых комплексах, в которых А.Ф. Коробейниковым [30] намечена трехэтапная технология прогнозирования и поисков золото-платиносодержащих руд (табл. 16).

#### НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ПРОГРАММЕ “ПЛАТИНА РОССИИ”

Приведенные в настоящей статье и работах [11, 12, 15, 17, 22–27 и др.] материалы позволяют предложить первый вариант концепции и стратегии развития, воспроизводства, комплексного освоения, восстановления и сохранения минерально-сырьевой базы платиновых металлов России в XXI веке, направленных на превращение нашей страны в первую платиновую державу мира (табл. 17).

**Стратегия Российской Федерации по развитию, воспроизводству, комплексному использованию и сохранению в долгосрочной перспективе минерально-сырьевой базы платиновых металлов в связи с обеспечением сырьевой безопасности страны**

1. Разработка концепции геологоразведочных работ, научных и технологических исследований, технико-эколого-экономических обоснований расширения Норильской, Карело-Кольской, Алданской, Корякско-Камчатской, создания Курско-Воронежской, Южно-Сибирской, Таймыро-Североземельской, Чукотской и возрождения Уральской минерально-сырьевых баз платинодобычи путем разведки и постановки на баланс открытых и изученных в рамках программы “Платина России” и других программ новых объектов, а также, самое главное, открытия новых залежей сплошных МПГ-Cu-Ni-руд в Норильском районе.

**Таблица 15.** Соотношение (%) запасов сплошных (богатых), медистых и вкрапленных руд по полям рудников Талнахского рудного узла [3]

Месторождение	Поле рудника	Год начала отработки/ год расчета	Богатые	Медистые	Вкрапленные
Талнах	Маяк	1966/2000	11.4*/1.9	2.4/1.0	86.2/97.1
	Комсомольский	1972/2000	8.5/0.7	11.4/10.8	80.1/85.5
Октябрьское	Комсомольский	1972/2000	9.7/2.6	29.8/29.0	60.5/68.4
	Октябрьский	1974/2000	33.0/17.7	20.0/24.6	47.0/57.7
	Таймырский	1982/2000	22.8/21.4	0.3/0.3	76.9/78.3

Примечание. В числителе – запасы руд на начало отработки, в знаменателе – на 01.01.2000 г. (в %).

**Таблица 16.** Технология прогнозирования и поисков золото-платиносодержащих руд в черносланцевых комплексах [30]

I этап	II этап	III этап
Прогноз рудоносных площадей 1. Геолого-минералого-геохимическое картирование масштабов 1 : 100 000–1 : 25 000 2. Картирование метасоматитов и возможной продуктивной минерализации масштабов 1 : 25 000–1 : 2 000 3. Специальные минералого-геохимические исследования сульфидов с определением элементов-спутников – Ag, Bi, Te, Se, Zn, Cu, Ni, Co, As, Sb, Ba, Hg, Ti, Cr, Mn, Be, Mo Результаты: Рудные зоны, узлы и поля с оценкой по категории P3	<u>Поисковые работы</u> 1. Минералого-геохимическая съемка черносланцевых толщ масштабов 1 : 50 000–1 : 10 000 2. Минералогическое и петрографическое картирование перспективных площадей масштабов 1 : 50 000–1 : 5 000 3. Высокоточная магнитометрия, ЕП, ВП, КС, радиометрия 4. Единичные поисково-структурные скважины 300–600 м с детальной скважинной геофизикой, геохимией, петрофизикой, термобарометрией Результаты: Рудоносные участки, рудопроявления, потенциально промышленные объекты с оценкой по категории P2	<u>Поисково-оценочные работы</u> 1. Геолого-минералогическое картирование масштабов 1 : 5 000–1 : 1 000 2. Бурение по профилям через 200–500 м скважин глубиной до 1 км 3. Скважинная петрофизика, геохимия и геофизика (ВП, МЭК, МЭП, КСПК) 4. Опробование руд, метасоматитов, зон сульфидизации на Au, Ag, МПП, Си, Bi, Te, Se Результаты: Рудные тела с оценкой по категории P1 и частично – C2 ТЭЭС и ТЭЭО дальнейшего изучения и освоения

2. Качественное обновление (повышение доли Pt) минерально-сырьевой базы на основе обоснования и ввода в строй новых крупнообъемных источников МПП: золото-платиноидных месторождений в черных сланцах и железистых кварцитах (углеродистый и железорудный минералого-геохимические типы).

3. Массированные комплексные геолого-геохимико-геофизические работы в пределах Балтийского (и Тунгского) и других предполагаемых гигантских плутонов (аналогов Бушвелда) – типичных крупнообъемных источников МПП.

4. Возрастание роли государства в освоении месторождений, регулировании воспроизводства и продажи МПП.

5. Создание Федерального резервного фонда месторождений МПП.

6. Цивилизованное поведение на мировом рынке МПП при таковом же других стран – ведущих продуцентов вплоть до объединения с ЮАР, США и Канадой в Международную организацию производителей платиноидов.

7. Создание Государственного научного центра “Платина России”, выполняющего, помимо обычных функций, роль координатора при разработке и реализации программ “Платина России”, “Платина СНГ”, “Платина мира” и ответственного за Стратегию.

8. Благоприятный инвестиционный климат:  
 – подготовка и освоение новых крупных платиноидных объектов на основе соглашений о разделе продукции;

– прямая финансовая помощь фирмам и физическим лицам, принимающим участие в освоении месторождений МПП;

– наличие в налоговых кодексах раздела, регулирующего налоги на инвесторов в изучении и освоении месторождений МПП.

9. Формирование крупных частно-государственных платиновых корпораций и холдингов.

10. Образование специальных региональных кредитных фондов для изучения и освоения объектов МПП.

11. Создание внутренних и межгосударственного (на уровне СНГ) рынков МПП: производство платиноидных катализаторов, радиотелефонов, персональных компьютеров, современной телевизионной техники, ювелирных изделий, специальных препаратов на основе Os<sup>187</sup>.

12. Развернутая рекламная кампания по продвижению на рынок платиновых ювелирных изделий и особенно замене золотых обручальных колец платиновыми (в Японии ежегодно для производства ~1.4 млн. таких колец расходуется более 5 т Pt).

13. Восстановление запасов до уровня 1970–1980-х гг. и сохранение стратегического резерва платиновых металлов при постоянном уровне в XXI в. добычи МПП (и платины, и палладия).

14. Превращение России в первую платиновую державу мира.

## ВЫВОДЫ

Есть все основания считать, что выполненные научные исследования по Программе “Платина России” не имеют аналогов ни в России, ни за рубежом. Научная новизна работы заключается в решении следующих вопросов:

– проблем развития, воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов Российской Федерации на основе целого ряда параметров, в том числе, ее соотношения с минерально-сырьевым потенциалом мира, страны и отдельных наиболее значимых платиноносных регионов (провинций, областей, райо-

**Таблица 17.** Концепция развития, комплексного освоения, восстановления и сохранения минерально-сырьевой базы платиновых металлов России в XXI в. (вариант)

Производственные работы	Научные и технологические исследования	Разработка ТЭО
1	2	3
I этап (2005–2010 гг.)		
Поиски новых залежей МПГ-Cu-Ni руд в Норильском районе Ускоренная разведка и отработка платиносодержащих хвостотвалов Норильского техногенного месторождения с выходом на 5 т МПГ в год Разведка и отработка Федорово-Панского, Норильского малосульфидных платинометаллических, Мончегорского сульфидно-платиноидно-медно-никелевого и Рай-Изского платиносодержащего хромитового месторождений Коренная переоценка запасов МПГ вкрапленных и “медистых” руд Талнахского узла Опытная отработка уральских платиноидно-хромитовых и Сухоложского платиноидно-золоторудного месторождений Создание металлургической линии по производству феррованадия, феррохрома, титана, МПГ на Тихвинском заводе Попутное извлечение МПГ из алюминийсодержащих руд Кия-Шалтырского месторождения Извлечение тонкой платины из ранее “отработанных” россыпей Уральского региона	Обоснование новых крупнообъемных источников платиновых металлов Установление закономерностей распределения МПГ в породах и рудах всех минералогеохимических типов Создание теории аномальных геохимических и геофизических полей платиноидных месторождений Усовершенствование технологии извлечения МПГ из сульфидных МПГ-Cu-Ni руд и создание технологических схем для углеродистых, хромитовых, ванадий-титаномагнетитовых, нефелиновых, апатит-магнетитовых и прочих типов руд на основе их современной наноминералоготехнологической оценки	Строительства карьеров “Талнах”, “Имангда”, “Норильск-2” для отработки малосульфидных и вкрапленных руд Талнахского и других месторождений Комплексного освоения Пудожгорского, Тимского, Падминского, Сухоложского и других месторождений Широкомасштабной добычи вкрапленных сульфидных платиноидно-медно-никелевых и малосульфидных платинометаллических руд в Норильском районе
II этап (2010–2015 гг.)		
Попутное получение МПГ из ванадий-титаномагнетитовых руд Пудожгорского и Чинейского, медистых песчаников Игарского и Удоканского, месторождений железных руд Курско-Белгородского района Строительство карьера “Талнах” и эксплуатация его и карьера “Медвежий ручей” с годовой производительностью 10–15 т МПГ. Отработка Норильского техногенного месторождения с производительностью до 10 т МПГ ежегодно Выход на полную мощность (10–30 т/год) Федорово-Панского и Сухоложского месторождений. Опытная промышленная эксплуатация месторождений г. Генеральской и ряда объектов в Южно-Сибирском, Корякско-Камчатском и Центрально-Российском регионах Оценка перспектив промышленной платиноносности золоторудных месторождений Таймыр-Североземельской и других провинций	Выявление новых нетрадиционных типов платиносодержащих месторождений (железные, алюминийсодержащие, апатит-магнетитовые руды, каменные угли, нефти, калийные соли, бокситы и др.) Разработка совершенных технологий прогнозирования, поисков и ускоренной оценки платиноидных месторождений важнейших промышленных типов Создание государственных стандартных образцов нетрадиционных типов руд Составление Атласа разномасштабных прогнозно-платинометаллогенетических карт крупных регионов, провинций и областей	Создания Карело-Кольской и Курско-Воронежской баз платинодобычи Создания Южно-Сибирской, расширения Карело-Кольской, Курско-Воронежской, Уральской и Норильской минерально-сырьевых баз платинодобычи Комплексного освоения месторождений ряда нетрадиционных типов
III этап (2015–2025 гг.)		
Широкомасштабная добыча вкрапленных сульфидных МПГ-Cu-Ni-руд в Норильском районе Оценка запасов МПГ в малосульфидных, золоторудных, полиметаллических и других месторождениях Южной Сибири, Дальнего Востока и Урала Ввод новых мощностей сплошных богатых МПГ руд	Исследование процессов экстракции МПГ из силикатных расплавов Оценка роли первичной магматической расслоенности в концентрировании МПГ	Расширения Корякско-Камчатской и Южно-Сибирской, создания Североземельско-Таймырской и Чукотской минерально-сырьевых баз платинодобычи
IV этап (после 2025 г.)		
Опытная промышленная отработка малосульфидных месторождений Южной Сибири, МПГ-Cu-Ni и других руд Дальнего Востока и Урала Оценка активных запасов МПГ России	Обоснование системы рационального природопользования в платиновых регионах	Восстановления и сохранения в долгосрочной перспективе минерально-сырьевой базы платиновых металлов России

нов и узлов), конъюнктуры мирового рынка, разработанных технологий извлечения МПГ, в том числе, оригинального доменно-конвекторного метода, созданного А.А. Маракушевым [26] в экспериментальном варианте;

- установления закономерностей размещения и формирования ведущих типов платинометаллических месторождений, составляющих минерально-сырьевую базу мира, отдельных стран, Российской Федерации и ее отдельных регионов. Эти вопросы частично нашли отражение в вышедших при разработке Программы монографиях: “Платинометаллические месторождения мира”: т. I – “Малосульфидные платинометаллические месторождения в ритмично расслоенных комплексах” [28]; т. II – “Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения” [29]; “Платинометаллические месторождения России” [15]; “Металлогения платиноидов крупных регионов России” [14]; “Металлогения Таймыро-Норильского региона” [9];

- выявлении нового глобального источника платиновых металлов – щелочного магматизма, что отражено в монографиях: “Платинометаллические месторождения России” [15], “Платиноносные щелочно-ультраосновные интрузии Полярной Сибири” [33] и “Металлогения Таймыро-Норильского региона” [9];

- обоснования новых крупнообъемных источников МПГ – золото-платиноидных месторождений в черносланцевых комплексах и платиносодержащих железорудных месторождениях, служащих гарантом лидирующего положения России на мировом рынке;

- восстановления в геологическом времени платиноидного рудообразования.

Таким образом, выполняемая по этой Программе работа может быть отнесена к одной из наиболее значимо важных технологий – “Оценка, комплексное освоение месторождений и глубокая переработка стратегического сырья в Российской Федерации”, которая принята на совместном заседании Совета Безопасности РФ, Президиума Госсовета и Совета по науке и высоким технологиям при Президенте Российской Федерации и утверждена Президентом страны.

Важнейшие научно-практические итоги проведенных по обсуждаемой Программе исследований заключаются в частичном решении научных проблем: “Платиноносность магматических формаций”, “Платиноносность черносланцевых формаций”, “Геодинамика и платинометаллическое рудообразование”; открытия новых платиноносных провинций: Таймырской, Карельской, Воронежской, Енисейского края, Кузнецко-Алатауской и др. с составлением первой, не имеющей аналогов в мире, “Карты платиноносности России”; а также открытия суперкрупных и гигантских (Талнахско-Норильское и Федорово-Панское платиноме-

талльные, Сухоложское и Тимское черносланцевые платиноидно-золоторудные, Норильское техногенное) и крупных (Онежское черносланцевое ванадий-уран-платиносодержащее, Олимпиадинское золото-платиноидное, Пудожгорское и Койкаро-Святнаволоцкое золото-платиносодержащие титаномагнетитовые) месторождений МПГ.

Одновременно были разработаны новые, фундаментально обоснованные технологии прогнозирования и поисков платиносодержащих и платинометаллических месторождений.

Значимость полученных результатов определяется, в первую очередь, установлением закономерностей размещения разнотипных и разномасштабных платиноидных месторождений для крупнейшего сегмента нашей планеты, а также созданием моделей формирования гигантских сульфидных платиноидно-медно-никелевых, малосульфидных платинометаллических и золото-платиноидных в черных сланцах месторождений.

Весьма важно также прикладное хозяйственное значение достигнутых результатов – обеспечение страны для внутреннего потребления и экспорта важнейшими стратегическими металлами Pt, Pd, Rh, Ir, Os и, вместе с тем, несомненно социальный фактор этих результатов исследований: реализация обоснованных рекомендаций по развитию минерально-сырьевых баз платинодобычи приведет к экономическому оживлению Северо-Западного, Центрально-Российского, Уральского, Южно-Сибирского и Дальневосточного регионов нашей страны и, соответственно, к созданию сотен тысяч новых рабочих мест. Изменение негативной ситуации с сырьем на северо-западе России обеспечит возрождение таких крупных комбинатов, как “Печенганикель” и “Североникель”.

Безусловно и политическое значение полученных результатов, реализация которых уже в 2010–2015 гг. позволит России добывать платиновые металлы в количествах, сопоставимых с объемами экспорта 1994–1996 гг. Это реальная альтернатива для нашей страны – стать лидером мирового рынка платиновых металлов, при этом не за счет ежегодного изъятия их из госрезерва, что резко уменьшает валютные вложения Центробанка и обесценивает российский рубль, а путем погашения налоговых отчислений платинодобывающими предприятиями. Укрепление Карело-Кольской базы платинодобычи за счет низкосернистых малосульфидных платинометаллических руд значительно улучшит в то же время экологическую ситуацию в Западной Арктике и, соответственно, снимет напряженность в отношениях со скандинавскими соседями. Введение же в строй рекомендуемых нами крупнообъемных источников МПГ обеспечит Российской Федерации долговременное лидирующее положение на мировом рынке.

Результаты выполненных работ дают основания рекомендовать:

1. Разработать и реализовать на средства ОАО ГМК “Норильский никель” специальный проект “Поиски и открытие новых залежей МПГ-Cu-Ni руд в Норильском районе”.

2. Поставить тему: “Разработать рациональную стратегию развития, воспроизводства и комплексного освоения минерально-сырьевой базы Российской Федерации” с 30.07.2010 г. с целью обеспечения ресурсной безопасности страны. Для реализации этого предложения необходимо выделение ассигнований по теме 51 млн. руб., в том числе в 2010 г. – 7 млн. руб.

3. Рассмотреть проблему состояния, воспроизводства и комплексного освоения минерально-сырьевой базы платиновых металлов России на Координационном совете программы “Платина России” в НТР МПР в сентябре 2010 г.).

Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность всем соисполнителям программы “Платина России” и рассчитывают на дальнейшее плодотворное совместное сотрудничество.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабонин Н.Л., Корчагин А.У., Субботин В.В. и др. Минералы платиновых металлов и новые данные о главных минералах руд Федорово-Панского массива // Вестник МГТУ. 2000. Вып. 3. № 2. С. 179–204.
2. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
3. Валетов А.В., Бадтиев Б.П., Рябкин В.А. и др. Современное состояние минерально-сырьевой базы ОАО “Норильская горная компания” // Цветные металлы. 2000. № 6. С. 10–14.
4. Геология и золотоплатиноносность нефелиновых пород Западной Сибири / А.М. Сазонов, С.И. Леонтьев, О.М. Гринева и др. Томск: Томский политехнический университет, 2000. 248 с.
5. Глазунов О.М., Богнибов В.И., Еханин А.Г. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. Иркутск: ИГ СО РАН, 2003. 192 с.
6. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2007 г. / Гл. ред. С.Е. Донской. М.: Центр “Минерал”, ФГУНПП “Аэрогеология”, 2008. 388 с.
7. Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 121 с.
8. Додин А.Л., Додин Д.А., Шануренко Н.К. и др. Металлогения краевых структур Сибирской платформы // Геология руд. месторождений. 1988. Т. 30, № 6. С. 3–12.
9. Додин Д.А. Металлогения Таймыро-Норильского региона. С-Пб: Наука, 2002. 822 с.
10. Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М.: Геоинформмарк, 2007. 130 с.
11. Додин Д.А., Коробейников А.Ф. Особенности размещения и генезиса крупных и уникальных месторождений платиновых металлов России // Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт, 1998. С. 193–203.
12. Додин Д.А., Леньчук Д.В., Изюмко В.М. Техногенные месторождения Норильского района // Геологическая оценка и переработка руд разных генетических типов. СПб.: Механобр, 1993. С. 10–12.
13. Додин Д.А., Чернышов Н.М. Сульфидно-никеленосные рудно-магматические системы и их эволюция // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1992. № 5. С. 84–101.
14. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Чередникова О.А. Металлогения платиноидов крупных регионов России. М.: Геоинформмарк, 2001. 302 с.
15. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 755 с.
16. Додина Т.С. Оценка никеленосности северо-запада Сибирской платформы на основе анализа геохимических полей // Рудоматические комплексы северо-запада Сибирской платформы и Таймыра. Л.: Севморгеология, 1985. С. 15–17.
17. Золоев К.К., Волченко Ю.А., Коротеев В.А. и др. Платинометалльное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. 199 с.
18. Лавров Н.П., Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л. и др. Платина и другие самородные металлы в рудах месторождения Сухой Лог // Докл. АН. 1997. Т. 335, № 5. С. 664–668.
19. Лазаренков В.Г., Петров С.В., Таловина И.В. Месторождения платиновых металлов. СПб.: Недра, 2002. 298 с.
20. Минерально-сырьевой потенциал России на пороге XXI века / Д.А. Додин, Л.В. Оганесян, Н.М. Чернышов и др. М.: Геоинформмарк, 1998. 121 с.
21. Митрофанов Ф.П., Корчагин А.У., Рундквист Т.В. Федорово-Панская расслоенная мафическая интрузия (Кольский полуостров) // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М., 2004. С. 175–186.
22. Платина России. Т. I. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М.: Геоинформмарк, 1994. 252 с.
23. Платина России. Т. II. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов // М.: Геоинформмарк, 1995. Кн. 1. 204 с. Кн. 2. 200 с.
24. Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке. М.: Геоинформмарк, 1999. Т. III. 368 с. Т. IV. 310 с.
25. Платина России. Т. V. Проблемы развития, оценки, воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М.: Геоинформмарк, 2004. 486 с.
26. Платина России. Т. VI. Новые нетрадиционные типы платиносодержащих месторождений. Результаты и направление работ по программе “Платина России”. М.: Геоинформмарк, 2005. 320 с.
27. Платина России (результаты и направления работ по программе “Платина России”) / Д.А. Додин, Н.М. Чернышов. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2004. 129 с.

28. Платинометалльные месторождения мира. Т. I. Малосульфидные платинометалльные месторождения в ритмично расслоенных комплексах / Д.А. Додин, Н.М. Чернышов, Д.В. Полферов, Л.Л. Тарновецкий. М.: Геоинформмарк, 1994. 279 с.
29. Платинометалльные месторождения мира. Т. II. Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения / Д.А. Додин, Э.А. Ланда, В.Г. Лазаренков. М.: Геоинформмарк, 2003. 409 с.
30. Платинометалльные месторождения мира. Т. III. Комплексные золото-редкометалльно-платиноидные месторождения / А.Ф. Коробейников. М.: Научный мир, 2004. 236 с.
31. Прохоров М.Д. Реализация программы развития водородной энергетики вернет России статус великой экономической державы // Высокие технологии на российском рынке драгоценных металлов и драгоценных камней. М.: АСМИ, 2004. С. 96–98.
32. Рудашевский Н.С., Кнауф В.В., Чернышев Н.М. Минералы платиновой группы из черных сланцев КМА // Докл. АН. 1995. Т. 334, № 1. С. 91–95.
33. Сазонов А.М., Звягина Е.А., Леонтьев С.И. и др. Платиноносные щелочно-ультраосновные интрузии Полярной Сибири. Томск: Томский политехнический университет, 2001. 510 с.
34. Самойлов А.Г., Ванюнин Н.В., Тимкин С.Б. Золото архипелага Северная Земля // Минеральные ресурсы. Экономика и управление. 1999. № 1. С. 27–31.
35. Федорово-Панское малосульфидное платинометалльное месторождение – крупнейший объект производства металлов XXI века / Ю.Н. Седых, В.М. Ступак, А.П. Никитичев и др. М.: Геоинформмарк, 2000. 94 с.
36. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона. Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2004. 448 с.
37. Чернышов Н.М. Золото-платинометалльное оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2007. 177 с.
38. Чернышов Н.М., Изютко В.М., Петров С.В. и др. Первые находки минеральных форм металлов платиновой группы в железистых кварцитах КМА // Докл. АН. 2003. № 1. С. 104–107.
39. Чернышов Н.М., Коробкина Т.П., Лапутина И.П. Состав сульфидов золото-платиноносных черносланцевых толщ раннего докембрия КМА и некоторые особенности распределения в них благородных металлов // Вестник Воронежского университета. Сер. геол. 1997. № 3. С. 56–65.

Рецензент И.А. Малахов

## The platinum of Russia: State and perspectives

D. A. Dodin\*, T. S. Dodina\*, K. K. Zoloev\*\*, V. A. Koroteev\*\*, N. M. Chernyshov\*\*\*

\*All-Russia Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean

\*\*Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS

\*\*\*Voronezh State University

For the first time the state and perspectives of platinum-bearing of the whole Russia and its platiniferous provinces, as Kola-Karelian, Kursk-Voronezh, Urals, North and South Siberian, and Far-Eastern are considered within the limit of a single paper. A conception of overall exploration, reconstruction and preservation of Russian platinum mineral-product base has been elaborated. It is convincingly demonstrated that Russia will be transformed into an advanced platinum-bearing world power, if such strategy will be realized.

Key words: *platinum, palladium, Russia, platiniferous region (province), conception, strategy, PGE recovery, platinum-metal deposit, mineral resources bases of platinum getting.*