

М. 21

Д. А. Дорин  
Л. В. Олександр  
И. И. Чернышев  
Б. И. Яковлев

МИНЕРАЛЬНО-  
СЫРЬЕВОЙ  
ПОТЕНЦИАЛ  
МАГНИТОВЫХ  
МЕТАЛЛОВ  
РОССИИ  
НА ПОРОГЕ  
XXI ВЕКА

Москва  
1998

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



*К 300-летию геологической  
службы России*

**Д.А.Додин, Л.В.Оганесян,  
Н.М.Чернышов, Б.А.Яцкевич**

**МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ  
ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ РОССИИ  
НА ПОРОГЕ XXI ВЕКА**

**Москва  
ЗАО «Геоинформмарк»  
1998**

Додин Д.А., Л.В.Оганесян, Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России на пороге XXI века / Под ред. В.П.Орлова. – М.: ЗАО "Геоинформмарк", 1998. – 121 с., ил. Библиогр.: с. 118-121. – ISBN 5-900357-18-X.

Объемы добычи металлов платиновой группы (МПГ) в мире в течение ряда лет не обеспечивают их спрос. В частности, в 1994-1996 гг. дефицит спроса был погашен за счет увеличения объемов российского экспорта из созданных складских запасов. В связи с постоянно падающей добычей МПГ на Норильском комбинате необходимо предусмотреть меры по расширению минерально-сырьевой базы платиновых металлов России – второй страны в мире по запасам и объемам добычи МПГ.

Рассмотрены оригинальная классификация платиноидных месторождений, закономерности их размещения и формирования. Показано, что крупные и уникальные месторождения МПГ являются составными частями приуроченных к рифтогенам полизональных и полихронных рудно-магматических и рудно-метасоматических систем.

В качестве новых источников для расширения минерально-сырьевого потенциала МПГ России XXI в. предлагаются платинометалльные малосульфидные, платиносодержащие золоторудные и полиметалльные черносланцевые, хромитовые, титаномагнетитовые, алюминийносные, железорудные, меденосные, соленосные и техногенные месторождения.

Реализация приоритетов геолого-разведочных и научно-исследовательских работ, обоснованных в монографии и направленных на расширение потенциала Норильской, Алданской и Корякско-Камчатской, возрождение Уральской, создание Карело-Кольской, Южно-Сибирской и Курско-Воронежской баз платинодобычи, позволит к 2003-2005 гг. довести добычу МПГ в России до уровня 1993 г. с последующим ежегодным увеличением на 3-8%.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов в области геологии, металлогении и экономики платиноидных месторождений.

## ВВЕДЕНИЕ

---

Уникальный минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов (МПГ) России является вторым в мире (после ЮАР).

Высокая ценность МПГ, отличная конъюнктура на мировом рынке, обусловленная их постоянно растущим потреблением в промышленности (в первую очередь автомобильной, электронной, ювелирной) и новейших технологиях, значительной ролью в валютных запасах, исключительная редкость промышленных месторождений, постоянное открытие у нас и за рубежом проявлений МПГ в нетрадиционных обстановках, доказанная при исследованиях по программе "Платина России" [32-35] возможность прироста ресурсов и запасов платиноидов в нашей стране определяют необходимость разработки надежной концепции развития минерально-сырьевой базы МПГ Российской Федерации в XXI в. В настоящее время это имеет особое значение в связи с постоянным падением добычи МПГ, которая превышает прироста запасов и значительно уступает объемам российского экспорта в 1994-1996 гг. [10,11,57,59,65,66,68-70]. Поставки МПГ и, в первую очередь, палладия из России играют определяющую роль в развитии целого ряда отраслей промышленности. *В связи с этим обоснование основных положений стратегии развития минерально-сырьевой базы МПГ Российской Федерации в XXI в. приобретает общемировое значение.*

Приведенные ниже материалы получены преимущественно в рамках разработанной и реализуемой в Министерстве природных ресурсов Российской Федерации под руководством и при непосредственном участии авторов монографии программы "Платина России" (рис. 1), [33-35].

Авторы считают своим долгом выразить благодарность и признательность редактору монографии академику РАЕН В.П.Орлову, а также заместителю начальника Департамента науки и морских работ МПР Н.В.Милетенко и начальнику отдела указанного департамента А.Н.Лабутину за постоянную помощь и поддержку исследований по программе "Платина России". Успешной работе над монографией во многом способствовали постоянные творческие контакты с крупнейшими российскими

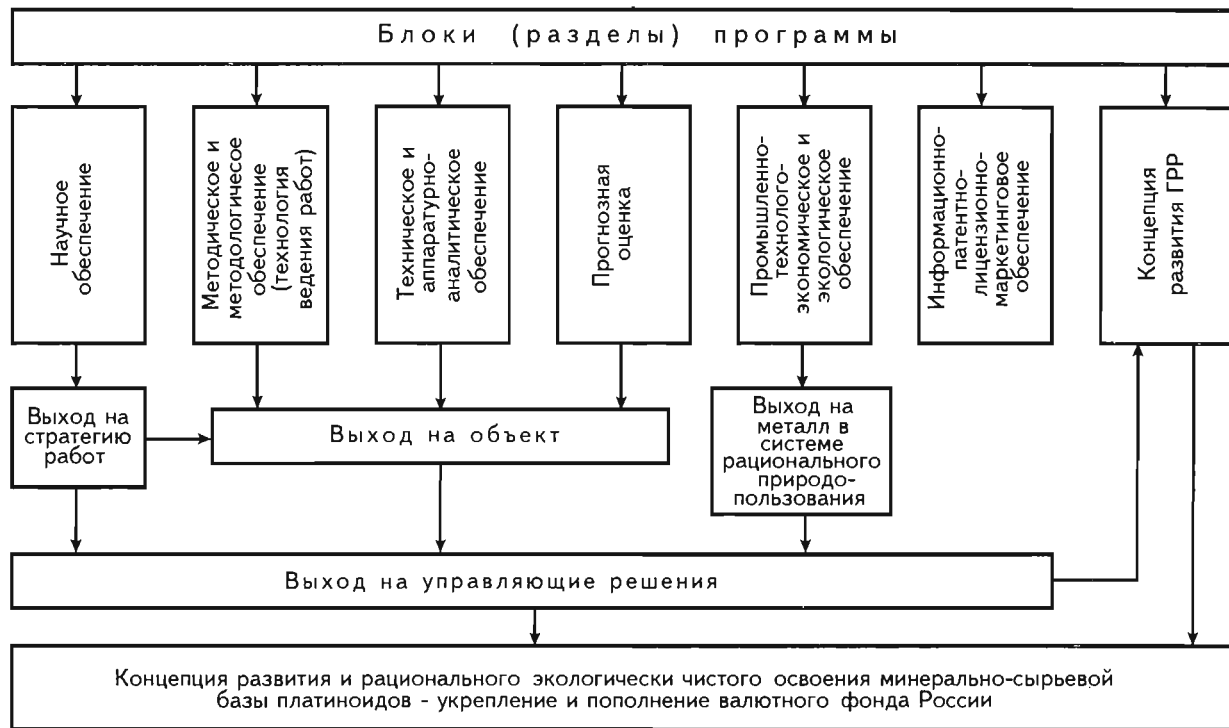


Рис. 1. Блоки программы «Платина России»

специалистами в области геологии, магматизма и рудогенеза: академиками РАН О.А.Богатиковым, И.С.Грамбергом, Н.П.Лаверовым, Д.В.Рундквистом, Н.А.Шило и А.Д.Щегловым, членами-корреспондентами РАН Г.И.Горбуновым, Г.В.Поляковым, М.И.Кузьминым, Ф.П.Митрофановым, И.Я.Некрасовым и другими.

## СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

---

### Конъюнктура, потребление и источники

За последние шесть лет потребление платины выросло в 1,2, а палладия – в 1,8 раза. В потреблении прочно лидирует автомобильная промышленность (36%). Замена значительного объёма платины на палладий при производстве автомобильных фильтров-нейтрализаторов является крупным техническим достижением последних лет. Широкое использование платины в химической промышленности, производстве стекла и нефтедобыче сохраняется в течение ряда лет при возрастании требований к качеству металла. По данным горного отдела МВД США, к 2000 г. мировая потребность в платине может достигнуть 177,3 т, палладия – 264,4, родия – 12,5, иридия – 1,0, осмия – 0,8 т [19]. Сравнение этих данных и приведенных в табл. 1 показывает абсолютную реальность такого прогноза. Мировое потребление родия уже в 1990 г. (12,8 т) на 0,3 т превысило прогнозируемые цифры, а в 1995 и 1996 гг. составило соответственно 14,2 и 14,7 т [11].

Высокий, в некоторые годы превышающий потребление, спрос на МПГ, отсутствие технологических решений по замене этих металлов другими и частые перебои в их поставках из основных стран-производителей – ЮАР и России обуславливают постоянный (с некоторыми колебаниями) рост цен на основные платиноиды – Pt, Pd (табл. 2). Приостановление в первом полугодии 1997 г. поставок платины и палладия из России, забастовка 4600 рабочих на крупнейшем в мире южноафриканском платиновом руднике Рустенбург привели к резкому подъему цен на эти металлы соответственно до 15,98 и 7,39 дол/г.

Главные поставщики МПГ на мировой рынок – ЮАР (63,3% общемирового поступления платины и 23,8% палладия в 1996 г.) и Россия (23,8 и 65,3% соответственно), главные потребители – Япония, США и страны Западной Европы.

Эксперты ряда компаний ("Джонсон Мэтьюс", "Импала Платинум", "Стандард Бэнк") считают, что резко возросший в 1994-1996 гг. объём российского экспорта платины и палладия обеспечен значительным

Мировой рыночный баланс платины

Показатели	Платина				
	1991	1992	1993	1994	1995
<i>Поступление, т</i>					
Всего	136,8 135,6*	140,8	144,5 146,8**	151,0 149,3**	164,7
В том числе:					
Россия	34,2 28,9*	24,3	20,5 21,8**	31,7 29,6** 34,8***	38,9
ЮАР*****	94,2 90,2*	99,7	107,0	98,1 98,0**	104,2
прочие страны	8,1*		10,9**	11,2 10,8**	10,4
из вторичного сырья	8,4	16,8	17,0 9,3**	10,0 10,9**	11,2
<i>Спрос, т</i>					
Всего	133,0	127,8	136,0	150,6 148,4**	159,2
В том числе: по отраслям промышленности:					
автомобильной	49,0	52,0	58,0 56,0**	59,6 60,6**	62,7
ювелирной	45,7	47,1	48,0 49,8**	53,5 52,9**	56,0
электронной и электротехнической	6,8	6,3	6,5	37,5****	40,5****
прочим	31,5	22,4	23,5		
Примерная среднегодовая мировая цена, дол/г	12,09	11,44	11,90	13,03	13,64

\*Luma Jornal, 1993.

\*\*Mining Jornal Suppl, 1995, May 26.

\*\*\*Mining Jornal, 324, № 8308.

и палладия в 1991-1996 гг.

1996	Палладий					
	1991	1992	1993	1994	1995	1996
165,2	124,2	122,0	125,3	167,3 164,9**	199,4	214,5
35,0	66,9	65,3	63,7	102,6	127,5	140,0
106,8	54,7	53,8	58,5	46,3	51,2	51,0
10,9				15,9	17,9	20,1
12,5	2,6	2,9	3,1	2,5	2,8	3,4
162,6	120,4	123,9	128,5	159,4	192,7	212,4
64,4	11,0	15,2	21,8	35,0	53,3	72,8
57,2	6,5	6,4	6,4		Нет свед.	
41,0****	57,7	56,9	56,6	69,4	82,4	80,8
	45,2	45,4	43,7	55,0	57,0	58,8
12,77	2,83	2,78	3,89	4,60	4,86	4,30

Остальные данные: за 1991-1993 гг. – из статьи В.Лешкова «Платина» (Деловой мир, 16-22 мая 1994 г.), за 1994-1996 гг. – из материалов «Импала платинум» (Финансовые известия № 32/316 от 22.09.96).

\*\*\*\* В сумме по электронной и электротехнической промышленности и прочим.

\*\*\*\*\* За 1991-1993 гг. поступление платины и палладия даны в сумме с прочими странами.



МПП	1980	1981	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1991
Pt	14,15	14,37	13,63	12,21	9,39	14,95	17,9-23,0	21,4	12,09
Pd	6,75-9,64	3,05	4,37	5,14	3,38	3,72	4,2	4,0	2,83
Rh	25,08	10,60	10,16	20,58	30,19	37,49	39,4	39,2	85,52
Jr	15,43	17,00	10,10	12,86	14,31	13,54	12,0	10,0	10,29
Ru	1,61	1,02	0,93	1,45	3,41	2,40	2,3	2,1	2,09
Os	4,82	4,17	4,24	4,82	30,84	24,20	21,9	19,7	16,08

заимствованием из государственных стратегических запасов (соответственно до 18,7 и 60-70 т в 1995 г. и 85-95 т палладия в 1996 г.) [10,11,68-70]. И это, вероятно, связано не только с необходимостью крупных валютных поступлений (~1,1 млрд дол. в 1995 г.) для покрытия бюджетного дефицита, но и с совершенно обоснованным стремлением сохранить за Россией рынок платиновых металлов, не допустив резкого, характерного для первой половины 1997 г., роста цен на палладий (см. табл. 2). В противном случае, особенно с учетом нарушения в 1997 г. сроков поставок палладия, может возникнуть ситуация, когда крупнейшему потребителю этого металла – Японии будет целесообразнее приобретать южно-африканскую платину, нежели российский палладий, или искать возможность его замены в автомобильной и электронной промышленности другими металлами. *Это, безусловно, одна из очень существенных причин, определяющая необходимость расширения минерально-сырьевой базы платиновых металлов Российской Федерации.*

Главные источники поступления МПП – месторождения Бушвельда и Норильского промышленного района. Существенным резервом дополнительного поступления платиновых металлов (до 20 т в 1992-1993 гг.) является вторичное сырье [2,3,19].

Рассмотренный прогноз мировой потребности в МПП и достаточно стабильные с некоторым ростом цены на основные из них – Pt и Pd обуславливают полную правомерность отнесения их к полезным ископаемым – "лидерам", потребление которых неизбежно увеличива-

1992	1993	1994	1995	1996	1997 (по месяцам)					
					I	II	III	IV	V	VI
11,44	11,90	13,03	13,47- 14,75	12,77	11,69	11,30	12,15	11,95	12,30	12,81- 15,98
2,78	3,89	4,60	4,86	4,30	3,90	4,50	4,72	4,93	5,42	5,54- 7,39
77,22	34,50	24,11	16,81	7,88- 10,29	7,23	6,27	6,27- 7,88	8,52	9,64	9,64- 10,13
6,89	9,00	2,25	2,09	2,09	4,02	6,11	5,78- 6,11	5,14- 5,79	5,14	5,14
1,22	2,00	0,80	0,84	1,59	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
12,90	16,0- 20,0	14,86	12,86- 14,47							Нет свед.

ется пропорционально росту народонаселения и благосостояния общества [29].

### Мировая минерально-сырьевая база платиновых металлов и роль в ней России

Подтверждённые запасы МПГ основных зарубежных стран-производителей по состоянию на 01.01.96 г. [24] оцениваются в 51820 т, в том числе 24770 т платины (табл. 3) при соответствующих данных на 01.01.94 г – 51010 и 24418 т, на 01.01.93 г – 50988 и 24413 т, на 01.01.92 г. – 51010 и 24415 т, на 01.01.88 г. – 50897 и 24352 т. По другим оценкам [57], мировые запасы МПГ (с учётом России) составляют 50 тыс. т, а прогнозные ресурсы – 59 тыс. т; ранее величина последних оценивалась несколько выше (табл. 4). Анализ табл. 3 и 4 позволяет отметить:

большая часть (98,7%) зарубежных мировых запасов МПГ сосредоточена в пределах Южно-Африканской платиноносной провинции (рис. 2);

почти 50% запасов приходится на долю платины, из них 49,5% связаны с той же провинцией;

постоянное увеличение добычи МПГ в Южно-Африканской провинции компенсируется приростами их запасов (запасы МПГ на начало 1994 и 1996 гг. составляли 49920 т, в том числе 23950 т платины);

**Подтвержденные запасы МПГ в зарубежных странах  
на 01.01.96 г., т/% (по [24])**

Страна	МПГ	В том числе Pt
ЮАР	49920/96,33	23950/96,69
Канада	520/1,00	200/0,81
Зимбабве	411/0,79	229/0,92
США	310/0,60	110/0,44
Финляндия	300/0,58	83/0,34
Китай	200/0,39	120/0,48
Гренландия	78/0,15	34/0,14
Колумбия	30/0,06	28/0,11
Австралия	25/0,05	4/0,016
Бразилия	17/0,032	7/0,03
Югославия	5/0,01	1/0,004
Эфиопия	2/0,004	2/0,01
Пакистан	2/0,004	2/0,01
Всего	51820/100,00	24770/100,00

основная доля (99,83%) в ресурсах и запасах МПГ обрабатываемых объектов принадлежит платиноидно-хромитовым, малосульфидным платинометалльным и сульфидным платиноидно-медно-никелевым месторождениям (см. табл. 4).

Монопольное положение ЮАР на рынке платиноидов, обеспеченное мощной сырьевой базой, привело к неоднократной активизации геологоразведочных работ на платиносодержащие руды традиционных и нетрадиционных типов в Канаде, США, Китае, Австралии, Новой Зеландии, Гренландии, Папуа Новой Гвинее, Зимбабве, Финляндии, Албании, Болгарии, в последние годы и в России. Эти работы привели к определенному расширению минерально-сырьевой базы МПГ в ряде стран. Так, значительные разведанные и оцененные запасы МПГ при невысоком качестве руд и ведущей роли платины и палладия (соответственно 54,8 и 39,5% запасов) к настоящему времени имеются в Китае [64], где установлен 31 перспективно-платиноносный район. В районе Цзиньчуань на одноименном сульфидном платиноидно-медно-никелевом месторождении обнаружено несколько сотен рудных гнезд с повышенными содержаниями МПГ (53% общекайтайских запасов) при средних: Pt – 0,13-1,01 г/т, Pd – 0,12-0,9 г/т. Безусловное промышленное значение будут иметь платиносодержащие объекты в черносланцевых комплексах, расположенные, по мнению китайских геологов [58], в пределах платиноносного пояса

**Прогнозные ресурсы МПГ месторождений  
различных рудных формаций (по [2;61])**

Рудная формация	Тип месторождений	Месторождение	Ресурсы, тыс.т/%
Малосульфидная платинометальная	Стиллуотерский	Стиллуотер Лак-дез-Иль, Маратон	1,06/1,39 0,10/0,13
	Рифа Меренского	Бушвельд Великая дайка	16,96/22,32 7,89/10,38
Итого			26,01/34,22
Сульфидная платиноидно-медно-никелевая	Норильско-Талнахский	Норильск-Талнах	6,20/8,16
	Садберийский	Садбери	0,22/0,30
	Плэтрифский	Бушвельд	11,38/14,97
	Австралийский	Камбалда	0,01/0,01
Итого			17,81/23,44
Платиносодержащая хромитовая	Бушвельдский	Бушвельд (UG-2)	32,05/42,17
Платиносодержащая медно-порфировая	Бингхемский	Бингхем и др.	0,03/0,04
Платиносодержащая россыпная		Месторождения США, Колумбии и др.	0,10/0,13
Всего			76,00/100,00

протяженностью до 2000 км при мощности рудоносных горизонтов в первые десятки метров. В результате геологических исследований на МПГ в США выделены 53 перспективные области, в том числе: на россыпи – 4, платиносодержащие меднорудные месторождения – 10, платиноносные черные сланцы – 21, платино-урано-золоторудные объекты – 7, платиноносные кварцевые конгломераты – 8, в кобальто-медном месторождении Блэкборд – 1, в полиметаллическом месторождении – 1, на платиноносных брекчиевых трубках урановых месторождений – 1 [62]. В Индии открыто крупное платиносодержащее (до 20 г/т) с Ni и Co месторождение в латеритных корах выветривания. Предварительно оцененные запасы платины на площади 450 км<sup>2</sup> (1/6 часть общей площади развития кор выветривания) превышают 30 тыс.т [3]. Если эти данные подтвердятся, то Индия может стать реальным конкурентом ЮАР на рынке платины. За последние

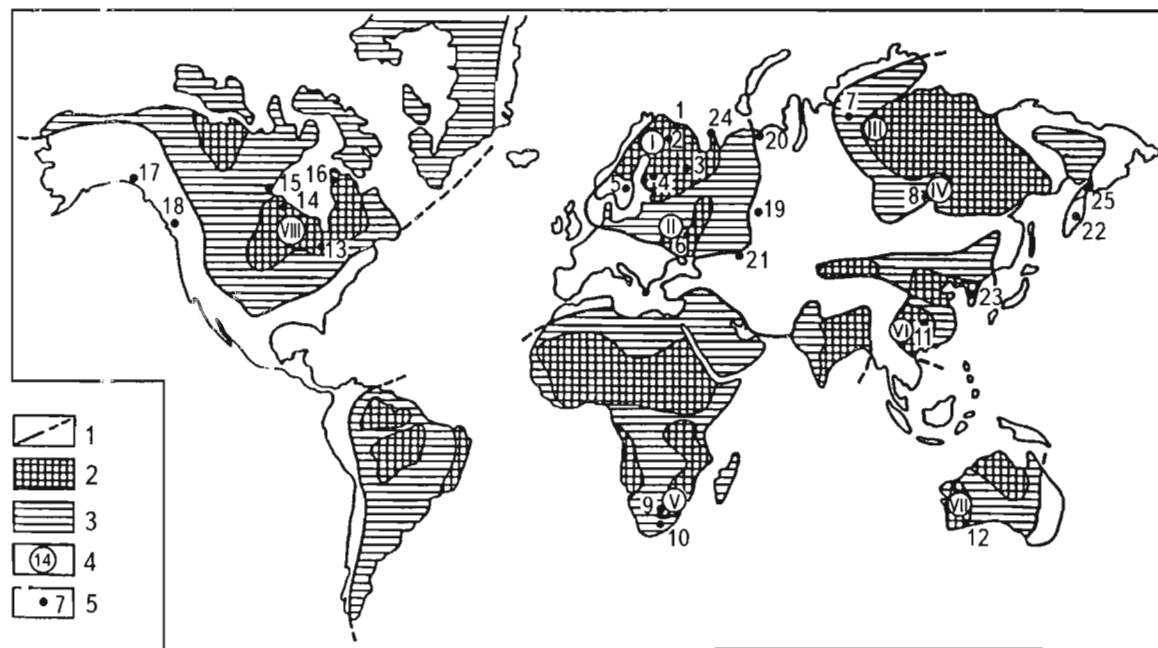


Рис. 2. Схема размещения некоторых платиноносных провинций и районов мира  
(по [15] с изменениями и дополнениями авторов)

1 – границы древних платформ; 2 – архейско-нижнепротерозойские кратоны; 3 – средне-позднепротерозойские складчатые области; 4 – платиноносные провинции: I – Карельская и Кольская; II – Воронежская; III – Средней Сибири: Маймеча-Котуйская, Анабаро-Оленекская, Виллойская, Куонамская и др.; IV – Южной Сибири, в том числе Байкальская и др.; V – Южно-Африканская (пояс р.Оранжевой); VI – Южно-Китайская; VII – Западно-Австралийская; VIII – Канадская; 5 – платиноносные и потенциально-платиноносные районы: 1 – Печенгский, 2 – Мончегорский, 3 – Ветреного Пояса, 4 – Северо-Карельский, 5 – Роновский, 6 – Еланско-Тимской, 7 – Норильский, 8 – Северо-Байкальский, 9 – Бушвельдский, 10 – Инсизванский, 11 – Сычуанский, 12 – Норманский, 13 – Садберийский, 14 – Сьюпириорский, 15 – Томсоновский, 16 – Унгавинский, 17 – Невадский, 18 – Аппалачский, 19 – Южно- и Среднеуральский, 20 – Полярно-Уральский, 21 – Кемпирсайский, 22 – Камчатский, 23 – Северо-Корейский, 24 – Тиманский, 25 – Корякский

несколько лет значительно увеличились запасы МПГ в Канаде и Финляндии.

*Роль российских объектов в общей мировой сырьевой базе чрезвычайно велика.* Если в течение XIX в. и первых двух десятилетий XX в. ведущее положение в мире занимали платиновые россыпи Урала с предполагаемыми запасами 500 т [6], а в 40-60-е годы прочное место заняли руды сульфидного платиноидно-медно-никелевого месторождения Норильск-1 [50], то после открытий месторождений Талнаха (1960 г.) и Октябрьского (1965 г.) Россия снова стала обладать одной из крупнейших минерально-сырьевых баз МПГ. Причем наиболее высококачественными по содержаниям и значительному (>50%) присутствию их в минеральных формах являются богатые сплошные руды названных месторождений, в которых сосредоточено более 30% всех запасов платиновых металлов России. Несравнимо меньшими запасами характеризуются сульфидные платиноидно-медно-никелевые месторождения Печенгского и Мончегорского (забалансовые запасы) районов, некоторые железо-титано-магнетитовые и медные объекты. В отработываемых россыпях (Корякские, Алданские, Уральские, Гулинские) заключено около 2-3% запасов МПГ России.

В настоящее время в связи с уменьшением доли богатых руд в товарной рудной массе Норильских месторождений качество запасов МПГ значительно ухудшилось. *Это ещё один существенный фактор, определяющий необходимость расширения минерально-сырьевой базы платиноидов России в первую очередь за счет высококачественных экологически чистых низкосернистых руд, россыпных, техногенных, а также комплексных объектов различных формационных типов.*

### **Производство платиновых металлов в мире и роль в нем России**

Мировая зарубежная добыча МПГ в трёх странах-производителях (ЮАР, США и Канада) за 1981-1988гг. выросла в 1,37 раза, за последние 6 лет – в 1,2 раза, а платины – в 1,3 раза (табл. 5), т.е. среднегодовой прирост добычи МПГ составляет 3-5%; по прогнозам экспертов он сохранится и в последующие годы. В 1994 г. в мире было добыто 23 т рутения, родия, осмия и иридия в 1993 г. – 28,4 т, в 1992 г. – 27,3 т [57].

В ЮАР добыча МПГ ведется из трёх платиноносных рифов Бушвельда (Меренского, UG-2, Плэттриф), из медьсодержащих карбонатитов Палаборы (~100 кг в год); осмистый иридий получают при переработке золотоносных конгломератов Витватерсранда (до 242 кг в 1942 г., по [3]).

Производство МПГ (числитель) и платины (знаменатель) в странах мира в 1970-1998 гг., т  
(по [2, 3, 24, 25, 57] и др.)

Страна	1970	1980	1985	1988	1991	1992	1993	1994	1995	1998 (прогноз)
ЮАР	<u>46,74</u> 33,28	<u>96,41</u> 58,81	<u>100,85</u> 72,16	<u>132,4</u> 79,03	<u>142,88</u> 86,19	<u>152,89</u> 87,0-96,3	<u>176,17</u> 104-111	<u>167,94</u> 98,0-104,5	<u>167,5</u> 104,2	<u>175</u> 118
Россия	Нет свед.	Нет свед.	62,8*	63,1*	<u>105</u> 30	<u>90</u> 23,3	<u>85,0-94,5</u> 20,0-28,4	<u>72,0</u> 21,2	<u>70</u> 21	<u>90</u> 20
Канада	<u>15,0</u> 6,5	<u>11,9</u> 5,8	<u>10,03</u> 4,67	<u>11,5</u> 4,6	<u>11,12</u> 4,7	<u>11,31</u> 4,8	<u>13,12</u> 5,2	<u>14,22</u> 6,04	<u>16,5</u> 4,8	<u>18,0</u> 5,4
США	<u>0,54</u> 0,25	<u>0,20</u> 0,09	<u>0,59</u> 0,07	<u>5,21</u> 1,36	<u>7,78</u> 1,73	<u>7,78</u> 1,73	<u>8,3</u> 1,8	<u>8,5</u> 1,8	<u>8,85</u> 2,02	<u>20</u> 7
Япония	<u>0,25</u> 0,1	<u>1,29</u> 0,38	<u>1,66</u> 0,61	<u>2,17</u> 0,75	<u>2,04</u> 0,99	<u>1,81</u> 0,63	<u>1,87</u> 0,66	<u>2,0</u> 0,7	<u>2,0</u> 0,7	<u>2,2</u> 0,9
Колумбия	<u>0,82</u> 0,72	<u>0,48</u> 0,42	<u>0,38</u> 0,36	<u>0,87</u> 0,85	<u>1,78</u> 1,66	<u>2,10</u> 1,96	<u>2,23</u> 1,72	<u>1,35</u> 1,26	<u>1,05</u> 1,0	<u>1,1</u> 1,0
Китай	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.	<u>0,55</u> 0,3	<u>0,75</u> 0,4	<u>0,8</u> 0,43	<u>0,9</u> 0,5	<u>0,95</u> 0,5	<u>1,3</u> 0,7
Зимбабве	-«-	<u>0,30</u> 0,09	<u>0,05</u> 0,02	<u>0,05</u> 0,02	<u>0,05</u> 0,02	<u>0,03</u> 0,01	<u>0,02</u> 0,01	Нет свед.	Нет свед.	<u>8,26</u> 4,66
Австралия	-	<u>0,39</u> 0,06	<u>0,57</u> 0,01	<u>0,62</u> 0,11	<u>0,54</u> 0,1	<u>0,4</u> 0,1	<u>0,4</u> 0,1	<u>0,4</u> 0,1	<u>0,4</u> 0,08	<u>0,5</u> 0,12
Финляндия	-	<u>0,03</u> 0,01	<u>0,13</u> 0,07	<u>0,22</u> 0,11	<u>0,28</u> 0,06	<u>0,27</u> 0,08	<u>0,26</u> 0,1	<u>0,2</u> 0,1	<u>0,25</u> 0,1	<u>0,5</u> 0,2
Всего	<u>63,35</u> 40,85	<u>111,0</u> 65,69	<u>185,06</u> 77,97	<u>216,14</u> 86,83	<u>272,0</u> 125,75	<u>267,34</u> 120,01-129,31	<u>288,17-297,6</u> 134,02-149,42	<u>267,51</u> 129,7-136,2	<u>267,5</u> 134,4	<u>316,86</u> 157,98

\*Экспорт.

В Канаде МПГ извлекаются из руд месторождений Садбери, Томпсон и Лак-дэз-Иль [7]. На последнем проектная мощность предприятия 4665 кг МПГ, 622 кг золота и по 910 кг меди и никеля; до глубины 180-215 м – открытый способ отработки с мощностью карьера 3 тыс.т в сутки.

В США МПГ получают из малосульфидных платинометаллических руд Стиллуотера, россыпей Аляски, при рафинировании меди (~0,5 т) и из вторичного сырья. На месторождении Стиллуотер начаты реконструкция первого и строительство второго рудников [71]. По нашим экспертным оценкам, к 2000 г. производство МПГ в США может быть утроено.

В Зимбабве на платиновом руднике Хартли (Великая Дайка) предполагается в 1998 г. получить 4665 кг платины, 3240 кг палладия и 360 кг родия [7,63].

В Китае платиновые металлы извлекают из сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд месторождения Цзиньчуань (93% всего производства МПГ), шлаков заводов по производству удобрений из кальций-магниевого фосфоритов, а также они накапливаются в хвостах при получении молибдена на комплексном месторождении черных сланцев Цзуньи [63].

Из россыпей за рубежом более чем за 250 лет добыто свыше 130 т МПГ, преимущественно платины. Такие россыпи являются продуктами дунит-клинопироксенит-габбровых массивов. Осмио-иридиевые россыпи почти полностью отработаны [3].

В странах СНГ металлы платиновой группы извлекают из золотых руд Мурунтау (Узбекистан) и колчеданно-полиметаллических руд на Усть-Каменогорском комбинате в Казахстане (около 70-100 кг при соотношении Pt:Pd:Rh равном 1,0:2,4:0,7) и, возможно, медно-молибденовых месторождений Армении.

Россия, начиная с 30-х годов XIX в., является крупнейшим производителем платиновых металлов. Все это время производство МПГ в России превосходило внутреннее потребление, составлявшее в последние годы 26% от объема добычи [65] в связи с отсутствием производства автомобильных фильтров-нейтрализаторов. За 100 лет (1824-1922 гг.) с начала эксплуатации Уральских россыпей было добыто (с учетом расхищенного металла) 330 т МПГ, преимущественно платины, в значительно меньшей мере осмия и иридия [4]. В 1929 г., по данным Mineral Industry (1931), в России было добыто 3,11 т платины – столько же, сколько в США, Канаде, ЮАР, Австралии вместе взятых.

В настоящее время в России МПГ извлекаются преимущественно из сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд на Норильском комбинате, производящем 70%-ный благороднометаллический концен-



трат, из которого завод "Красноярскцветмет" получает платиноиды [11]. Определенную часть МПГ (~7%) в Норильске получают за счет переработки вторичных отходов этого завода. Платиносодержащие концентраты в небольшом объеме производят комбинаты "Печенганикель" и "Североникель". Эксплуатируются также россыпи: Ледяная и Летыринваям в Корякии [22,40]; Кондер, Чад, Инагли в Хабаровском крае; некоторые мелкие объекты Урала; Гулинская россыпь в Красноярском крае; Норильская и Исовская техногенные россыпи. По экспертным оценкам В.Лешкова [19], Б.Беневоляского и др.[44] и авторов, в 1980-1990 гг. ежегодная добыча МПГ в России составляла 120-180 т. Наша страна занимает первое место в мире по добыче палладия, второе – платины и первое-второе (совместно с ЮАР) – родия и рутения. Эксперты компании Johnson Matthews считают, что в 1991 г. в России было добыто 31 т платины. Анализ зарубежных источников [10,57,59,65,67-69] дает основание полагать, что в последующие годы производство МПГ значительно снизилось: до 94-94,5 т в 1993 г., 60-72 т (в том числе 15,2-21,2 т платины) в 1994 г. и 70 т (21 т платины) в 1995 г. [24]. По оценкам экспертов "Стандард банк", ожидаемое в 1997 г. производство платины на Норильском комбинате – 14 т, а из россыпей Корякии – 4 т. Нам эти оценки представляются излишне пессимистичными. По последним официальным данным [46], на Норильском комбинате ожидается увеличение производства никеля на 30 тыс.т, а меди – на 36 тыс.т. Это, а также внедрение в Норильске новой технологии переработки гравийных отходов (содержат ~2 кг МПГ) возможно позволят увеличить производство МПГ до уровня 1993 г.

*Максимально ожидаемое в мире в 1998 г. (320 т) и в 2000 г. (~340-350 т) производство МПГ не сможет обеспечить спрос на платиноиды, который по нашим экспертным оценкам составляет 420 т. Утверждения зарубежных экспертов о возможной добыче платины при существующих запасах в течение 550-600 лет с извлечением 33-40 тыс.т металла представляются явно необоснованными. По моему мнению, ограниченность мировых запасов МПГ не позволяет говорить о более чем 60-80-летней обеспеченности ими ведущих стран-потребителей при полном истощении недр эксплуатируемых в настоящее время месторождений, включая и наиболее глубокие нерентабельные для добычи горизонты. Это – важнейшее доказательство необходимости расширения и обновления минерально-сырьевой базы мира и России как одной из основных платиновых держав.*

## Состояние и проблемы развития минерально-сырьевой базы МПГ Российской Федерации

Главными типами отрабатываемых месторождений МПГ в России являются норильско-талнахский, алданский, уральский (корякский) и гулинский.

Первый из них – главная действующая минерально-сырьевая база МПГ России (~98% запасов и ~90% добычи) – включает группы сплошных богатых (I), вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд в интрузии (II) и во вмещающих породах (III) Талнахского рудного узла (ТРУ) (рис. 3, 4, 5) и вкрапленные руды (II) месторождения Норильск-I [1]. Основные ценность и объект отработки представляют

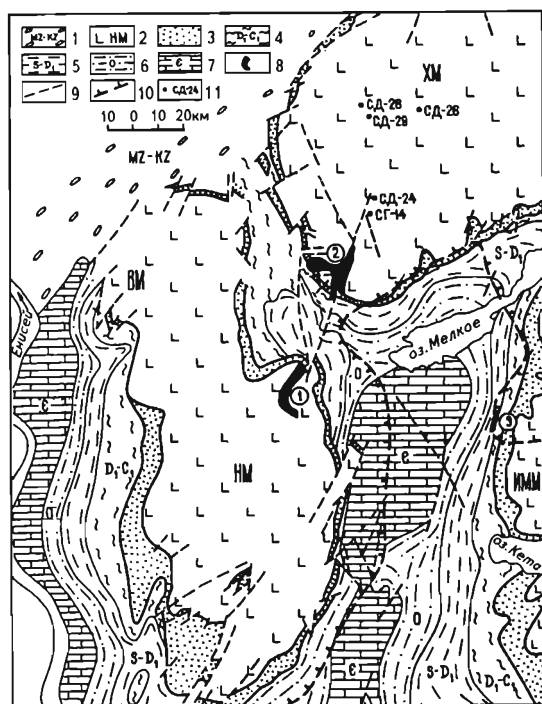


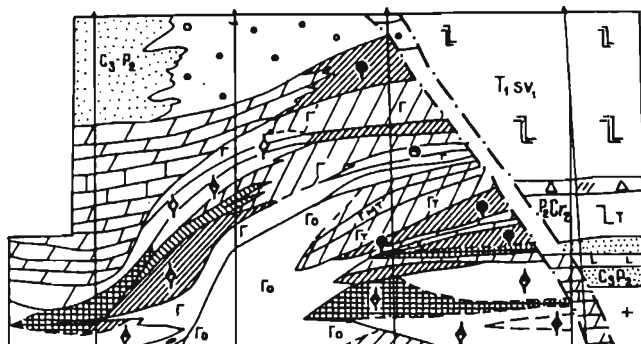
Рис. 3. Схема расположения Талнахского и Норильского рудных узлов в Норильском промышленном районе (по [33])

1 – мезо-кайнозойские осадочные отложения; 2 – вулканы пермо-триаса и выполненные ими мульды (рудные районы): ХМ – Хараелахская, НМ – Вологодчанская, ИММ – Имангдинская; 3-7 – осадочные формации: 3 – верхнего палеозоя, 4 – нижнего девона – нижнего карбона, 5 – силура – нижнего девона, 6 – ордовика, 7 – кембрия; 8 – сульфидные платиноидно-медно-никелевые месторождения рудных узлов (цифры в кружках): 1 – Норильского, 2 – Талнахского, 3 – Имангдинского; 9 – разрывные нарушения; 10 – контур мантийного выступа по гравиметрическим данным (поднятие по границе Мохоровичича от 42 до 36 км); 11 – скважины, пробуренные в пределах высокоперспективной Дьянговской ветви

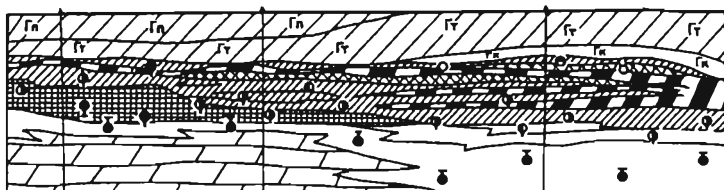
богатые руды, из которых получают около 70% всех МПГ России. Находящиеся на балансе богатые руды при обычном соотношении добычи руд различных групп (I ~60%, II ~30%, III ~10%) обеспечат работу Норильского комбината только в течение 25-28 лет при суще-



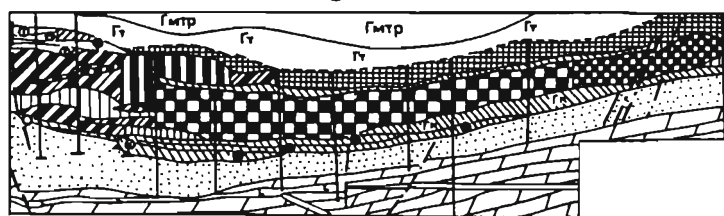
а



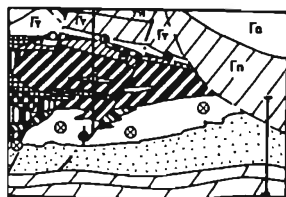
б



в



г



д

- |               |    |                            |    |               |    |               |    |               |    |               |    |               |    |
|---------------|----|----------------------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|
| Γ<sub>τ</sub> | 1  | Γ<sub>λ</sub>              | 2  | Γ<sub>δ</sub> | 3  | Γ<sub>λ</sub> | 4  | +             | 5  | Γ<sub>φ</sub> | 6  | Γ<sub>γ</sub> | 7  |
| Γ<sub>α</sub> | 8  | Γ<sub>μ</sub>Γ<sub>π</sub> | 9  | Γ<sub>η</sub> | 10 | Γ<sub>γ</sub> | 11 | Γ<sub>κ</sub> | 12 | Γ<sub>λ</sub> | 13 | Γ<sub>λ</sub> | 14 |
| Γ<sub>λ</sub> | 15 | Γ<sub>λ</sub>              | 16 | Γ<sub>λ</sub> | 17 | Γ<sub>λ</sub> | 18 | Γ<sub>λ</sub> | 19 | Γ<sub>λ</sub> | 20 | Γ<sub>λ</sub> | 21 |
| Γ<sub>λ</sub> | 22 | Γ<sub>λ</sub>              | 23 | Γ<sub>λ</sub> | 24 | Γ<sub>λ</sub> | 25 | Γ<sub>λ</sub> | 26 | Γ<sub>λ</sub> | 27 | Γ<sub>λ</sub> | 28 |
| Γ<sub>λ</sub> | 29 | Γ<sub>λ</sub>              | 30 | Γ<sub>λ</sub> | 31 | Γ<sub>λ</sub> | 32 | Γ<sub>λ</sub> | 33 | Γ<sub>λ</sub> | 34 | Γ<sub>λ</sub> | 35 |
| Γ<sub>λ</sub> | 36 | Γ<sub>λ</sub>              | 37 | Γ<sub>λ</sub> | 38 | Γ<sub>λ</sub> | 39 | Γ<sub>λ</sub> | 40 | Γ<sub>λ</sub> | 41 | Γ<sub>λ</sub> | 42 |
| Γ<sub>λ</sub> | 43 | Γ<sub>λ</sub>              | 44 | Γ<sub>λ</sub> | 45 | Γ<sub>λ</sub> | 46 | Γ<sub>λ</sub> | 47 | Γ<sub>λ</sub> | 48 |               |    |

ственном снижении уровня рентабельности. Последний снизился с 64,9% в 1995 г. до 17,2% в 1996 г., затраты на рубль товарной продукции выросли на 47% [46].

Мощность залежей I до 15 м (ранее до 40 м), II и III – десятки метров; содержание МПГ в обрабатываемых рудах достигает 150 г/т (ранее 2 кг/т) – табл. 6. Платина и палладий образуют, как правило, собственные минералы; родий, иридий, рутений, осмий и значительная часть палладия входят в сульфиды и иногда – в оливин и магнетит [1,14].

Извлечение Pt и Pd составляло в разные периоды 60-90%, Rh – 35-60%, Ir – 25-40%, Ru – 12-55%, Os – 1-25% [32]. Таким образом, для основной минерально-сырьевой базы Российской Федерации при высокой комплексности (извлекаются Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Rh, Ir, Ru, Os, Au, Ag, Se, Te, S) платиносодержащих руд характерно недостаточно рациональное их использование. На добычном этапе это выражается в преимущественной обработке богатых руд, несовершенная технология обогачительно-металлургического передела на Норильском комбинате обуславливает переход значительного количества МПГ в хвосты и другие промпродукты.

#### Рис. 4. Разрезы рудной толщи Талнахского рудного узла

а и б – поперечный и продольный юго-западной части Талнахского месторождения; в – северо-восточной части Талнахского месторождения; г и д – южной и центральной частей Октябрьского месторождения

*Эффузивные породы:* 1 – трахибазальты с титан-авгитом; 2 – андезитовые базальты; 3 – туфобрекчии. *Интрузивные породы:* 4-12 – долериты недифференцированных (4) и дифференцированных (5-12) интрузий; 5 – габбро-диориты, 6 – лейкократовые габбро, 7 – безоливиновые долериты, 8 – оливиновые долериты, 9 – меланократовые троктолиты, 10 – пикритовые габбро-долериты, 11 – такситовые габбро-долериты, 12 – контактовые долериты. *Осадочные породы:* 13 – доломиты; 14 – известняки; 15 – доломитовые мергели; 16 – ангидриты; 17 – песчаники. *Метаморфические породы:* 18 – адинолы и альбититы; 19 – пироксен-альбитовые околорудные породы; 20 – кварц-альбитовые околорудные породы; 21 – кварц-микроклиновые породы; 22 – кварц-пироксен-микроклиновые породы; 23 – ангидрит-форстеритовые скарны; 24 – ангидрит-форстеритовые кальцифиры; 25 – ангидрит-фассаитовые скарны; 26 – ангидрит-фассаитовые кальцифиры; 27 – везувийан-гроссуляровые скарны; 28 – ангидритовые скарны; 29 – бруситовые породы; 30 – серпентиниты; 31 – ангидрит-серпентиновые породы; 32 – серпентин-кальцит-ангидритовые породы; 33 – бруситовые мраморы. *Сплошные сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды:* 34 – халькопирит-пирротиновые; 35 – кубанит-пирротиновые; 36 – пентландит-кубанитовые; 37 – пентландит-кубанит-халькопиритовые; 40 – пентландит-халькопиритовые. *Прожилково-вкрапленные сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды:* 41 – пирротиновые; 42 – халькопиритовые; 43 – халькозин-борнитовые. *Вкрапленные сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды:* 44 – пирротиновые; 45 – халькозин-борнитовые; 46 – валлериитовые; 47 – разломы; 48 – границы пород и подтипов сплошных руд (а), типов вкрапленных руд в одном породном горизонте (б)

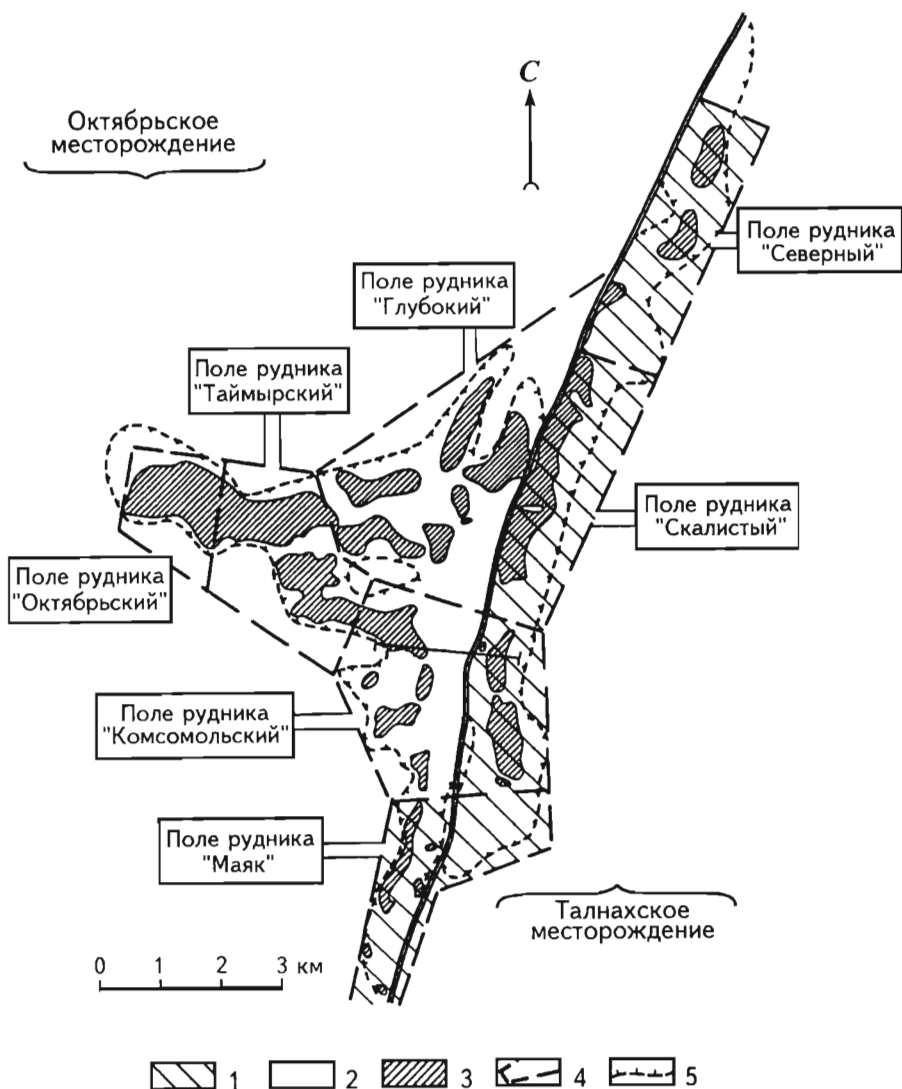


Рис. 5. Принципиальная схема строения Талнахского рудного поля (по [60])  
 1,2 – месторождения: 1 – Талнахское, 2 – Октябрьское; 3 – залежи богатых (сплошных) сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд; 4 – границы Талнахского рудного поля; 5 – контур Талнахского интрузива

Алданский, уральский, корякский, потенциально-промышленные норильский и гулинский россыпные типы приурочены к щелочно-ультрамафитовым и мафит-ультрамафитовым массивам. Россыпи – многоструйчатые (рис. 6), содержание МПГ (преимущественно Pt, а в

**Пределы колебаний средних содержаний МПГ в сульфидных платиноидно-медно-никелевых рудах норильско-талнахского типа**

Группа руд	Минеральный тип руд	Содержание, г/т					
		Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Os
Сплошные (I)	Пирротиновые	0,5-7,3	2,3-26,0	0,01-17,0	0,03-0,26	0,12-0,26	0,04-0,28
	Кубанитовые	0,2-6,5	0,4-99,2	0,01-1,9	0,03-0,08	0,11-0,14	0,03-0,08
	Халькопиритовые и талнахитовые	6,4-57,7	3,9-196,5 (до 2000)	0,01-0,45	0,02-0,09	0,12-0,28	0,05-0,06
Вкрапленные и прожилково-вкрапленные в интрузии (II)	Пирротиновые, кубанитовые и халькопиритовые	0,1-13,4	0,2-13,4	0,01-1,1	0,02-0,04	0,12-0,25	0,02-0,04
Вкрапленные и прожилково-вкрапленные во вмещающих породах («медистые»)	Пирротиновые, халькопиритовые и валле-риитовые	0,4-7,3	1,2-34,6	0,01-0,21	0,02-0,04	0,11-0,3	0,02-0,08

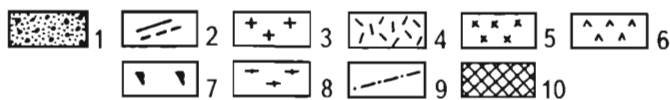
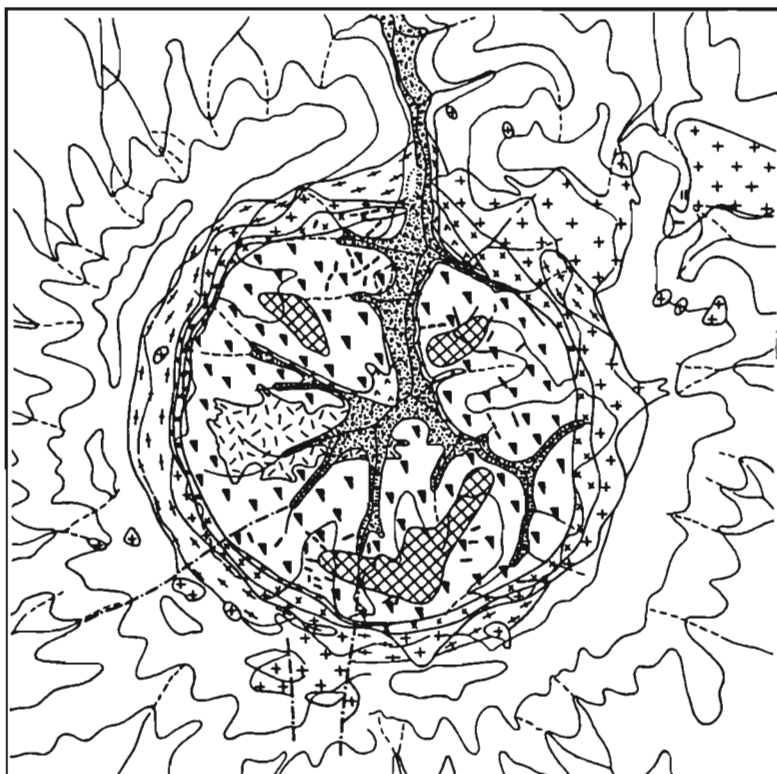


Рис. 6. Схема строения россыпного месторождения алданского типа, связанного с Кондерским массивом (по Рожкову, 1962)

1 – платиноносная россыпь; 2 – щелочные сиенит-пегматиты; 3 – диориты; 4 – биотит-пироксеновые породы (ослюденелые пироксениты); 5 – пироксениты; 6 – перидотиты; 7 – дуниты; 8 – докембрийские гнейсы, кристаллические сланцы; 9 – дизъюнктивные нарушения; 10 – площади богатых хромитом дунитов

алданском типе – также Ir; в гулинском преобладает Os) в них колеблется от сотых долей до  $250 \text{ г/м}^3$ . Прогнозные ресурсы  $\sim 200\text{-}500 \text{ т}$ , т.е. близкие к таковым бывших богатых уральских россыпей [6].

В течение последних десяти лет уровни добычи МПГ намного превышают приросты их запасов.

При реализации обоснованной выше необходимости развития в XXI в. минерально-сырьевой базы МПГ и её рациональном, максимально комплексном использовании возникают следующие проблемы:

**географические** – более 98% разведанных запасов сосредоточены в одном труднодоступном Центрально-Арктическом регионе Российской Федерации, в то время как простаивают готовые металлургические мощности на северо-западе страны и существует реальная возможность их восстановления или создания на Урале, в Центральной России и Сибири);

**экономические** – постоянное снижение содержаний и количества МПГ в рудной массе норильских месторождений за счет падения доли добываемых сплошных богатых руд; отсутствие достаточных инвестиций в геологическую отрасль, обуславливающее невозможность промышленной оценки открытых перспективных объектов, преимущественно нетрадиционных типов, что препятствует увеличению числа эксплуатируемых платиносодержащих месторождений;

**методологические** – недостаточная разработанность технологий оценки платиноносности разноранговых территорий и конкретных объектов;

**технологические** – несовершенная технология извлечения МПГ из комплексных руд норильских месторождений; отсутствие или незавершенность технологических схем передела руд нетрадиционных типов;

**аналитические** – сложность определения содержаний МПГ в рудах нетрадиционных типов [37];

**экологические** – значительное загрязнение природной среды, возникновение техногенных ландшафтов – крупных хвостохранилищ и др.

Эти и некоторые другие проблемы развития минерально-сырьевой базы МПГ в определенной мере может решить выполнение программы "Платина России". В её реализации принял участие коллектив ведущих специалистов-платинистов более чем из 20 организаций разных ведомств – Министерства природных ресурсов, Российской Академии наук, Минобразования, Академии естественных наук и ряда акционерных обществ. Главные цели исследований по программе – установление ведущих типов месторождений МПГ, выявление основных закономерностей их размещения и формирования, оценка перспектив платиноносности территории Российской Федерации – *прогноз создания новых и возможность расширения существующих минерально-сырьевых баз платинодобычи.*

Совершенно очевидно, что только определив основные пути решения обозначенных проблем, можно приблизиться к ответу на самый главный вопрос: "Каким будет платиноидное сырье России в XXI в.?" Главным вкладом соисполнителей программы "Платина России" в решение поставленных проблем – разработка формационно-генетической типизации (классификации) платиноидных месторождений, выявление и предварительная оценка перспектив ряда плати-



ноносных объектов нетрадиционных типов с определением их роли в платинодобывающей отрасли страны в XXI в., прогнозно-платинометаллогеническое районирование России с составлением первой "Карты платиноносности России" масштаба 1:1 000 000.

## ФОРМАЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПЛАТИНОИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

---

В отличие от предыдущих классификаций (Высоцкий, 1923; Merensky, 1928; Vogt, 1927; Wagner, 1929; Разин, 1974; Кабри, Налдретт, 1984; Лихачев, 1985; Кривцов, 1988) авторский вариант классификации месторождений и рудопроявлений МПГ наиболее полно учитывает многообразие параметров платинообразующих систем: термодинамические условия (классы месторождений – эндогенный, полигенный, экзогенный, и техногенный), ведущие генетические процессы, среду формирования и комплекс сопутствующих полезных ископаемых (группы и подгруппы месторождений), типоморфные ассоциации МПГ (геохимические разновидности) и их связь с рудообразующими, рудовмещающими, рудоконтролирующими геологическими формациями и важнейшими тектоническими структурами (типы месторождений), а также экономические и геолого-технологические показатели (подтипы месторождений). Иерархическое древо разработанной классификации имеет вид: классы → группы → подгруппы → геохимические разновидности → типы и подтипы месторождений [7,40,53]. Для двух последних подразделений выполнена оценка промышленной значимости и определены ожидаемые перспективы освоения в России. Подгруппы месторождений сопоставимы с рудными (платиноносными) формациями, ведущие типы которых для России приведены в табл. 7.

Среди *класса эндогенных* месторождений установлены две разномасштабные по продуктивности группы – собственно магматогенная (флюидно-магматогенная) и постмагматическая. Первая группа, являющаяся главным мировым и российским источником получения МПГ, включает пять подгрупп (рудных формаций) месторождений:

сульфидную платиноидно-медно-никелевую, объединяющую принадлежащие к различным формационно-генетическим типам рудно-магматических систем (РМС) объекты норильско-талнахского (по сути подтип дулутско-норильского генотипа), плэтрифско-мончегорского), садберийско-еланского, мамонско-печенгского, рововско-шанучевского платино-палладиевых, а также рутуэлловско-ловноозерского палладий-платинового и австралийского комплексного (по набору и соотношению МПГ) типов;

малосульфидную платинометальную – месторождения в разновозрастных ритмично-расслоенных комплексах разной формационной принадлежности: федорово-панском (стиллиуотерском), верхнеталнахском и неконгдоконском (скаергаардском) платино-палладиевых, пока не установленных в России рифа Меренского и восточнобушвельдского палладиево-платиновых;

платиносодержащую хромитовую, состоящую из месторождений, ассоциация которых с мафит-ультрамафитами разного состава и флюидонасыщенности определяет иридий-осмиевую с платиной и палладием (кимперсайско-рай-изский, или альпийский тип), существенно платиновую (нижнетагильский, или уральский тип), иридий-платиновую (алданский), золото-платино-иридий-осмиевую (гулинский) или рутений-осмий-платино-палладиевую (бураковский или бушвельдский? тип) металлогеническую специализацию массивов;

платиносодержащую титаномагнетитовую с ванадием и медью – месторождения существенно платинового качканарского, платино-палладиевого (иногда с золотом и серебром) пудожгорского, волковскового и комплексного платинометального джугджурского типов;

благороднометальную нефелиновую и апатит-магнетитовую щелочно-мафитовых и щелочно-ультрамафитовых (ийолит-карбонатитовых) комплексов – месторождения и рудопроявления кия-шалтырского, ковдорского (палаборского) и маймеча-котуйского типов.

В постмагматической группе месторождений и рудопроявлений МПГ по комплексу ведущих полезных ископаемых и по типу процессов формирования рудных объектов намечаются четыре подгруппы месторождений:

эпитермальная платиноидно-золоторудная (типа Коронейшен-Хилл) и платиносодержащая молибден-медно-порфировая (сорский, или бигхемский тип);

скарновая золото-платино-палладийсодержащих железорудных (алтае-саянский тип) и платиносодержащих колчеданных и колчеданно-полиметаллических (рудно-алтайский тип) месторождений;

золото-платиносодержащих железистых кварцитов (курско-белгородский или криворожский типы);

платиносодержащих жил различного состава: худолазовский платино-палладиевый медно-никелевый и трансваальский, или буазерский кобальт-мышьяково-хром-никелевый типы.

Промежуточное положение между магматическими и постмагматическими объектами занимает подгруппа платиносодержащих марганценосных объектов – продуктов деятельности современных вулканов.

Многообразие геологических обстановок (в том числе нетрадиционных) столь же характерно и для класса полигенных по своей

## Ведущие типы промышленных и потенциально-промышленно-платиноносных рудных формаций России

Платиноидная формация	Тип ассоциаций МПГ в рудах	Тип месторождений*	Преобладающая геологическая формация (техногенная формация)	Месторождения				Рудо- и россыпепроявления	Типовые объекты
				установленные		прогнозируемые			
				крупные**	прочие	крупные**	прочие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сульфидная платиноидно-медно-никелевая	Pt-Pd	Норильско-талнахский Мончегорский	Трапповая (пикрит-габбро-долеритовая) Перидотит-пироксенит-габбро-анортозит-норитовая	+	+	+	+	+	Талнах, Норильск-1 Мончегорское
		Еланский	Ортопироксенит-норит-диоритовая		+		+	+	Елань, Елка
		Мамонско-печенгский	Габбро-верлитовая, дунит-перидотит-габбро-норитовая		+		+	+	Мамон, Печенга
		Шанучевский	Норит-кортландитовая		+		+	+	Шануч, Дукук
Малосульфидная платинометальная	Pt-Pd	Федорово-Панский (стиллоутерский)	Перидотит-пироксенит-габбро-анортозит-норитовая	+	+	+	+	+	Федорово-Панский
		Верхнеталнахский	Трапповая (пикрит-габбро-долеритовая)	+	+	+	+	+	Верхнеталнахское
		Неконгдонский (скаергаардский)	Троктолит-феррогаббро-долеритовая			+	+	+	Неконгдокон, Дябака-Тари

Платино-содержащая хромитовая	Ir-Os (Pt-Pd)	Кемпирсайско-райизский (альпийский)	Дунит-гарцбургитовая			+	+	+	Рай-Из
	Pt	Нижнетагильский (уральский)	Дунит-клинопироксенит-габбровая			+	+	+	Нижнетагильское
	Ir-Pt	Алданский	Дунит-клинопироксенит-габбровая щелочная				+	+	Кондер
	Au-Pt-Ir-Os	Гулинский	Дуниты йолит-карбонатитовой формации				+	+	Гулинский
	Ru-Os-Pt-Pd	Бураковский (бушвельдский)	Дунит-перидотит-габбро-норитовая. Дунит-гарцбургитовая		+	+	+	+	Бураковский Имандровский
Платино-содержащая титаномагнетитовая	Pt-Pd	Пудожгорский	Габбро-долеритовая	+	+	+	+	+	Пудожгорский
	Pt	Качканарский	Дунит-клинопироксенит-габбровая	+	+		+	+	Качканар
	МПГ***	Джугджурский	Габбро-анортозитовая				+	+	Джугджур
Платино-содержащая золотозелезорудная	Au-Pt-Pd	Алтае-саянский	Скарновая				+	+	Тарданское, Синюхинское
		Курско-белгородский (криворожский)	Железистых кварцитов			+	+	+	Михайловский

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Комплексная благороднометаллическая нефелиновая и апатит-магнетитовая	Au-Ag-Pt-Pd	Кия-шалтырский	Щелочно-мафитовая (габбро-нефелин-сиенитовая)			+	+	+	Кия-шалтырский, Горячегогорский Ковдор  Кугда
		Ковдорский (палаборский) Маймеча-котуйский	Ийолит-карбонатитовая (щелочно-ультрамафитовая)				+	+	
Платиносодержащая медно-рудная	Os?-Pt-Pd	Удоканский	Медистых песчаников			+	+	+	Удокан, Гравийское
Платиносодержащая соленосная	Au-Ag-Pd-Pt	Верхнекамский	Соленосная			+	+	+	Верхнекамское
Платиносодержащая полиметаллическая черных сланцев и их метасоматитов	МПГ***-Au	Сухоложский	Низкоуглеродистая терригенная, карбонатно-терригенная сероцветная			+	+	+	Сухой Лог  Тим Верхняя Падма
	Pt-Pd-Au Pt-Pd (с V, U, Mo)	Тимской Онежский	Углеродистые и высокоуглеродистые сланцы осадочно-вулканогенных зон докембрийских щитов и массивов		+	+	+	+	
	МПГ***-Au	Таймырский	Углеродистая терригенная сероцветная			+	+	+	Гольшевское

Платино-содержащая никеленосная и золоторудная кор выветривания	МПГ***-Au (Ni)	Олимпиадинский	Коры выветривания			+	+	+	Бураковка, Олимпиада
Платино-содержащая марганцевосная		Кунаширский	Продукты деятельности современных вулканов			?	+	+	Кунашир
Платино-металлическая россыпная	Pt	Уральский, корякский россыпной	Продукты разрушения коренных месторождений одноименных типов	+	+	+	+	+	Летырин- вая М, Ле- дяная
	Ir-Pt	Алданский россыпной		+	+	+	+	+	Кондер, Чад, Инагли
	Au-Pt-Ir-Os	Гулинский россыпной			+	+	+	+	Гули, Ингарингда
	Ir-Os-Au-Pt	Альпийский россыпной					+	+	
	Pt-Pd	Норильский россыпной	Продукты разрушения месторождений норильско-талнахского и верхнеталнахского типов		+	+	+	+	Руч. Угольного
	Au-Rh-Pt	Виллюйский россыпной	Продукты разрушения прогнозируемых месторождений неконгдоконского типа			+	+	+	Виллой

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Платино-содержащая техногенная	Pt-Pd	Норильский техногенный	Хвостоотвалы месторождений норильско-талнахского типа	+			+		Норильское хвостохранилище
		Талнахский техногенный	Пирротиновые концентраты талнахских месторождений		+		+	Шмидтинско-зубовские пирротинохранилища	
	Pt	Уральский техногенный	Хвостоотвалы платиноносных россыпей		+	+	+	Исовское	
	МПГ	Сибирско-дальневосточный техногенный	Хвостоотвалы золоторудных месторождений				+	+	?
		Алтайский и сорский техногенный	Хвостоотвалы полиметаллических, колчеданных и медно-молибденовых месторождений			-		+	?
Au-Pt-Pd	Курско-белгородский техногенный	Хвостоотвалы железорудных месторождений				+	+	?	

\*Приведены не все потенциально возможные типы месторождений.

\*\*Крупные месторождения по запасам МПГ, т: коренные > 100; россыпные > 10; техногенные > 50.

\*\*\*Неустойчивость или отсутствие ярко выраженной специализации на определенные платиновые металлы.

природе (флюидно-магматогенно-осадочные, гидротермально-флюидно-метасоматические, космогенно-осадочные) и комплексных по составу месторождений и рудопроявлений, которые нередко приурочены к тем же, что и эндогенные объекты, крупным платиноносным структурам. Они ассоциируют: с мелководными (осмий-платинопалладиевый меднорудный удоканско-джезказганский и комплексный благороднометальный соленосный верхнекамский типы) и глубоководными (полиметальные платиновый и родий-платиновый срединно-океанический и уэйк-магеллановский типы) образованиями Мирового океана; метаморфогенными черносланцевыми комплексами (платиноидно-золоторудный сухоложский, или мурунтаусский, тимской и таймырский, золото-платиновый бушвельдский черносланцевый, полиметальный золото-платино-палладиево-молибденовый южно-китайский типы) и их метасоматитами (саскачеванский, хингано-охотский и онежский платиноидно-полиметальные типы); пестроцветными толщами (лейк-акраманский палладиево-платиновый тип).

Среди этого класса особый генетический и промышленный интерес представляет группа новых, нетрадиционных крупномасштабных по степени продуктивности комплексных платиносодержащих полиметальных месторождений, ассоциирующих с разновозрастными полифациальными черносланцевыми комплексами и их метасоматитами, исключительно широко развитыми в России.

*Экзогенный класс* представлен четырьмя группами месторождений:

россыпными нелитифицированными, сформировавшимися за счет платиносодержащих магматических формаций и ассоциирующих с ними месторождений (существенно платиновый уральский, корякский, иридиево-платиновый алданский, золото-платино-иридиево-осмиевый гулинский, платино-палладиевый и палладиево-платиновый норильский, золото-родий-платиновый вилюйский, комплексные платиноидные альпийский и колумбийский, золото-алмазо-платиновый анабаро-оленекский (индонезийский) и другие россыпные типы);

платиноносными корами выветривания на платиноидно-медно-никелевых, платиноидно-золоторудных и платиноидно-хромитовых месторождениях (комплексные платиноидные олимпиадинский, бураковский, кемпирсайский, норильский и другие типы кор выветривания);

платиносодержащими железо-марганцевыми конкрециями Тихого океана, морскими илами, базальными горизонтами в углеродисто-терригенно-карбонатных толщах (комплексный иридиево-платиновый кларион-клиппертонский и красноморский, платино-палладиевый любинский типы);

россыпными литифицированными (платиноидно-ураново-золоторудный витватерсрандский тип). Данную группу месторождений (осмий-иридийсодержащие золотоносные конгломераты Витва-



терсранда) в соответствии с последними исследованиями А.Д.Щеглова [55], вероятно, следует перенести в класс полигенных объектов.

*Класс техногенных* объектов представлен хвостоотвалами собственно платиноидных (уральский техногенный тип) и платиносодержащих месторождений (норильский, талнахский, сибирско-дальневосточный, алтайский, сорский и курско-белгородский техногенные типы).

Примером выделения наиболее важных в промышленном отношении геолого-экономических подтипов является типизация полигенных платиносодержащих месторождений в черносланцевых комплексах [38]: I – объекты с одной тонкодисперсно-рассеянной формой нахождения МПГ в рудах; II – объекты с двумя формами нахождения МПГ в рудах: тонкодисперсно-рассеянной и дисперсной в минералах-концентраторах; III – объекты с тремя формами присутствия МПГ в рудах: тонкодисперсно-рассеянной, дисперсной в минералах-концентраторах и в собственных минералах (сухоложский, тимской, онежский рудно-формационные типы). Наиболее перспективными и крупными по предполагаемым ресурсам являются месторождения подтипа III. Минимальные ресурсы прогнозируются для комплексных объектов I, средние – для II подтипов. Созданные авторами формационно-генетическая и геолого-экономическая классификации платиноидных месторождений являются основой решения многих из перечисленных выше проблем развития минерально-сырьевой базы МПГ России, в том числе рудно-формационных, методологических, технологических и экономических, а главное – основой для металлогенических и прогнозных построений, определения направлений поисков нетрадиционных платиноносных объектов в пределах известных и новых потенциально-рудноносных районов.

## **НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ КРУПНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

---

### **Общие закономерности размещения**

Наиболее важные в промышленном отношении коренные, россыпные и техногенные месторождения платиновых металлов России ассоциируют с ограниченным числом ультрамафит-мафитовых комплексов пикрит-габбро-долеритовой (трапповой), дунит-клинопироксенит-габбровой, дунит-гарцбургитовой, щелочно-ультрамафитовой (ийолит-карбонатитовой), щелочно-мафитовой, перидотит-пироксе-

нит-габбро-анортозит-норитовой, троктолит-феррогаббро-долеритовой и габбро-анортозитовой формаций, а также связаны с черносланцевыми толщами и их метасоматитами, железистыми кварцитами, известковыми скарнами и некоторыми другими геологическими формациями, образуя единые рудно-магматические и рудно-метасоматические системы, контролируемые деструктивными элементами (зоны спрединга, энсиалические и внутриконтинентальные и интракратонные рифты), вскрывающими наиболее глубинные флюидизированные очаги магмогенерации. Устанавливаются платинометалльные и платиносодержащие месторождения.

К крупным и уникальным\* месторождениям МПГ в России в настоящее время могут быть отнесены объекты сульфидной платиноидно-медно-никелевой (норильско-талнахский тип), малосульфидной платинометалльной (федорово-панский и верхнеталнахский типы), платиносодержащей титаномагнетитовой (пудожгорский тип), платиносодержащей полиметалльной в черных сланцах и их метасоматитах (сухоложский, тимской и онежский типы), платинометалльной россыпной (уральский, корякский и алданский типы) и техногенной (хвостотвалы месторождений Норильска-Талнаха и Платиноносного пояса Урала) формаций.

Под рудно-магматическими системами нами понимаются связанные общностью эндогенных и геодинамических режимов природные парагенезисы магматических, метаморфических и рудных формаций, их метасоматических и геохимических ореолов. Платиноносная рудообразующая система – мантия и кора повышенной мощности, содержащая, как правило, горизонты углеродистых сланцев, специализированных на Au, МПГ и ряд других элементов, нередко с базальтовым экраном, рассеченные зонами глубинных разломов – протяженными флюидопроводниками (рис. 7, см. также рис. 3). Такие рудообразующие системы в периоды отдельных стадий развития рифтогенов, а также тектономагматической активизации в протерозое и фанерозое реализуются в виде промышленно-значимых глобальных (Фенноскандинавская мегапровинция), региональных (Таймыро-Норильская – рис. 8, Кольская провинции, Кетско-Норильская область и т.д.), районных (Мончегорский рудный район и др.) и локальных (Талнахское рудное поле и др.) платиноносных РМС. Развитие крупных и уникальных платиноносных РМС происходит в условиях флюидно-магматического расслоения и контрастного распределения  $H_2$ , S, F, Cl,  $N_2$  и др.[7,40,52].

---

\* Уникальными являются коренные месторождения с запасами МПГ более 1000 т, россыпные – более 100 т и техногенные – более 500 т.

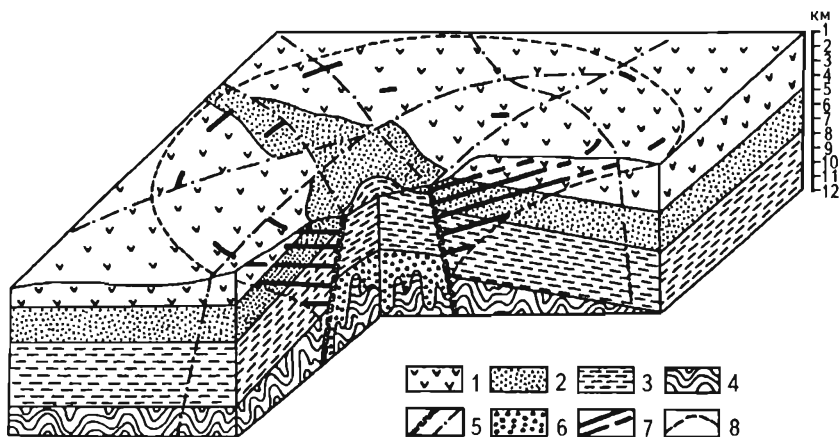


Рис. 7. Модель платиноносной рудно-магматической системы  
(по [15] с дополнениями авторов)

1 – базальтовый экран; 2-3 – горизонты углеродсодержащих пород: 2 – песчано-сланцевых, 3 – сланцево-карбонатных; 4 – породы фундамента; 5 – разломы: а – глубинные флюидо-магмоподводящие, б – магмоконтролирующие; 6 – промежуточный очаг (астенолинза); 7 – платиноносные мантийные ультрамафит-мафитовые интрузии; 8 – предполагаемые контуры РМС

Рудно-метасоматические системы (РММС) золото-платиноидного черносланцевого типа характеризуются четкой зональностью (рис. 9): в нижних частях колонны располагаются кварц-альбитовые, кварц-микроклиновые, биотитовые метасоматиты (или пропилиты) среди серпентинитов, порфиритов, диабазов, андезитов, диоритов, углеродистых сланцев с вкрапленными и прожилково-вкрапленными сульфидными золото-платиноидными рудами; в средней части (среди углеродистых сланцев) – серицит(фуксит)-кварц-пиритовые листвениты с штокверковыми кварц-сульфидными золото-платиноидными рудами, а сверху в сланцах – брейнерит-доломит-кальцитовые листвениты с кварц-сульфидными золото-палладий-платиновыми жилами и прожилками [16,17]. В других разрезах место щелочных метасоматитов нижних и фланговых частей РММС занимают пропилиты, сменяющиеся лиственитами-березитами и аргиллизитами с прожилково-вкрапленными, штокверковыми и жильными комплексными рудами. Суммарная вертикальная протяженность локальных рудно-метасоматических колонн составляет 1,8–3,8 км и более. Содержания платиноидов и золота возрастают от неизменных углеродистых сланцев и интрузивных пород к рудоносным альбититам-березитам-лиственитам и аргиллизитам [17,37]:  $K_H^{Au} > 20-1320$ ,  $K_H^{As} > 107$ ,  $K_H^{Pt,Os,Jr,Pd} > 410-$

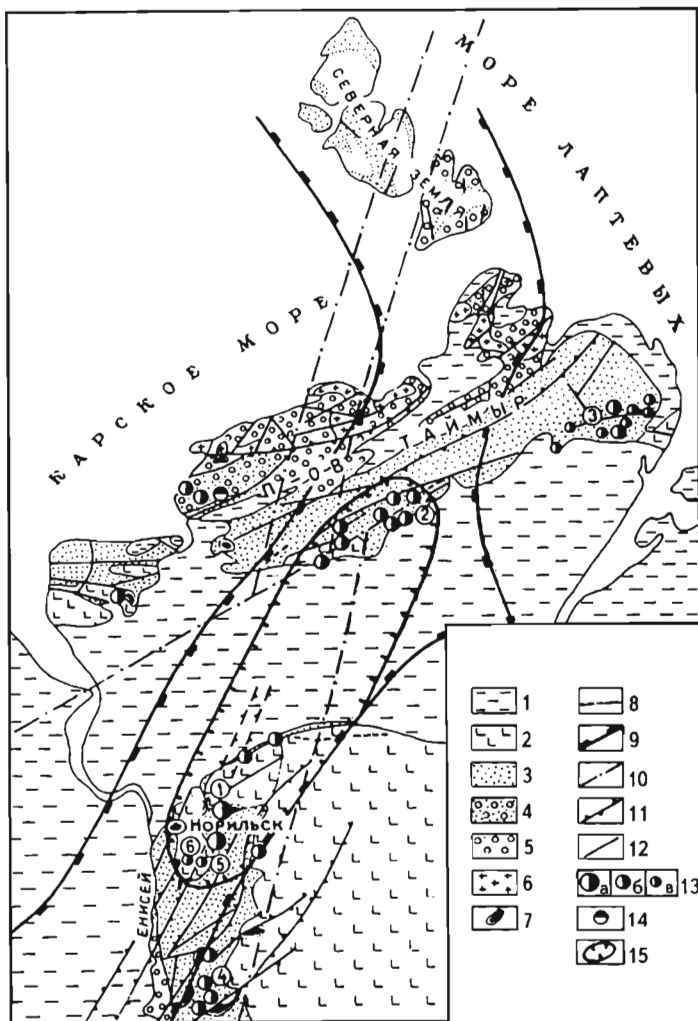
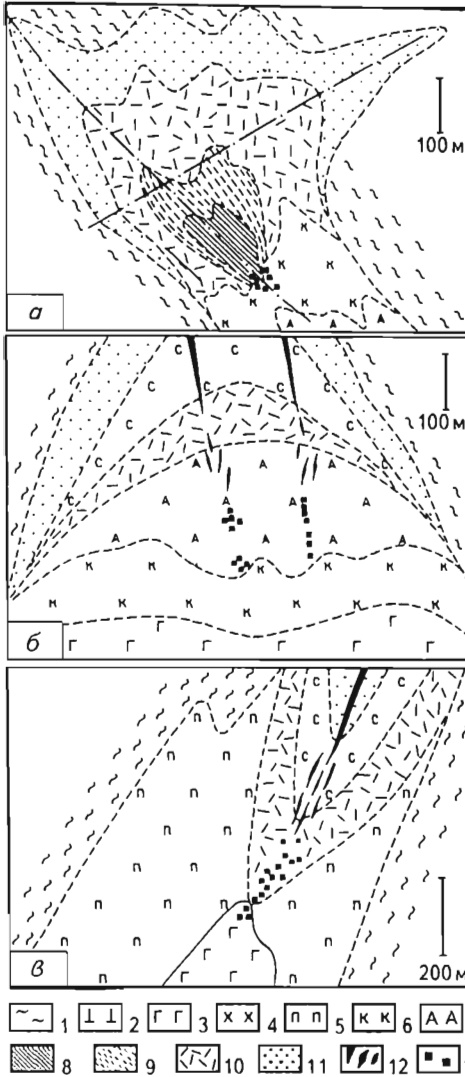


Рис. 8. Положение Таймыро-Норильской региональной РМС в структуре Енисей-Североземельского пояса

1 – чехол мезозойско-кайнозойских отложений; 2 – базальтовый экран; 3-5 – углеродсодержащие коровые образования: 3 – существенно терригенные, 4 – терригенно-карбонатные, 5 – карбонатные; 6 – интрузии гранитов, граносиенитов и трахитсиенитов; 7, 8 – мантийные платиноносные ультрамафит-мафитовые интрузии (7) и дайки (8); 9 – Таймыро-Тунгусский рифтовый трог карелид, на который наложена Таймыро-Норильская РМС; 10-12 – разломы: 10 – конседиментационные, 11 – глубинные (протяженные флюидопроводники), 12 – прочие; 13 – локальные платиноносные ультрамафит-мафитовые РМС (а, б, в, размах оруденения, соответствующий размеру кружка); цифрами в кружках показаны РМС: 1 – Талнахская, 2 – Боотанкагская, 3 – Тулаек-Таасская, 4 – Курейская, 5 – Моронговская, 6 – Норильская и Фокинская; 14 – колчедано-полиметаллические проявления; 15 – Таймыро-Норильская региональная РМС

Рис. 9. Геологические разрезы платиноносных рудно-метасоматических систем черносланцевых поясов в офиолитовых поясах (по [17])



а – Саралинское рудное поле Кузнецкого Алатау; б – Амыло-Систигхемский рудный район Восточного Саяна-Тувы; в – Бoko-Васильевское рудное поле Западной Колбы северо-востока Казахстана

1 – углеродистые сланцы, алевролиты, аргиллиты, песчаники нижнего-среднего карбона; 2 – серпентиниты апогипербазитовые; 3 – габбро-диориты, диабазы среднего-верхнего карбона; 4 – диориты, альбитофиры, порфиры верхнего карбона; 5 – пропититы; 6,7 – метасоматиты кварц-кальциевые (6) и кварц-альбитовые (7); 8-11 – березиты-листвениты тремолит-гидробиотитовые (8), хлоритовые (9), фуксит-кварц-пиритовые (10), карбонатные фации (11); 12 – кварцево-золоторудные жилы и штокверки; 13 – прожилково-вкрапленные и вкрапленные пирит-арсенопирит-пирротин-золото-платиноидные ассоциации

12700 ( $K_n$  – коэффициент накопления металла относительно неизменных углеродистых сланцев).

РМС и РММС с крупными и уникальными месторождениями платиновых металлов приурочены к рифтогенным структурам и расположены в узлах своеобразной планетарной решетки, образованной

серией пересекающихся субмеридиональных и субширотных металлогенических поясов [40], представляющих собой протяженные блоки нашей планеты. Их формирование и высокий платинометаллогенический потенциал обусловлены пространственным совмещением полихронных и полигенных платиноносных систем в связи с длительным существованием некоторых магмо- и рудоконтролирующих

структур, их неоднократной активизацией в совокупности с процессами флюидной ликвации и массопереноса, внутрикамерного расслоения в самих массивах, а также многостадийного накопления черносланцевых вулканогенно-осадочных толщ и их метасоматоза. Устанавливаются субмеридиональные пояса – Восточноевропейский, Уральский (часть Уральско-Бушвельдского планетарного пояса), Алдано-Североземельский (отрезок Алдано-Гренландского планетарного пояса), Дальневосточный (часть Тихоокеанского планетарного пояса) и субширотные – Арктический и Амуро-Алтайский (рис. 10, 11).

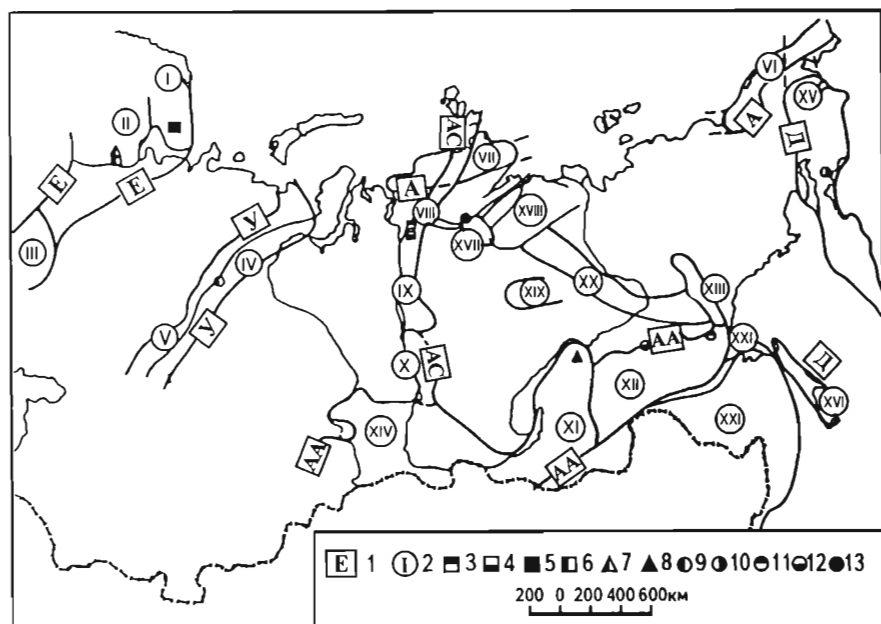


Рис. 10. Схема платинометаллогенического районирования России

1 – платиновые пояса: Е – Восточноевропейский, У – Уральский, АС – Алдано-Североземельский, Д – Дальневосточный, АА – Амуро-Алтайский, А – Арктический; 2 – платиновые провинции: I – Кольская, II – Карельская, III – Воронежская, IV – Восточно-Уральская, V – Западно-Уральская, VI – Чукотско-Ануйская, VII – Таймырская, VIII – Таймыро-Норильская, IX – Курейско-Тунгусская, X – Енисейского Кряжа, XI – Байкальская, XII – Алдано-Становая, XIII – Сетте-Дабанская, XIV – Алтае-Саянская, XV – Корякско-Камчатская, XVI – Сахалинская, XVII – Маймеча-Котуйская, XVIII – Енисейско-Оленекская, XIX – Вилуйская, XX – Куонамская, XXI – Монголо-Охотская, XXII – Амуро-Приморская; 3-13 – типовые месторождения: 3 – Талнахское, 4 – Верхнеталнахское, 5 – Федорово-Панское, 6 – Бураковское, 7 – Падминское, 8 – Сухоложское, 9 – Денежкин Камень, 10 – Летыринваям, 11 – Кондерское, 12 – Инаглинское, 13 – Гулинское

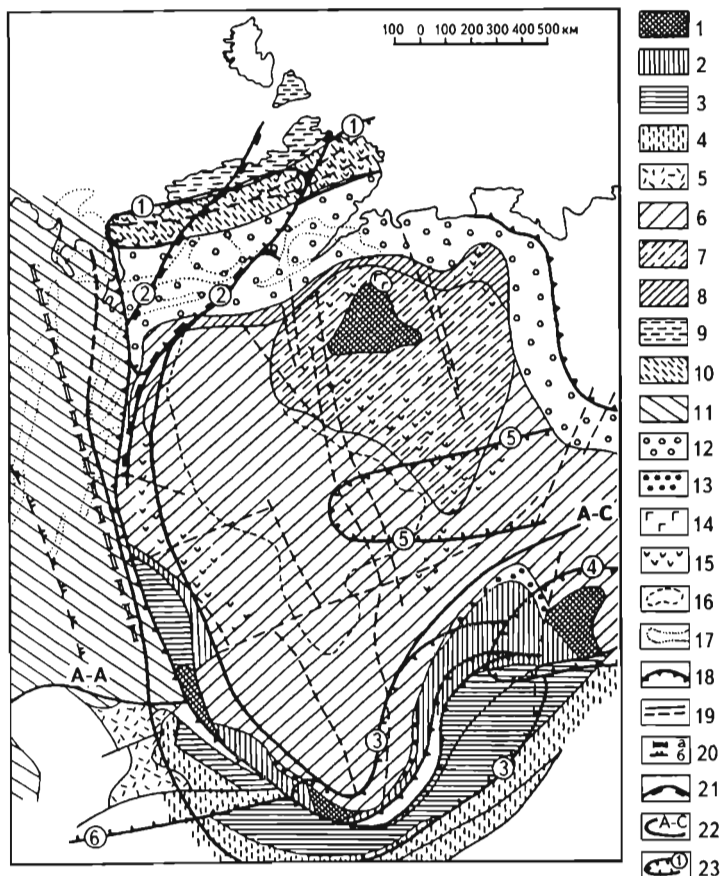


Рис. 11. Схема расположения ведущих платиноносных провинций Алдано-Североземельского, Арктического и Амуро-Алтайского поясов

1-11 – структурно-вещественные комплексы: 1 – щитов, 2,3 – внутреннего (2) и внешнего (3) поясов байкалид, 4-5 – то же каледонид, 6 – вулканогенно-осадочного чехла Сибирской платформы, 7 – периферических частей Анабарского свода, 8 – Турухано-Норильской и Норильско-Оленекской систем краевых дислокаций, 9 – реактивированного докембрийского Карского поднятия, 10 – Таймырского инверсированного прогиба, 11 – чехла Западно-Сибирской плиты; 12 – Енисейско-Хатангский и Ленский прогибы; 13 – краевые прогибы Сибирской платформы; 14 – астроблема; 15 – зоны и области интенсивного траппового магматизма; 16 – территории распространения мощных толщ вулканитов; 17 – зоны линейной базификации коры Западно-Сибирской и Тургайско-Хатангской рифтовых систем; 18,19 – разломы глубокого заложения краевые (18) и региональные (19); 20 – границы кратона карельской (а) и байкальской (б) стабилизации; 21 – внутрикратонный Таймыро-Норильский трог, на который наложена Таймыро-Норильская никеленосно-платиноносная провинция; 22 – платиноносные пояса: АС – Алдано-Североземельский, АА – Амуро-Алтайский; 23 – платиноносные провинции (цифры в кружках на контуре провинций): 1 – Таймырская, 2 – Таймыро-Норильская, 3 – Байкальская, 4 – Алдано-Становая, 5 – Вилуйская, 6 – Алтае-Саянская

К участкам их пересечения приурочены максимально промышленно-значимые региональные РМС и РММС – платиноносные провинции. Так, на пересечении Арктического пояса с Дальневосточным располагается Чукотско-Ануйская, с Алдано-Гренландским – Таймыро-Норильская, а с Восточноевропейским – Кольская платиноносные провинции (рис. 12). Последние две являются крупнейшими платиноносными провинциями мира.

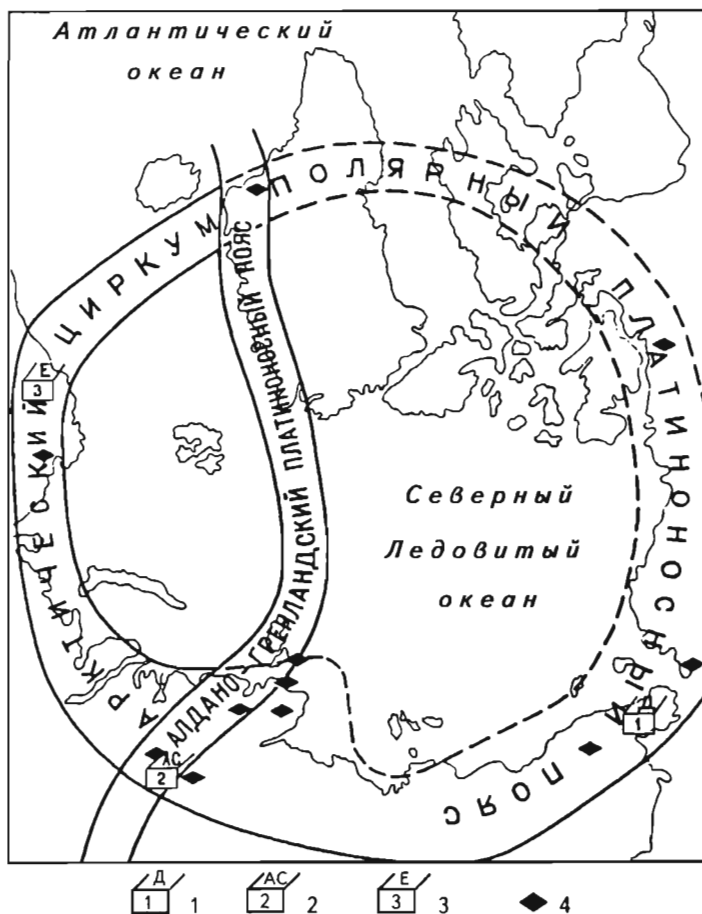


Рис. 12. Схема размещения промышленно-значимых платиноносных провинций Арктического пояса

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



Каждый из выделенных поясов связан с определенным типом (типами) земной коры и претерпел длительную эволюцию в геологическом времени. Восточноевропейский пояс наложен на сложнопостроенную систему неоднократно реактивированных рифтов, развитых в гранит-зеленокаменных областях Восточно-Европейской платформы. Уральский пояс – своеобразная шовная (со спрединговыми и субдукционными процессами) зона между Восточно-Европейской и Сибирской гиперплатформами. По мнению ряда исследователей (Овчинников, 1995), Уральская складчатая система представляет собой сегмент глобального кольца рифтогенных структур, располагающихся вдоль Урало-Африканской аномалии, выражающейся в уменьшении плотности мантии к востоку от линии Урал-Мадагаскар. Это дает нам основание выделить крупнейший планетарный Урало-Бушвельдский пояс протяженностью более 20 км и длительностью процессов платиноидного рудогенеза около 3 млрд лет. Арктический пояс наложен на одноименный циркумполярный складчатый пояс длительного развития. Арктические платиноносные провинции, весьма различные по геотектонической природе, объединяются в единый пояс приуроченностью к континентально-окраинной планетарной зоне и существенной ролью в их эволюции рифтов и рифтогенных структур, раздвигающих континентальную мегаплиту со стороны Северного Ледовитого океана.

Глобальные особенности рудных поясов – связь с глубинными трансрегиональными и планетарными разломами, переход с суши на шельф и в океан, аномальное строение земной коры, многоступенчатость 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 платиноносных провинций.

Ярким примером является Кольская провинция, в пределах которой платиноидный рудогенез продолжался не менее 2000 млн лет: раннеархейский нуклеокротонный ловноозерский сульфидный **платиноидно-медно-никелевый** перидотит-пироксенит-габбро-норитовый 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 **платинOMETАЛьный** перидотит-пироксенит-габбро-норитовый и имандровский **платиноидно-хромитовый** и **платиноидно-ванадиево-титаномАгнетитовый** норит-габбро-норит-габбро-диоритовый → раннепротерозойский реактивированно-

го рифтогенеза печенгский сульфидный платиноидно-медно-никелевый габбро-верлитовый комплекс → палеозойский рифтогенный ковдорский платиноидно-редкометалльно-магнетитовый щелочно-ультрамафитовый (фоскорит- или йолит-карбонатитовый) комплекс.

Таблица 8

**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
	Северо-Карельская	~ 26
	Южно-Карельская	~ 26
		> 1
Бушвельдский		~ 180*; 157**
	Рустенбург-Аманделбюлт (западный пояс)	~ 38
	Стилпорт-Аток (восточный пояс)	~ 22
	Потгитерсрюс (северо-восточный пояс)	~ 3,5
	Бехтал (южный пояс)	~ 2,5

\*По Эдварду и Амкисону (1986);

\*\*По Холлу (1938).

В пределах Кольской и Карельской провинций широко развиты платиноносные близкоодновозрастные (~2440млн лет) расслоенные массивы (Мончегорский, Имандровский, г.Генеральской, Федорово-Панский, Торнио-Нюранкаваара, Бураковский и др.) – составные части сформированных в едином рифтогенном геодинамическом режиме разноранговых рудно-магматических систем с платинометалльными малосульфидными, платиносодержащими медно-никелевыми, хромитовыми и ванадиево-титаномагнетитовыми рудами. Это дает основание говорить о возможном наличии в пределах Балтийского щита крупного ритмично-расслоенного мафит-ультрамафитового массива, аналогичного Бушвельдскому, с тремя ветвями: Печенга-Имандро-Варзугской, Северо-Карельской и Южно-Карельской (табл. 8, рис. 13). Ранее авторами совместно с Ю.Н.Седых [33] была сделана попытка реконструкции первой из ветвей этого массива мощностью около 8 км с нижней, критической, главной и верхней зонами с соответствующими типами платиносодержащих и платинометалльных руд, подобных

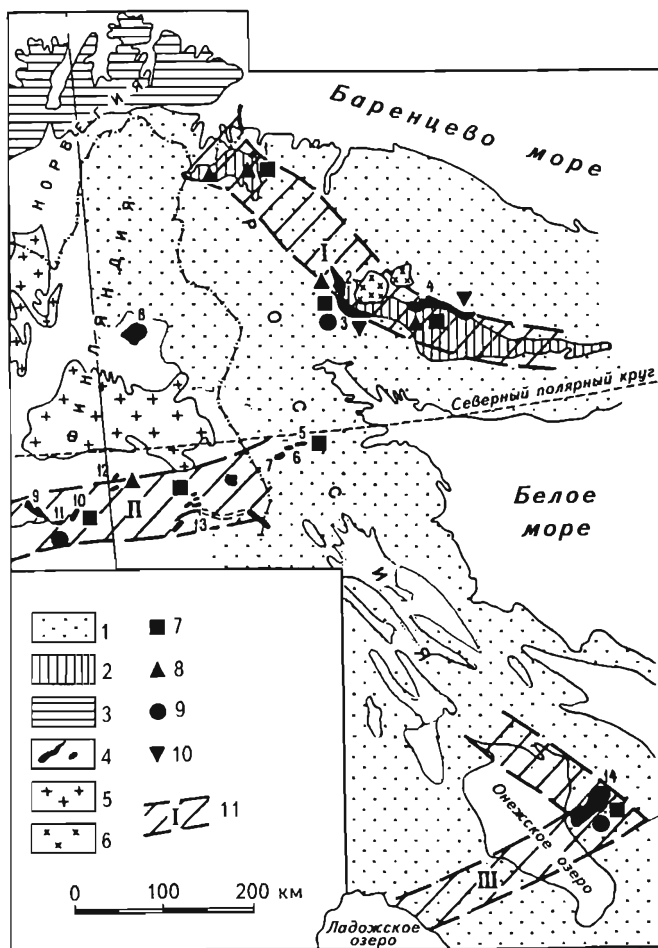


Рис. 13. Схема строения гипотетического Балтийского платиноносного расслоенного плутона

1 – архейские и раннекарельские комплексы обрамления рифтовых систем; 2 – ранний протерозой: осадочно-вулканогенные комплексы; 3 – каледонские складчатые образования; 4 – раннепротерозойские платиноносные массивы перидотит-пироксенит-габбро-анортозит-норитовой формации (номера на схеме): 1 – г.Генеральской, 2 – Мончегорский, 3 – Имандровский, 4 – Федорово-Панский, 5 – Луккулайсваара, 6 – Ципринга, 8 – Контилайнен, 9 – Торнио, 10 – Пеникат, 11 – Кеми, 12 – Портимто, 13 – Койлисмаа, 14 – Бураковский; 5 – свекокарельские гранитоиды; 6 – палеозойские потенциально-платиноносные щелочные массивы; 7-10 – месторождения и рудопроявления платиноидных формаций: 7 – малосульфидной платинометальной, 8 – сульфидной платиноидно-медно-никелевой, 9,10 – платиносодержащих хромитовой (9) и ванадий-титаномагнетитовой (10); 11 – ветви предполагаемого Балтийского плутона: I – Печенго-Имандро-Варзугская, II – Северо-Карельская, III – Южно-Карельская

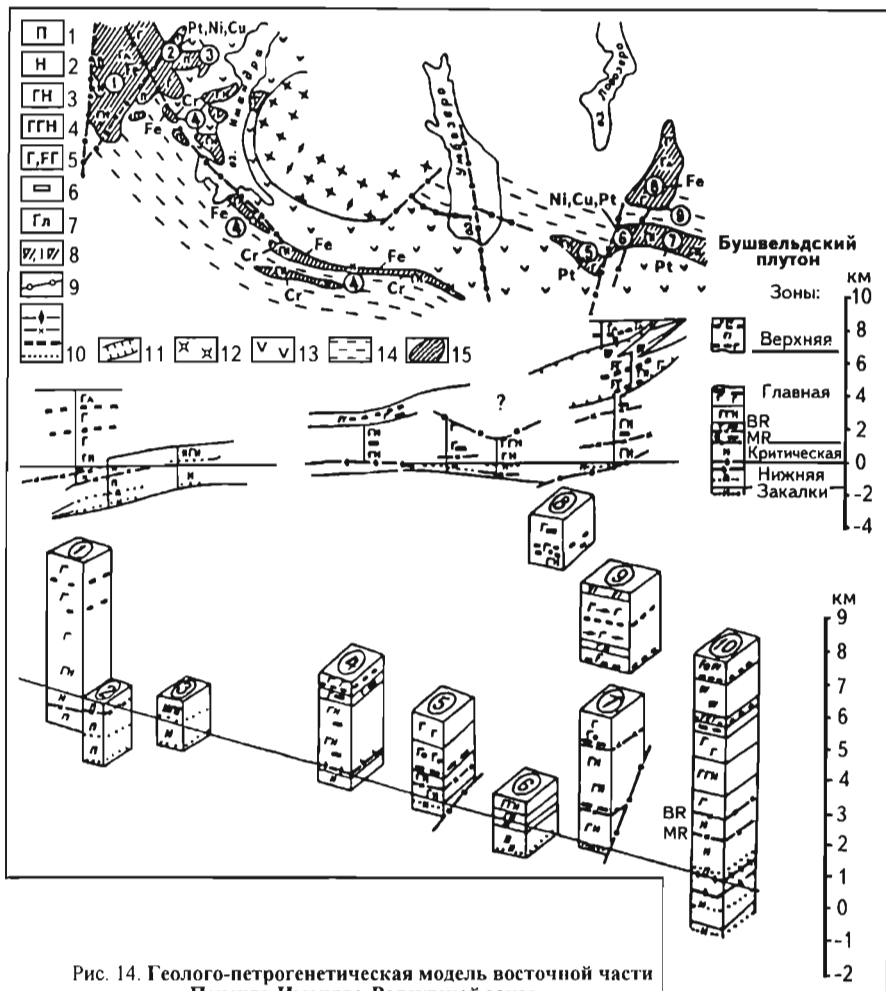


Рис. 14. Геолого-петрогенетическая модель восточной части Печенго-Имандро-Варзугской зоны предполагаемого Балтийского плутона

1-8 – породы расслоенных интрузий: 1 – пироксениты и перидотиты, 2 – нориты, 3 – габбро-нориты, 4 – габбро и габбро-нориты, 5 – габбро и феррогаббро, 6 – анортозиты и лейкогаббро, 7 – габбро-лабрадориты, 8 – диориты и феррогаббро; 9 – разрывные нарушения; 10 – рудные горизонты (рифовые пачки и рифы): а – платиноидно-хромитовый, б – малосульфидный платинометалльный, в – платиноидно-ванадий-титаномагнетитовый, г – платиноидно-медно-никелевый; 11 – границы феррогаббро-диоритовой зоны с платиноидно-ванадий-титаномагнетитовым оруденением; 12 – нефелиновые сиениты Хибинского массива; 13 – вулканогенно-осадочные породы Имандро-Варзугской серии; 14 – гнейсы, амфиболиты и сланцы архея; 15 – ультрамафит-мафитовые массивы (цифры в кружках на схеме и в колонках): 1 – Главного хребта Монча-Чуна-Волчьих и Лосевых тундр, 2 – Ниттис-Кумужья-Травяная-Сопча (Мончеплутон), 3 – Нюд-Поаз (Мончеплутон), 4 – Имандровский, 5 – Федоровотундровский, 6 – Ластьявр, 7 – Панский, 8 – Цагинский, 9 – Скавжинный (скавжин С1 и С6), 10 – Бушвельдский

зонам Бушвельдского комплекса (рис. 14). Рассмотрение петрогенетических моделей Печенга-Имандро-Варзугской ветви (рис. 15), ее составных частей (рис. 16), Бушвельдского, Стиллиуотерского и Скаергаардского массивов приводит к выводу о трех трендах расслоенности, дифференциации и оруденения – щелочно-основном (боуэновском, оливин-анортозитовом, рудно-анортозитовом), рудно-анортозитовом комплексном (тренд II на рис.15) и анортозитовом платинометальном (тренд III на рис.17). Специфический анортозитовый тренд ( $MgMnFe^2Fe^3 \leftrightarrow NaAlCaSi$ ) расслоенной критической серии Федорово-Панского массива аналогичен таковому типичных платиноносных стратиформных плутонов – Бушвельдского и Стиллиуотерского (см. рис. 15). Установленное тесное петрогенетическое родство породных рядов отдельных массивов Печенга-Имандро-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 критерием прогнозирования таких объектов является проявление в породах различных типов разных вариантов анортозитового тренда – платинометального, хромитового, ванадий-титано-магнетитового.

Платинометальные месторождения Таймыро-Норильской провинции (табл. 9), уникальной по содержаниям, запасам, ресурсам МПП и набору платиноносных формаций (норильско-талнахская сульфидная платиноидно-медно-никелевая → трапповая → верхнеталнахская малосульфидная платинометальная такситовых лейкогаббро с шестью субформациями и неконгдоконская малосульфидная платинометальная троктолит-феррогаббро-долеритовая → норильские платинометальная россыпная и техногенная → талнахская техногенная) приурочены к шовной структуре северо-запада Сибирской платформы (область сейсмофокальной зоны Заварицкого-Беньофа), отличающейся высокой подвижностью в докембрии и палеозое.

Уникальные сульфидные платиноидно-медно-никелевые и малосульфидные платинометальные месторождения связаны с достаточно хорошо известными массивами норильско-талнахского типа [1, 7, 14, 32, 33]. Последние располагаются в Кетско-Норильской субпровинции Таймыро-Норильской платиноносной провинции (см. рис. 8) и сосредоточены в пределах Норильско-Талнахского малого рифтового трога (палеорифта) протяженностью ~120 км и шириной ~16 км. Они относятся к группе малых интрузий мощностью 80-400м и расслоены от плагиосодержащих оливинитов и пикритовых долеритов до габбро-диоритов. Хонолитаобразная или пластинообразная форма, отчетливая псевдостратификация, наличие нижнего и верхнего такситовых горизонтов (платиноносные такситовые лейкогаббро верхнеталнахского

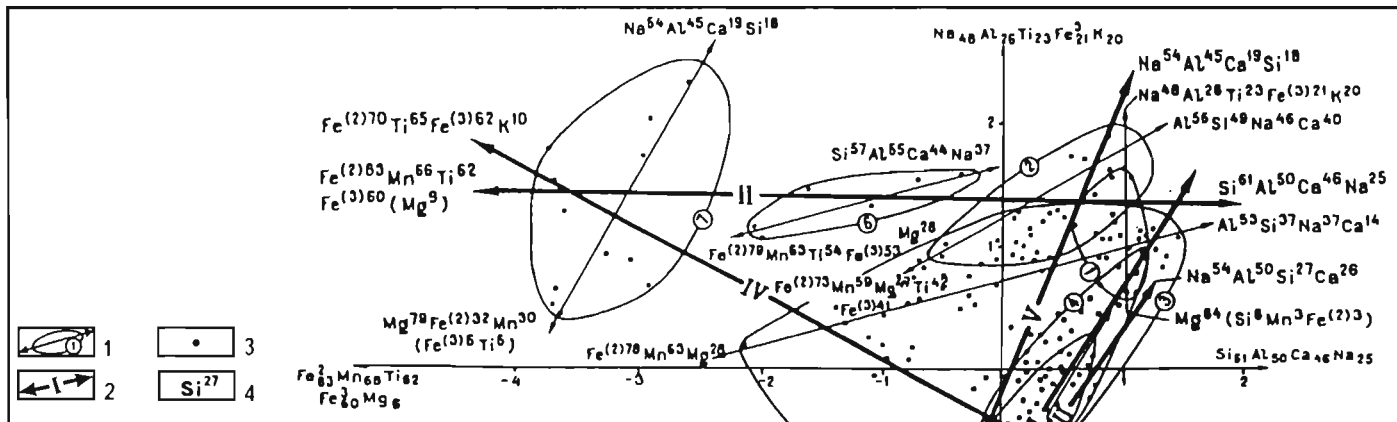


Рис. 15. Петрогенетическая модель восточной части Печенго-Имандро-Варзугской ветви гипотетического расслоенного плутона ( $n=860$ ,  $m=10$ )

1 – фигуративные поля составов пород и проявленные в них тренды (цифры в кружках на контурах полей): 1 – граниты, градиориты и кварцевые диориты, иногда субщелочные и щелочные, 2 – диориты, габбро-диориты, габбро-анортозиты субщелочные и щелочные, 3 – габбро, 4 – габбро-нориты, 5 – нориты, 6 – феррогаббро и ферродиориты Цагинского и Имандровского массивов, 7 – титаноносные троктолиты Цагинского и ферроперидотиты Скаергаардского массивов, 8-10 – пироксениты и перидотиты Федорово-Панского (8), Стиллиуотерского (9) и Бушвельдского (10) массивов; 2 – ведущие тренды дифференциации массивов: I – Федорово-Панского, II – Цагинского и Скважинного, III – Стиллиуотерского, IV – Скаергаардского, Цагинского и Имандровского, V – Бушвельдского; 3 – фигуративные точки составов пород; 4 – элементы, входящие в формулы компонент

$n$  – число анализов, использованных для построения модели,  $m$  – число элементов (Si, Ti, Al и т.д.)

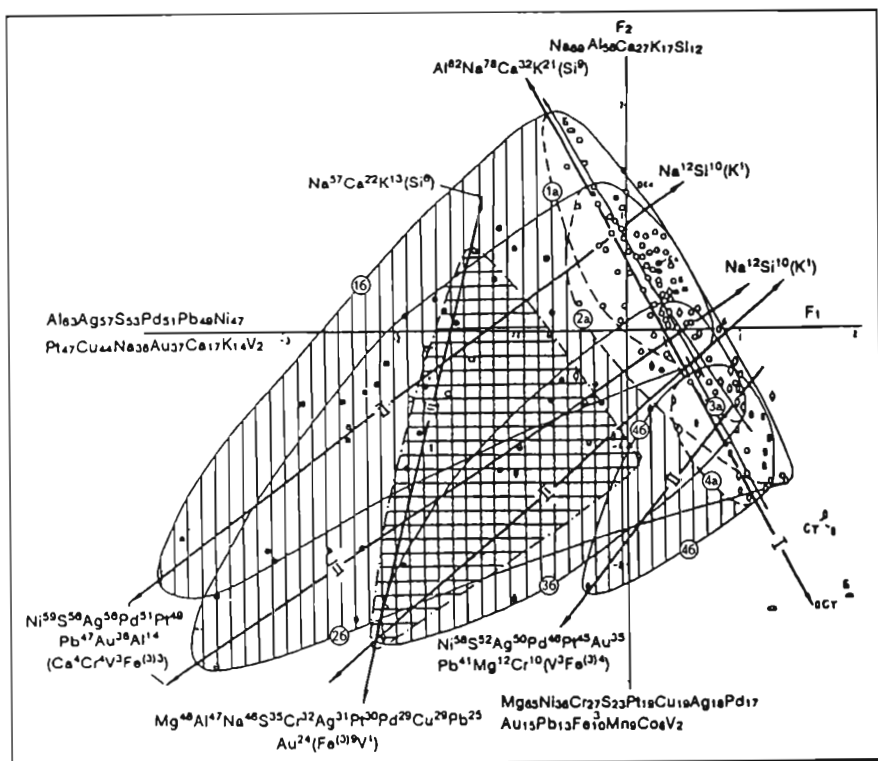


Рис. 16. Петрогенетическая модель Федорово-Панского массива (n=360, m=19)

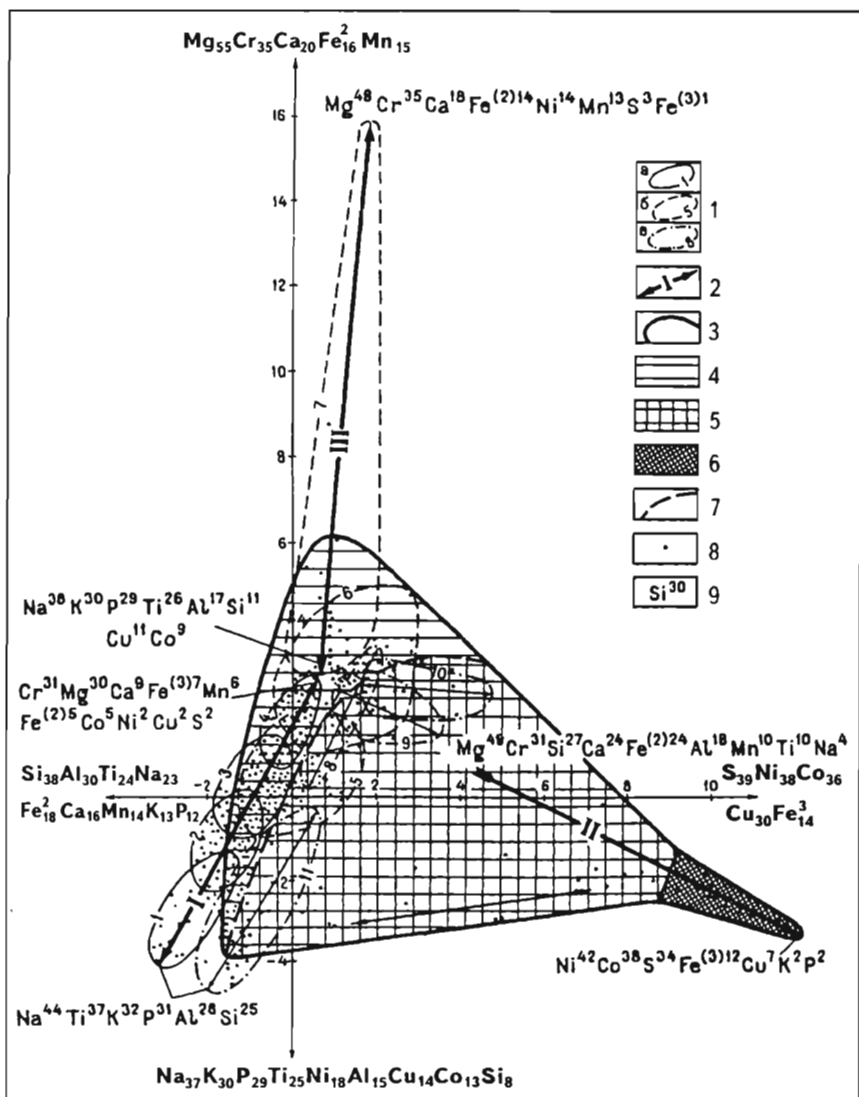
I – фигуративные поля составов пород и руд и проявленные в них тренды: 1 – габбро и анортозиты, 2 – габбро-нориты, 3 – нориты, 4 – пироксениты и перидотиты (с буквой а – безрудные, б – оруденелые); 2 – главные тренды: I – дифференциации, II – оруденения, III – малосульфидного платинометалльного оруденения; 3 – область развития оруденелых пород и руд, в том числе платинометалльных малосульфидных руд (3а); 4 – фигуративные точки составов пород: 1 – габбро, 2 – габбро-нориты, 3 – нориты, 4 – пироксениты и перидотиты, 5 – оливиниты и дуниты, 6 – диориты и гранодиориты, 7 – монцодиориты; 5 – фигуративные точки составов оруденелых пород и руд, тип оруденения: 1 – сульфидный колчеданный, 2 – магнетит-сульфидный, 3 – сульфидно-магнетитовый, 4 – магнетитовый, 5 – платинометалльный, 6 – медно-никелевый; 6 – фигуративные точки составов пород Бушвельдского (Б), Стиллуотерского (Ст) и Скаергаардского (Ск) массивов; 7 – элементы, входящие в формулы компонент

типа), сложнопостроенные мощные метаморфический (до 400 м) и геохимический (>3000 м) ореолы, повышенные основность и магнизиальность, значительные с большим диапазоном колебаний величины

**Содержания МПГ в крупных и уникальных платиноидных месторождениях  
Таймыро-Норильской провинции, г/т**

Формация, тип месторождений и рудопоявлений	Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Os
Пикрит-габбро-долеритовая, норильско-талнахский тип сульфидных Pt-Cu-Ni-месторождений	0,1-58,0	0,2-2000	0,005-17,0	0,005-0,5	0,005-1,0	0,002-0,3
Такситовых лейкогаббро, верхнеталнахский	0,02-12,0	0,02-64,0	0,01-0,95		Нет свед.	
Хвостотвалы норильских месторождений, норильский техногенный	0,1-2,1	0,5-5,6	0,03-0,15	0,01-0,04	0,01-0,04	0,01
Пирротиновые концентраты, талнахский техногенный	0,72-5,7	1,8-18,0	0,02-0,9	0,025-0,12	0,07-0,3	0,01-0,05
Аллювиальные отложения, норильский россыпной		До десятков			Нет свед.	





отношений Ni/Zr, Cr/Ti и Cr/V, преобладание Cu над Ni, а Pd над Pt – характерные черты рассматриваемых массивов. Они положительно специализированы на Mg, Ni, Co, K, S, Cu, Cr, Pt, Pd, Rh, Au, Ag, Se, Te и отрицательно на Si, Al, Ca, Ti, V, Zr, Y, Sr, Ba, обогащены тяжелой серой ( $^{34}\text{S}$  до 12%), отличаются примитивным изотопным составом свинца ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} < 18,5$ ) и характерным соотношением изотопов стронция ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7045\text{--}0,7055$ ), выраженной европиевой аномалией и восстановленным флюидом гелий-метан-азот-водородного состава [33]. Установлена обогащенность  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , F, Cl и тяжелыми углеводородами вулканитов магматического комплекса, с которым связаны уникально-платиноносные массивы норильско-талнахского типа [33]. Важнейшей особенностью мафит-ультрамафитовых горизонтов последних и их эффузивных комагматов – пикритовых базальтов является аномально высокое (до 12%) содержание воды. Полученные данные по содержанию в породах и рудах этих тел Hg, K,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , He и других флюидов характеризуют осевую часть Норильско-Хараелахского рифтового трога (одноименной РМС) – главную промышленно-платиноносную зону как длительно-живущую флюидоподводящую систему, способствующую переносу цветных и благородных металлов, интенсивному щелочному метасоматозу и формированию разнородных аномальных геохимических полей.

На петрогенетической модели (рис. 17) максимально обогащенные МПГ сплошные руды оторваны от типичных магматитов на линии рудно-анортозитового тренда, что свидетельствует о бимодальности магматического очага. Это означает принципиальную возможность занятия залежами богатых платиноидных руд другого (не внутри или приинтрузивного) положения в зоне Хараелахского рифтового трога. В этом случае расслоенные массивы норильско-талнахского типа переходят из разряда прямых поисковых признаков в косвенные.

Рис. 17. Петрогенетическая модель Норильско-Хараелахской РМС (n=955; m=16)

1 – фигуративные поля пород разного состава: а – нормального ряда магматической дифференциации: 1 – диориты, в том числе кварцевые, трахидолериты и трахибазальты, 2,3 – базальты и долериты толеитовые (2), оливинные (3); 4 – пикритовые долериты и базальты, троктолитовые долериты; б – отклоняющихся от нормального ряда магматической дифференциации: 5 – такситовые долериты, 6 – троктолиты, меланотроктолиты, плагиопироксениты; 7 – пикритовые и троктолитовые долериты с повышенной концентрацией хрома и магния; в – метаморфических и метасоматических: 8 – роговики, 9 – скарны, 10 – серпентиниты, 11 – альбититы и микроклиновые породы; 2 – главные тренды в группах; 3 – граница фигуративного поля оруденелых пород и руд; 4 – область бедной вкрапленности и слабого оруденения; 5 – область богатой вкрапленности; 6 – сплошные руды; 7 – граница области богатой рудной вкрапленности; 8 – фигуративные точки составов пород; 9 – элементы, входящие в формулы компонент

*Главным же поисковым критерием районного – регионального ранга будет являться сама рифтовая структура.*

Продолжительность цикла платиноидного рудогенеза Байкальской провинции Алдано-Североземельского пояса составляет около 3 млрд лет. Ее перспективы обусловлены существованием нескольких докембрийско-позднепалеозойских платиноносных черносланцевых уровней, а также наличием золото-платиноидно-медных (удоканский тип, Удоканское месторождение), платиноидно-титано-вых (Чинейский массив, сульфидные экзоконтактовые руды содержат до 100 г/т МПГ), сульфидных платиноидно-медно-никелевых и мало-сульфидных платинометаллических (Йоко-Довыренское, Средне-Мамское, Чинейское месторождения и др.), платиноидно-медно-колчеданно-полиметаллических (рудно-алтайский тип, Прибайкальский и Березовский рудные районы) месторождений и рудопроявлений, а также и платиноносных россыпей в Муйском районе. Л.Б.Макарьевым [32,33] намечается по крайней мере шесть платиносодержащих черносланцевых уровней: раннепротерозойский удоканский (шунгитсодержащие графитовые породы), предрифейский предпурпольский (остаточная кора выветривания), раннерифейский пурпольский (углеродистые песчаники и гравелиты), среднерифейский бугарихтинский (углеродистые сланцы перикратонного комплекса), средневерхнерифейский хомолхинский и позднепалеозойский сухоложинский (различные углеродистые образования). С первым уровнем, по данным того же автора, связаны Холболухское, Графитовое, Бортовое и другие палладиево-иридий-платиновые проявления Урага-Холболухского рудного узла, с остальными уровнями – многочисленные иридий-платиновые (Аномальное, Куэстовое, Кульбарукунское, Анно-Николавское и др.) и комплексные платинометалльно-золоторудные месторождения и рудопроявления (Сухоложинское, Высочайшее, Вернинско-Невское, Ходоканское и др.) Бодайбинского, Сеньского и Бульбухтинского рудных районов и узлов. Среди названных выявлены типичные черносланцевые объекты "типа несогласия" и кор выветривания.

Авторами [32, 33, 39, 40, 52, 53], а также Л.И.Гурской [33, 49], Н.П.Ермолаевым с соавторами [27, 33], А.Ф.Коробейниковым [16, 17, 33], Л.Б.Макарьевым [32, 33], Г.Л.Митрофановым [32, 33, 43, 51], А.В.Савицким [13, 32, 33] и другими установлены структурно-вещественные признаки, определяющие закономерности размещения крупных и уникальных месторождений в черносланцевых толщах:

расположение платиноносных углеродистых толщ преимущественно на шельфах пассивных окраин палеоконтинентов и в окраинно-континентальных морских палеобассейнах "западно-тихоокеанского" типа;

приуроченность к офиолитовым поясам и сложным дискордантным складчато-глыбовым структурам, нередко совпадающим в пределах докембрийских щитов с зеленокаменными поясами; полицикличность и многостадийность развития таких структур с заметным преобладанием вулканогенно-осадочных отложений над терригенно-карбонатными при значительной (до 50%) роли в их составе высокоуглеродистых толщ, а также широкое развитие вулканоплутонических ассоциаций с неоднократным повторением в разрезе пикрит-толеит-базальтовых и базальт-риолит-дацитовых вулканитов, их интрузивных и дайковых комагматов;

наличие зон интенсивного проявления складчатости, взбросово-надвиговых нарушений, межформационных несогласий и объемного катаклаза как элементов контроля платино-рудообразующих систем;

преимущественно низкоградиентный тип метаморфизма в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций и широкое проявление разнотипных флюидно-метасоматических, постмагматических процессов, способствующих формированию различных по минеральным парагенезисам черносланцевых метасоматитов;

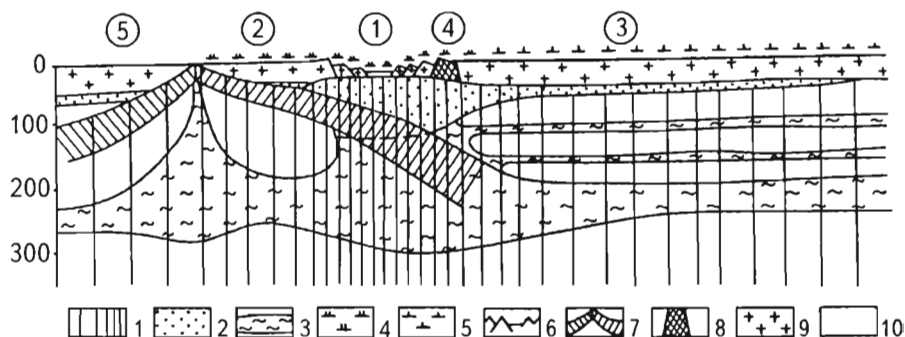
обогатненность черносланцевых комплексов и их метасоматитов сульфидами и сульфоарсенидами, специфическая ассоциация сопутствующих платинометаллому оруденению элементов – Au, Ag, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Sb, Se, Te, U, V, P и др.

В наиболее богатых МПГ (до 40 г/т) жильно-штоковерковых золото-платиновых рудах изученных месторождений выделяются один-два минеральных комплекса [16,17]: ранний с кварцем, пиритом, арсенопиритом I, пирротином, халькопиритом, сфалеритом, тонкодисперсным (0,1-19 мкм) золотом I в пирите и арсенопирите и поздний с пиритом II, III, галенитом, борнитом, блеклой рудой, сульфосолями, теллуридами с дисперсным и видимым золотом II, куперитом, иридомином, сплавами Au-Pt-Pd, PdTe<sub>2</sub> и др. Во вкрапленно-прожилковых рудах отмечаются пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин, пентландит, кобальтин, герсдорфит, саффлорит, раммельсбергит, скуттерудит, калаверит, креннерит, гессит, энаргит, коринит, самородные золото и серебро, куперит, PtTe, PtSe<sub>2</sub>, PtS, сплавы Pt-Pd-Rh, Pt-Ir-Os, Pt-Au-Ni, IrAsS, Pd<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>As<sub>6</sub>S<sub>5</sub> и др. Такой минеральный комплекс формировался в две-три стадии рудного процесса [16,17].

МПГ в комплексных золото-платиноидных рудах локализируются в серицит-графитовой массе, в битумоидах, во включениях в сульфидах, теллуридах, окислах (0,1-9 мкм), а также в виде дисперсных (0,1-30 мкм) самостоятельных минералов [17,27,53].

## Модели формирования некоторых крупных и уникальных платиноидных месторождений

Авторами, О.А.Дюжиковым с соавторами [7], Н.П.Ермолаевым с соавторами [27, 33], А.Ф.Коробейниковым [16, 17, 33], Г.Л.Митрофановым с коллегами [32, 33, 43, 51], Г.В.Поляковым с соавторами [32, 33, 35] и некоторыми другими исследователями разработаны варианты моделей формирования крупных и уникальных сульфидных платиноидно-медно-никелевых, малосульфидных платинометаллических и платиноидно-золоторудных черносланцевые типа месторождений.



**Рис. 18. Палеогеодинамический профиль через северо-западную часть Сибирской платформы и Таймыро-Североземельскую область в раннем триасе (по [29])**

1 – флюидный поток мантийного плюмажа (плотность линий соответствует интенсивности флюидного потока); 2 – промежуточный магматический очаг; 3 – зоны частично плавления мантии; 4 – водонасыщенные траппы; 5 – "сухие" траппы; 6 – рифтовые трои; 7 – зоны позднепалеозойского сдвига; 8 – зеленокаменный пояс; 9 – архейская континентальная кора; 10 – мантия. Цифры в кружках: 1 – Енисей-Хатангский палеорифт, 2 – Южно-Таймырская зона, 3 – Кетско-Иконская зона (плато Путорана), 4 – Игарско-Норильский зеленокаменный пояс, 5 – Северо-Таймырская зона Таймыро-Североземельской области

Так, авторами [34] была разработана шестиэтапная петролого-геодинамическая модель формирования уникальных платиноидных месторождений Норильского района – Талнахского и Октябрьского (табл. 10). Домагматический и дорудный этап имел наиболее длительную (от протерозоя по верхнюю пермь) историю развития. По-видимому, в раннепермское время в результате коллизии Таймыро-Североземельской области и Сибирской платформы в северной части последней произошел подвиг океанической коры (рис. 18). Эта зона трассируется на сейсмическом разрезе (рис. 19) по сдвоенной границе

**Петролого-геодинамическая модель формирования Норильских уникальных платиноидных месторождений**

Этап	Процессы и события
I. Домагматический и дорудный	1. Коллизия Таймыро-Североземельской области и Сибирской платформы 2. Подвиг океанической коры – обогащение флюидных потоков $H_2O$ , S (в том числе тяжелой) и галогенидами 3. Выплавление контрастных магм 4. Ликвация на ультрамафитовый, мафитовый, высокосернистый и низкосернистый анортозитовый расплавы
II. Шестифазный вулканический	5. Рифтинг - поступление обогащенных медью, МПГ и флюидами магм путем декомпрессии в открытой системе - зонах глубинных разломов в виде рифтов-сателлитов 6. Образование магматических камер, в том числе и в области развития черносланцевых толщ
III. Главный интрузивный и рудный	7. Внедрение расслоенной обогащенной МПГ, медью и флюидами ультрамафит-мафитовой магмы в дискретных структурах рифтовых трогов на плечах главного рифта
IV. Главный рудный и внутриинтрузивный	8. Внедрение сульфидоносного расплава – «рудной интрузии» 9. Камерная ликвация
V. Конечный интрузивный и внутрирудный	10. Формирование ритмической расслоенности 11. Внутрирудный щелочной метасоматоз – становление зональных рудных залежей, уникальных по запасам и содержаниям МПГ (норильско-талнахский тип)
VI. Послеинтрузивный и конечный рудный	12. Поступление низкосернистого расплава – формирование малосульфидных платинометаллических руд, уникальных по ресурсам и, иногда, содержаниям МПГ

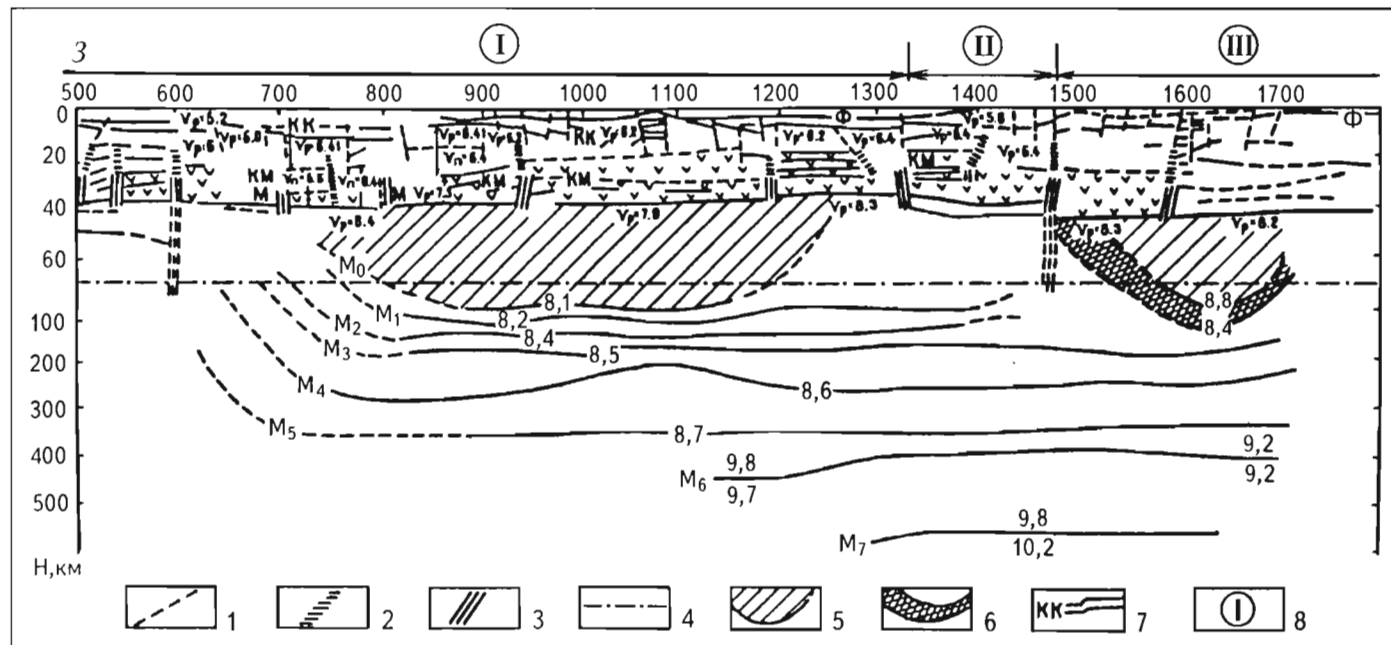


Рис. 19. Интерпретация сейсмологического разреза по линии Березовое – Усть-Мая

I – разломы в верхней части земной коры; 2 – контакты блоков с разными геолого-геофизическими характеристиками; 3 – глубинные разломы в нижней части коры и мантии; 4 – граница смены масштаба по вертикали; 5 – астенолитиза; 6 – предполагаемая зона субдукции; 7 – границы: КК – континентальной коры, КМ – океанической коры, Ф – фундамента, М – поверхности Мохоровичича; 8 – крупные структуры: I – Западно-Сибирская плита, II – Приенисейский прогиб, III – Сибирская платформа

Мохоровичича и высококонтрастному слою ( $V_p = 8,4-8,8$  км/с), погружающемуся под платформу. Затянутые океанические осадки и привели к обогащению флюидных потоков водой, серой, в том числе тяжелой, и галогенидами. Последние, по мнению Д.И. Мусатова и др. [36], заимствовались из соленосных и черносланцевых толщ венда и нижнего палеозоя при промывке их конвейером вадозных вод. Названные авторы считают также, что зона распространения водонасыщенных траппов (см. рис. 18) картирует область активного воздействия поддвига океанической коры.

Субдукция ускорила процессы конвекции в мантии, обусловила процессы растяжения и рифтинга на платформе и, как следствие, – своеобразный позднепалеозойско-раннемезозойский трапповый магматизм Таймыро-Норильской трапповой РМС. При парциальном плавлении недеплетированной мантии или вскрытии только верхних частей камер на глубинах более 150 км выплавлялись обогащенные серой, МПГ и халькофилами контрастные магмы, ликвидировавшие под контролем водородных флюидов на ультрамафитовый, мафитовый, высокосернистый и низкосернистый анортозитовые расплавы. В вершине диапира, где существовал максимум водного флюида, магмы были резко обогащены летучими.

Рифтинг обусловил поступление расслоенных магм в средние и верхние этажи континентальной коры, где (в том числе и в областях развития черносланцевых толщ и меденосных песчаников игарского типа) формировались магматические камеры.

Третий, четвертый и пятый этапы сопряжены во времени с вулканическим этапом, а последний протекал позднее. Быстрый вынос магматических расплавов и флюидов с больших глубин возможен путем декомпрессии, достигаемой при наличии открытой системы – зон глубинных разломов в виде рифтов-сателлитов. Внедрения расслоенной магмы приурочивались к дискретным структурам рифтовых трогов на плечах Енисей-Хатангского рифта. В четвертый этап внедрялся сульфидный расплав и происходила камерная ликвидация с образованием залежей вкрапленных и сплошных (преимущественно пирротиновых) руд. Пятый этап – на фоне формирования ритмической расслоенности внутрирудный щелочной метасоматоз приводил к становлению зональных рудных залежей (пирротиновые → кубанитовые → халькопиритовые, талнахитовые, моихукитовые руды, рис. 20, 21), уникальных по запасам металлов, в шестой – образовывались руды собственно платинометальной (верхнеталнахский тип), полиметаллической и сурьмяно-мышьяковой формаций, завершалось становление мощных метасоматических и геохимических полей. Объем флюидов – важнейший фактор металлонасыщенности интрузивной колонны и РМС в целом.



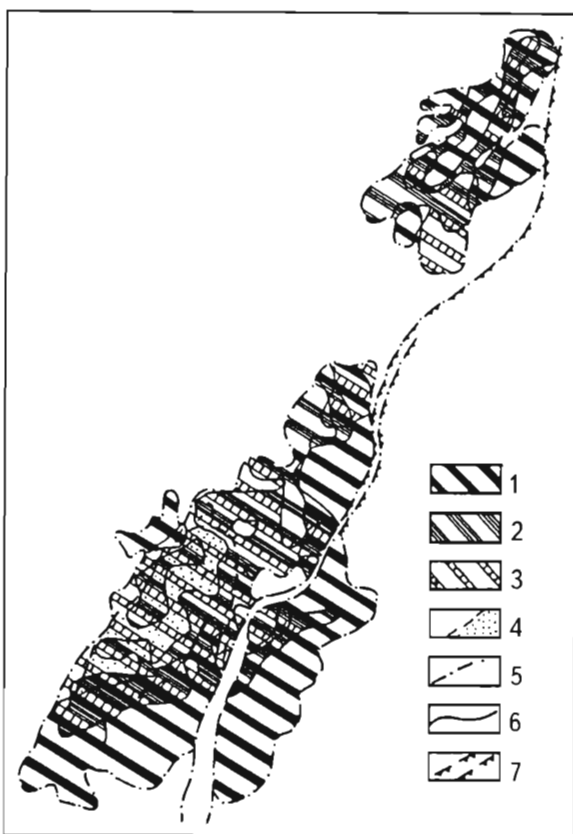


Рис. 20. Схема строения обработанных зональных залежей сплошных (богатых) сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд Юго-западной ветви Талнахского месторождения (по Изоитко и Сухову, 1971)

1-4 – сплошные (массивные) руды: 1 – пирротиновые, 2 – кубанитовые, 3 – халькопиритовые, 4 – талнахитовые; 5 – изолиния 0,5 м суммарной мощности сплошных руд; 6 – границы полей развития руд определенного типа; 7 – западный сброс Талнахского грабена

Ремобилизация толщ перегретыми расплавами, сопровождающими их флюидами и растворами – еще один важный процесс обогащения продуцируемых рассматриваемых месторождения магм рудными компонентами (в первую очередь медью и МПГ), тяжелой серой, водой и галогенидами. Дополнительное количество меди могло быть получено при этом процессе из медистых песчаников игарского типа, возможных древних медно-молибденовых месторождений

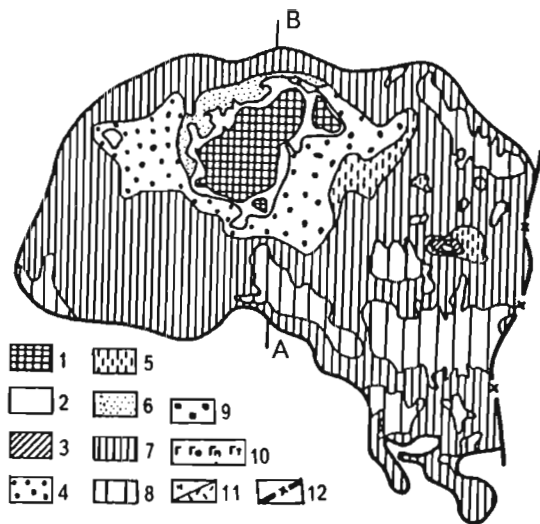
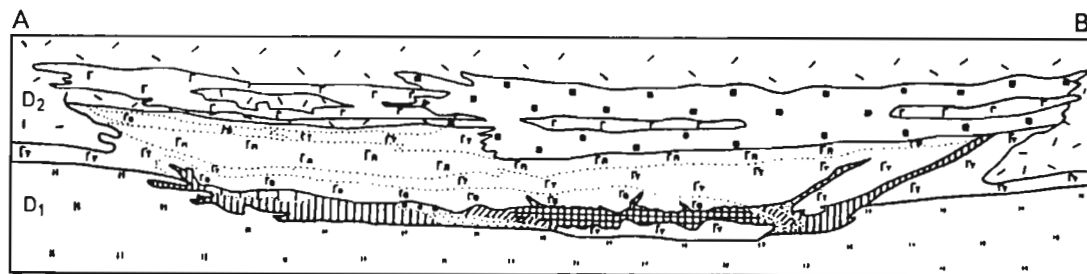


Рис. 21. Строение зональной западной части мощной Хараелахской залежи богатых руд Октябрьского месторождения (по [60])

1-8 - массивные руды: 1 - моихукитовые, 2 - кубанит-моихукитовые, 3 - моихукит-кубанитовые, 4 - кубанит-халькопиритовые, 5 - халькопирит-пирротин-кубанитовые, 6 - пирротин-халькопиритовые, 7 - халькопирит-пирротинные, 8 - пирротинные; 9 - брекчиевидные руды; 10 - долериты Хараелахской ветви (оливинсодержащие, оливиновые, пикритовые и такситовые); 11 - осадочно-метаморфические породы; 12 - "Горный" сброс



в результате субдукции океанической коры и флюидной проработки, а также при прохождении и становлении промежуточных магматических очагов (камер) в пределах зеленокаменного пояса [36]. По предварительным расчетам магматические камеры ("аккумуляторы") могли некоторое время существовать в неравновесном состоянии в "мертвой зоне", где флюидное давление превышало литостатическое в интервале глубин, определяемом резким увеличением открытой и эффективной пористости (для Норильского района ~ 8-12 км). Совмещение сульфидных и силикатных ликвантов в одной магматической камере свидетельствует, что пути их транспортировки, как правило, совпадали. Разделение на эти фазы могло происходить не только на мантийном уровне зарождения расплава, но и на уровне его аккумуляции в промежуточном глубинном очаге. Подобным очагом могла являться граница Мохоровичича, особенно в зонах ее деструкции. Как раз именно они могли служить ловушками для флюидов, длительность существования которых определяли РТ-условия на границе фазового перехода (изохимического раздела). Вскрытие такого промежуточного очага (на уровне раздела М), скорее всего, являлось следствием процессов рифтинга и сопровождалось резкой декомпрессией. Последняя и могла обусловить подъем "тяжелого" рудоносного и более "легкого" силикатного расплава по одному и тому же пути, но с разной скоростью.

Для каждого из этапов развития РМС нами намечены определенные зависимости флюидного режима, распределения РЗЭ и рудоносности.

Предложенная петролого-геодинамическая модель формирования норильских месторождений достаточно убедительно трактует:

механизм образования платиноносных магм, растворов и флюидов, уровней их аккумуляции и транспортировки;

очень высокие концентрации МПГ, золота и меди в рудах;

причины внедрения уникальных платиноидных объектов только на плечах рифтов в Таймыро-Норильской провинции.

Высокая степень изученности ее глубинного строения и металлогении выдвигают эту провинцию в качестве своеобразного полигона для познания процессов уникального платиноидного рудообразования.

Изложенное позволяет уточнить следующие сформулированные О.А.Дюжиковым [32,49] главные факторы формирования уникальных норильских платиноидных месторождений:

*длительное (сотни миллионов лет) возбужденное состояние литосферного блока земной коры в области тройного сочленения рифтовых зон, определившее растянутые во времени процессы сегрегации 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;*

*высокодифференцированные процессы магматизма – накопление пикритовых базальтов и становление нескольких (10-12) типов расслоенных ультрамафит-мафитовых интрузий;*

*последовательная глубинная ликвация рудоносных мантийных расплавов: отделение сульфидного платиноносного расплава и внедрение его в качестве самостоятельной "рудной интрузии" на гипабиссальные уровни платформенного чехла; отслоение флюидизированной низкосернистой жидкости анортозитового состава и ее поступление в верхние части интрузивной камеры;*

*высокая степень насыщенности родоначального плагиопикрита МПГ, Ni, Cr, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, F, Cl и другими флюидами, способствовавшими формированию специализированных геохимических полей различной степени концентрирования.*

Определяющими элементами при разработке петрологогенетических моделей малосульфидных платинометалльных месторождений являются следующие предпосылки локализации подобного оруденения:

высокая степень фазной и ритмической расслоенности ультрамафит-мафитовых и мафитовых массивов и наличие в них ряда последовательно формировавшихся и различных по составу кумулюсных и интеркумулясных парагенезисов породных групп (серий, зон);

присутствие критических зон и горизонтов, нарушающих общую последовательность пород и сопровождающихся образованием петрографически и структурно-текстурно неоднородных и контрастных по составу и зернистости пород, а также горизонтов такситовых, вариолитовых и ксенолитсодержащих пород;

существенные вариации составов породообразующих силикатов критических зон и горизонтов, равные по масштабу изменению химизма минералов всего массива в целом;

наличие водофлюидсодержащих минералов и повышенные содержания хлора в платинометалльных горизонтах;

невысокие содержания (1-5, реже до 10%) магматических сульфидов и повышенные концентрации хрома, преобладание Pd над Pt и Pt, Pd, Rh над Ir, Ru, Os;

широкий видовой набор палладиевых и отчасти платиновых минералов и локализация их на границе сульфид-силикат и в силикатных минералах;

множественность трендов дифференциации – рудно-анортозитового (норильского) и феннеровского, а также анортозитового платинометалльного (см. рис. 15-17), хромитового, титаномагнетитового.

Наиболее приемлемой представляется концепция формирования малосульфидного платинометалльного оруденения как составной части сложного многостадийного процесса становления рудно-магматической системы, включающей:

предкристаллизационное флюидно-жидкостное расслоение расплава на ультрамафит-мафитовые составляющие под воздействием флюидной фазы с отторжением части флюида в вышележащие горизонты;

направленную (от краев к центру камеры) последующую кристаллизацию магмы с образованием переходных зон взаимодействия между кумулатами, основным объемом расплава и остаточной жидкостью;

автономную эволюцию обогащенного флюидами и МПГ остаточного расплава в критических зонах на заключительных стадиях кристаллизации магматического расплава.

В соответствии с этой моделью, наиболее полно учитывающей петрологические особенности платиноносных ритмично-расслоенных массивов и экспериментальные исследования, после предкристаллизационного расслоения расплава его последующая направленная кристаллизация сопровождалась формированием относительно безводных кумулусных серий с одновременным образованием наиболее дифференцированного и обогащенного летучими компонентами расплава в центральной мафитовой (норитовой) части магматической колонны. В локализации остаточного расплава в этой части колонны (вместо продвижения его в верхние горизонты) существенную роль играл "пироксеновый эффект", суть которого заключается в том, что увеличение количества пироксена в кристаллизующейся системе (порode) сопровождается уменьшением ее проницаемости и, соответственно, прекращением фильтрации интеркумулусной жидкости. Следствием этого процесса является:

возникновение критических зон и горизонтов на определенных уровнях магматической колонны (массива), где при смене кумулусных фаз и снижении проницаемости пород становится возможным скопление интеркумулусного расплава и его обособленная эволюция;

обратно пропорциональное объему расплава увеличение содержания некогерентных, не участвующих в кристаллизации кумулатов, элементов, прежде всего МПГ, основная часть которых переходила в остаточный расплав и накапливалась по мере уменьшения его объема, и лишь незначительная их доля отделялась в сульфидную жидкость с образованием интеркумулусной вкрапленности.

Сложное строение и высокая степень структурно-вещественной неоднородности платиноносных критических зон и горизонтов обусловлены взаимодействием нескольких процессов при определяющей роли в ее формировании интеркумулусного расплава, порождающего

и сосуществующего с обогащенным некогерентными элементами флюидом. Насыщенность остаточного расплава флюидной фазой (С, О, Н, S, Cl) и водой, вызывающей его деполимеризацию, способствует уменьшению вязкости расплава, понижению температуры кристаллизации, изменению соотношений и последовательности выделения ликвидусных минеральных фаз. Наряду с формированием кумулюсных ассоциаций (зон, горизонтов) происходит частичное плавление кумулатов за счет воздействия богатого летучими компонентами реактивного флюида с образованием участков такситовых пород. Отторжение флюидной фазы в процессе расщепления расплава ("жидкостной дифференциации") обуславливает не только появление микрозернистых и контрастных по составу (в том числе мономинеральных) пород (анортозитов), но и приводит к формированию богатых летучими компонентами горизонтов (анортозитовых, норитовых, габбро-норитовых "рифов") малосульфидного платинометального оруденения, в котором минералы платиновых металлов (преимущественно соединения Pd с Sb, Te, Ag, Bi) ассоциируют с флюидонасыщенными водо- и хлорсодержащими силикатами (биотит, паргасит-гастингсит и др.).

Общими благоприятными петрогенетическими предпосылками и факторами формирования крупных масс платинометального оруденения являются:

- первичная обогащенность магмы в ультрамафит-мафитовых (а также, вероятно, щелочно-мафитовых и щелочно-ультрамафитовых) массивах платиновыми металлами;

- восстановленный существенно хлористо-водородный характер флюидов, способствующий жидкостной магматической ликвации с образованием серии ликвантов и остаточного расплава, обогащенного водородом, сероводородом, кальцием, алюминием и другими компонентами – концентраторами МПГ;

- максимальное обогащение отдельных горизонтов, участков, слоев восстановленными флюидами, алюминием и кальцием;

- наличие зон перехода от участков расплава с восстановленной флюидной фазой к участкам расплава с более окисленными флюидами.

В благоприятных геодинамических обстановках формирование платиноносных массивов – результат наложения и совмещения четырех процессов:

- жидкостно-флюидной ликвации;

- кристаллизационной флюидной внутрикамерной дифференциации и многофазового расслоения;

- многофазного внедрения;

- внутрирудного и околорудного метасоматоза в платиноносных или околуплатиноносных зонах.

Основная тенденция (тренд) платинометалльного рудогенеза – анортозитовая, глобальный тренд эволюции в геологическом времени – Pt Ni (Mg) → Pd Cu Al Ca.

Авторская модель формирования крупных и уникальных золото-платиноидных месторождений в черносланцевых комплексах предполагает сопряженную деятельность трех источников углеродистого и рудного вещества:

экзогенного (осадочно-хемогенного) в условиях активной биологической деятельности палеобассейна;

флюидно-магматогенного;

метаморфогенного.

Подтверждением ведущей роли первого источника МПГ, Au, С, S и некоторых малых элементов при формировании руд тимского типа являются:

достаточно четкая корреляция Au, МПГ с С, S, сопутствующими элементами и их распределением с характерным для седиментогенеза в современных океанических и морских бассейнах совместным накоплением рудообразующей ассоциации в наиболее тонкозернистой (пелитовой) фракции;

наличие в составе тонкодисперсного (седиментационного) углеродистого вещества битумоидов с преобладающими алифатическими (в меньшей мере алициклическими) группировками гуминовых кислот (Созинов, Чистякова, Казанцев, 1988), обладающими наиболее высокой (в 2-7 раз превышают концентрации в исходной среде) аккумулярующей способностью Au, МПГ и ряда сопутствующих элементов (Cu, Ni и др.), одновременно отражая сапропелитовую (планктоногенную) природу органического вещества и его накопление в условиях восстановительной среды с сероводородным брожением;

существенная обогащенность платиноносных черных сланцев биогенным легким изотопом углерода –  $^{813}\text{C} = -26,6 \dots -31,3$  (Созинов и др., 1988).

Необходимо отметить, что совместное накопление МПГ, Au и  $\text{C}_{\text{орг}}$  происходит во время седиментогенеза; с диагенезом связана некоторая трансформация связей между названными элементами, перераспределение МПГ и Au в осадках и концентрирование их в обогащенных серой слоях. Высокие концентрации МПГ и Au (до 60-80%) в сульфидно-углеродистой составляющей черных сланцев синдиагенетических осадочных и вулканогенно-осадочных золото-платиноидных месторождений свидетельствуют о весьма высокой вероятности присутствия этих металлов не только в примесной форме, но и в виде еще совершенно недостаточно исследованных металлоорганических соединений типа карбониллов –  $\text{Ru}(\text{CO})_5$ ,  $\text{Rh}(\text{CO})_5$ ,  $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ,  $\text{Ir}_2(\text{CO})_8$

и т.д. (Буслаева, Новгородова, 1989). В последующем при термической диссоциации (по схеме  $Mx(CO)y \rightarrow xM + yCO$ ) они переходят в самородные элементы, которые при разложении в сероводородных условиях образуют различные платиносодержащие и платинометалльные соединения.

О большой значимости роли флюидно-магматогенного источника в образовании золото-платинорудообразующей системы в высокоуглеродистых комплексах Воронежского щита свидетельствуют:

многократное проявление вулкано-интрузивного магматизма с увеличивающейся во времени ролью высокомагнезиальных магм с возрастанием количества углекислотных флюидов, отличающихся существенной обогащенностью цветными и благородными металлами и являющихся поставщиком сложных углеродистых соединений [21];

повышенные количества МПГ, Au и углеродистого вещества в породах и породообразующих минералах разнофациальных магматических породных серий: толеитовых, известково-щелочных, субщелочных и щелочных;

четко выраженный базальтоидный тренд распределения МПГ:

$Pd > Rh > Ru > Ir(?) > Os(?)$ .

Как показали экспериментальные исследования и термодинамические расчеты (Голд, 1986), углеводороды являются весьма существенными составляющими мантийных флюидов. Углеводородные флюиды, сопряженные с очагами генерации высокомагнезиальных и щелочных магм, при подаче в зоны осадконакопления, вероятно, окисляются с образованием углерода ( $CH_4 + CO_2 = 2C + H_2O$ ) и особого типа платиносодержащих черносланцевых формаций [21].

В Тим-Ястребовской зоне в условиях многократного проявления магматизма сопровождающие его сложные по составу ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_4$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$ , углеводороды ряда  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_6H_{10}$  и др.) флюиды являлись не только одним из источников углеродистого вещества, стимулирующим биологическую активность палеобассейна и процессы преобразования органического вещества (разложение на летучие углеводородные соединения и твердый углеродистый остаток), но и, обогащаясь продуктами разложения органики, могли играть существенную роль в переносе рудных компонентов в виде летучих элементо-органических соединений. Последним многими учеными придается важное значение в процессе минералообразования и при разработке методики анализа платиноносных высокоуглеродистых пород.

Дальнейшее, а возможно и более существенное, перераспределение рудного вещества происходило в процессе регионального метаморфизма и метасоматоза. При этом в тектонических разломах и зонах объемного катаклаза рудно-метасоматических систем образо-



вывались рудные тела с золото-сульфидно-вкрапленной минерализацией. Характерным примером является Кшенское рудопроявление в Тим-Ястребовской структуре, где в оруденелых породах содержится 0,3-0,5 г/т МПГ и 13,6 г/т золота. По минеральному составу и распределению малых элементов (Ni, Co, Cr, P, Ti, As, Sb, Bi, Sn, Ba и др.) минерализация кшенского типа весьма сходна с золото-платинометальными проявлениями в углеродистых сланцах тимской свиты, подчеркивая их принадлежность к единой полихронной рудообразующей системе, продуцентом которой явились РММС тимского типа.

А.Ф.Коробейниковым формирование крупных и уникальных золото-платиносодержащих месторождений в черносланцевых толщах офиолитовых поясов (рис. 22) трактуется с позиций астеносферного диапиризма, мантийного и внутрикорового метасоматизма [16, 17, 33].

Золото-платиноидные месторождения складчатых областей связаны с магматическими формациями раннегеосинклинального, инверсионно-орогенного, посторогенного рифтогенно-субплатформенного этапов развития подвижных зон и с сопряженными метасоматитами. Во флюидизированных расплавах промежуточных очагов, обогащенных цианидами, карбонилами, галогенидами, сульфидной серой, происходило интенсивное перераспределение золота и МПГ благодаря сродству последних с перечисленными соединениями. Геолого-генетическая модель формирования крупных золото-платиноидных месторождений в черносланцевых комплексах офиолитовых поясов, по мнению А.Ф.Коробейникова [16], может быть представлена в следующем виде:

1. Внедрение по глубинным расколам ультрамафит-плагиогранитных магм и формирование флюидизированных интрузий под воздействием мантийного флюидного потока, обогащенного благородными металлами.

2. Образование рудоносных ультрамафит-мафитовых магматов через промежуточные очаги-камеры на глубинах 20 – 5 км при подтоке глубинных флюидов, обуславливающих сульфуризацию, ферритизацию и дальнейшую дифференциацию мантийных базальтоидных магм.

3. Становление при фиксации серы сульфидоносных, слабо обогащенных (до  $n \cdot 10^{-5}$  % мас.) золотом и МПГ ультрамафит-мафитовых тел.

4. Контаминация магм коровым материалом при внутрикоровом диапиризме и насыщении их сероносными, карбонильно-радонистыми, хлоридными металлоносными флюидами и формирование малых интрузий, серий даек габбро-плагиогранитной формации и метасоматитов альбитит-калишпатит-пропилит-березит-лиственит-аргиллизитовых формаций.

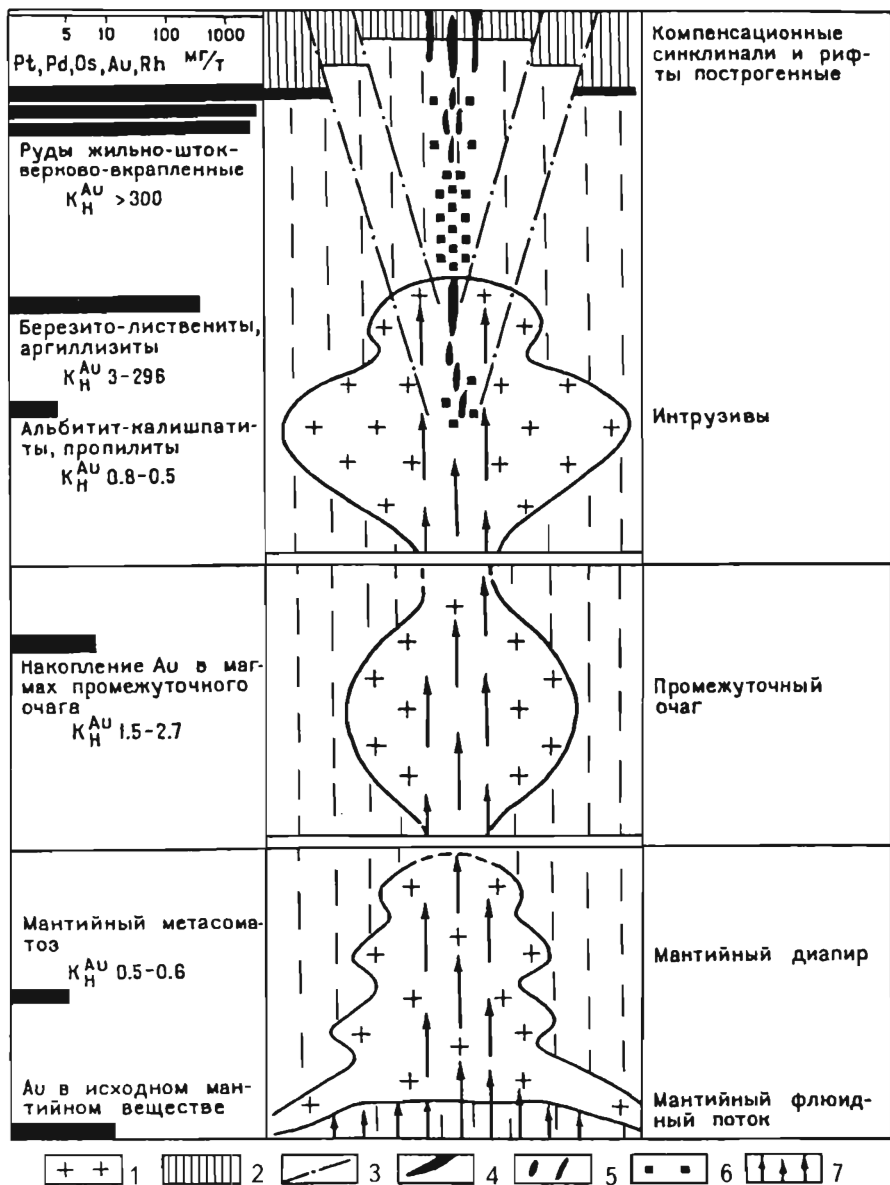


Рис. 22. Модель формирования крупных и уникальных золото-платиноидных месторождений в черносланцевых комплексах (по [17])

1 – ультрамафит-мафит-плагиигранитные интрузии; 2 – компенсационные синклинали и построгенные рифты; 3 – региональные разломы; 4-6 – золото-платиносодержащие руды: 4 – жильные, 5 – штоковерховые, 6 – вкрапленные; 7 – флюидный мантийный поток

5. Насыщение тел образующихся метасоматитов сульфидами и кварцем, сопровождавшееся концентрированием МПГ и золота в определенных зонах рудно-метасоматической системы: Ir, Os и Ru в нижней, а Pt, Pd, Rh и Au (большая часть) в её верхней части в березитах – лиственитах – аргиллизитах с сульфидами.

Расчеты объемного баланса вещества показывают, что метасоматоз обеспечивает 20-25% общего количества МПГ и золота в рудных телах. Основная часть этих металлов привносилась в зоны локализации руд глубинными гидротермами, отлагавшими МПГ и золото на окислительных барьерах. Геолого-геохимическая модель, созданная А.Ф.Коробейниковым для рассматриваемых месторождений, представлена в табл. 11.

Таблица 11

**Последовательность формирования крупных золото-платиноидных месторождений офиолитовых поясов**

Геологическое событие	Коэффициенты накопления	
	Au	Os
Становление мафит-ультрамафитовых интрузий	1,2-2,7	Нет свед.
Зеленокаменное перерождение мафитов и серпентинизация ультрамафитов	1,0-0,9	«-»
Внедрение габбро-плаггиогранитных интрузий	1,7-5,6	«-»
Оливинизация серпентинитов	0,8-0,7	«-»
К-Na метасоматоз	0,8-0,6	0,6-0,5
Пропилитизация вулканитов	0,9-0,8	0,8
Лиственнитизация, березитизация магматитов, серпентинитов, углеродистых сланцев	2-296	36-410
Окварцевание и сульфидизация лиственитов, березитов, аргиллизитов углеродистых сланцев	>300	>1050

*Таким образом, главной особенностью локализации и формирования крупных и уникальных платиноидных месторождений является их входжение в приуроченные к рифтогенам рудно-магматические и рудно-метасоматические (РММС) системы сложного строения и длительного многоэтапного становления. Выявленная впервые важнейшая роль анортозитовой тенденции магмо-рудогенеза в становлении всех типов платиносодержащего оруденения свидетельствует, скорее всего, о его формировании из самостоятельной флюиди-*

*зированной жидкости анортозитового состава. Глобальное, а возможно, и планетарное значение анортозитовой тенденции подтверждается обнаружением платиносодержащих нефелиновых сиенитов и уртитов [5, 31], а также бокситов.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИИ В XXI ВЕКЕ**

---

Главными экономическими предпосылками расширения и комплексного освоения минерально-сырьевой базы МПГ России является открытие и предварительная экспертная оценка в пределах рассмотренных выше металлогенических таксонов конкретных объектов нетрадиционных и известных ранее рудно-формационных типов, положение последних относительно существующих горно-металлургических и горно-обогачительных комбинатов (развитость инфраструктур), технологические свойства платиносодержащих руд, сроки окупаемости инвестиций и т.д.

По степени убывания перспектив промышленной платиноносности выделенные пояса выстраиваются в следующую цепь: Алдано-Североземельский и Арктический → Восточноевропейский и Дальневосточный → Уральский и Амура-Алтайский. По преобладанию ведущих формаций и комплексов определены главные рудно-формационные типы платиноносных провинций и областей (рис. 23): сульфидный платиноидно-медно-никеленосный (норильско-талнахский, печенгский, аллареченский, мамонский и др.), малосульфидный платинометальный (федорово-панский, верхнеталнахский, неконгдоконский), платиноидный черносланцевый (сухоложский, тимской, онежский и др.), платиноидно-хромитоносный (бураковский, рай-изский и др.), платиноидно-титаноносный (пудожгорский, качканарский и др.), платиноидно-золотоносно-железородный (курско-белгородский), благороднометалло-нефелиноносный и апатит-магнетитоносный (кяшалтырский, ковдорский и др.), платиноидно-соленосный (верхнекамский), платиноидно-золотоносный и никеленосный кор выветривания (олимпиадинский), платиноидно-марганценосный (кунаширский), платиноидный россыпной (уральский, корякский, норильский, гулинский), платиноидный техногенный (норильский, талнахский, уральский, сибирско-дальневосточный, курско-белгородский и др.).

На основе установленных главных рудно-формационных типов платиноносных провинций и областей [40], учета развитости инфраструктур, минералого-геохимического облика типовых проявлений, а также рассмотренных выше закономерностей размещения и формирования крупных и уникальных платиноидных месторождений предварительно намечена очередность ускоренной оценки и комплексного

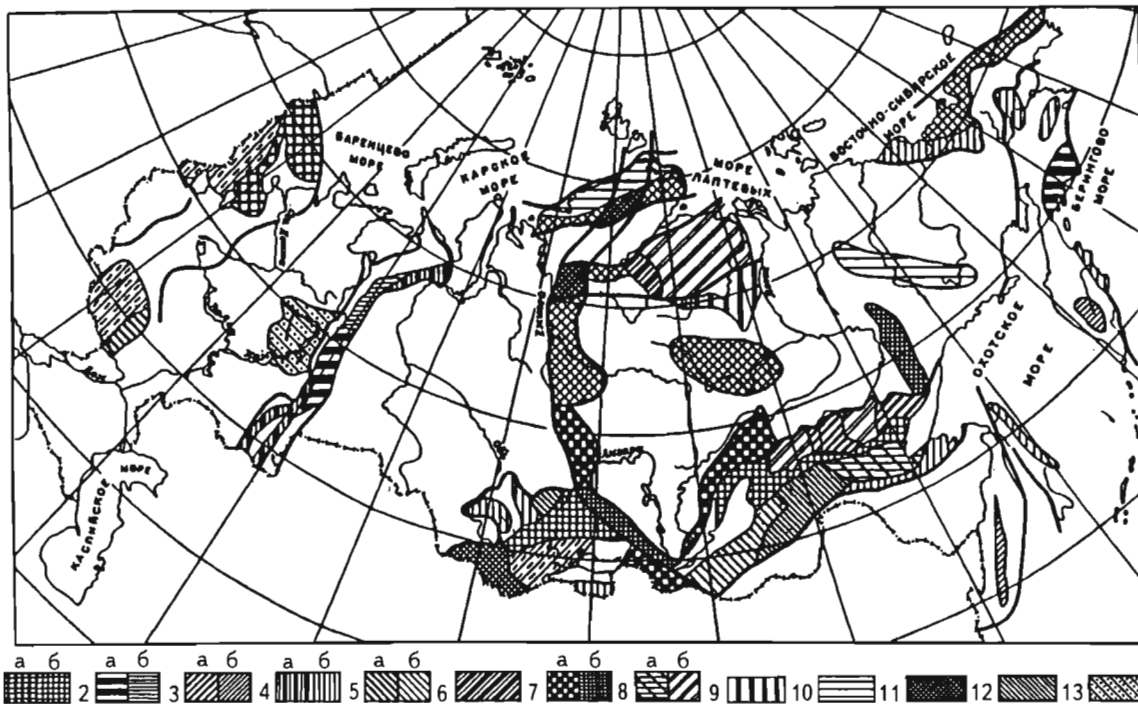


Рис. 23. Размещение главных рудно-формационных типов платиноносных провинций в пределах Российской Федерации

Типы платиноносных провинций и областей установленные (а) и предполагаемые (б): 1 – норильско-талнахский, верхнеталнахский, неконгдоконский, норильские россыпной и техногенный, талнахский техногенный, 2 – федорово-панский (стиллиутерский), бураковский, печенгский, 3 – уральские коренной, россыпной и техногенный, а также корякский россыпной, 4 – алданские коренной и россыпной, 5 – кемпирсайско-рай-изский, 6 – еланский, мамонский, 7 – маймечка-котуйский и ковдорский, а также гулинский россыпной, 8 – сухоложский, 9 – россыпной, связанный с древними толщами, 10 – южно-китайский (куонамский), 11 – таймырский, 12, 13 – алтае-саянский, рудно-алтайский, алтайский и сорский коренной и техногенный, 14 – верхнекамский, 15 – смешанные (тимской, онежский и др.)

## Среднее содержание МПГ в платинометалльных месторождениях, г/т

Месторождение, рудопроявление	Pt	Pd	Rh
<b>Федорово-Панское</b>			
Верхний расслоенный горизонт	2,24	15,02	0,13
Нижний расслоенный горизонт	1,11	5,97	0,13
<b>Норильское техногенное</b>			
Лежалые хвосты хвостохранилища № 1	0,47	1,55	0,116
<b>Талнахско-Норильское</b>			
Малосульфидные платинометалльные руды	1,56	5,10	0,11
<b>Луксулайсваара</b>			
Шлировые малосульфидные платинометалльные руды в микрогаббро-норитах	1,43	13,10	0,40
То же в их экзоконтактах	1,65	7,47	0,18
<b>Имандровское</b>			
Хромититы	0,21	0,22	0,034
<b>Сухой Лог</b>			
Прожилково-вкрапленные платиноидно-золото-сульфидные руды в углеродистых сланцах	0,1-2,0 до 10,0	0,05-0,3	
В том числе:			
рудный горизонт	1,43	0,31	
надрудный горизонт	0,84	0,20	
подрудный горизонт	0,24	0,29	
<b>Олимпиадинское и Воронцовское</b>			
Сульфидизированные березиты и аргиллизиты	3,64-8,4		
<b>Зун-Холбинское</b>			
Вкрапленные платиноидно-золото-сульфидные руды верхнего горизонта	0,88	0,15	
То же нижнего горизонта	0,71	0,074	
Сливные платиноидно-золото-сульфидные руды нижнего горизонта	1,27	0,45	
<b>Саралинское</b>			
Вкрапленные золото-платиноидные руды в углеродисто-кремнистых сланцах	1,71	0,10	0,007
<b>Амыло-Систигхемский рудный район</b>			
Сульфидизированные апосланцевые листовениты	2,3	0,010	
<b>Средняя Падма</b>	0,5	1,5	
<b>Чинейское</b>			
Сульфидные экзоконтактные руды	0,65	6,27	0,090
<b>Кингашское</b>			
Сульфидные вкрапленные и брекчиево-жилные руды	0,36	0,60	

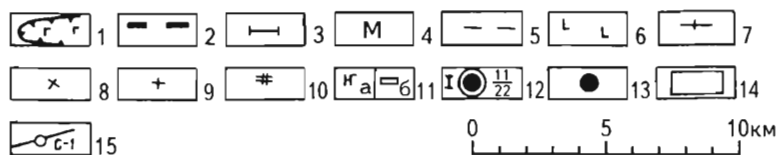
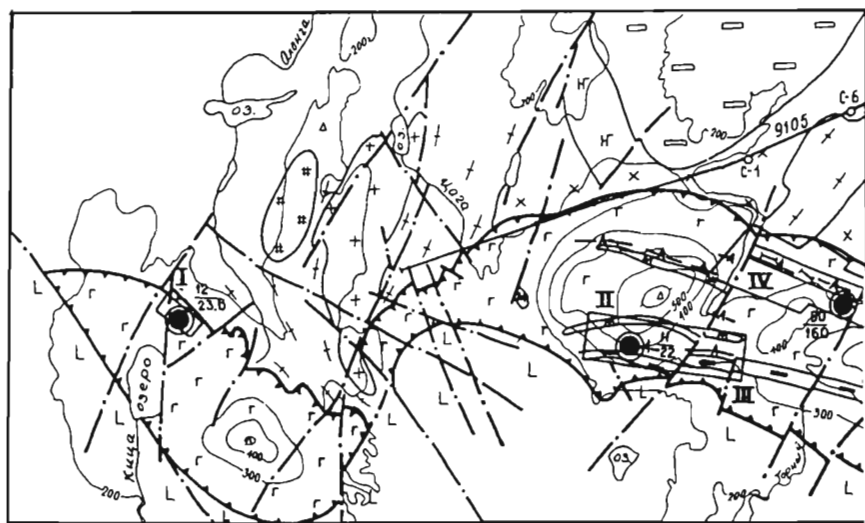


Рис. 24. Схема перспектив платиноносности Федорово-Панского массива

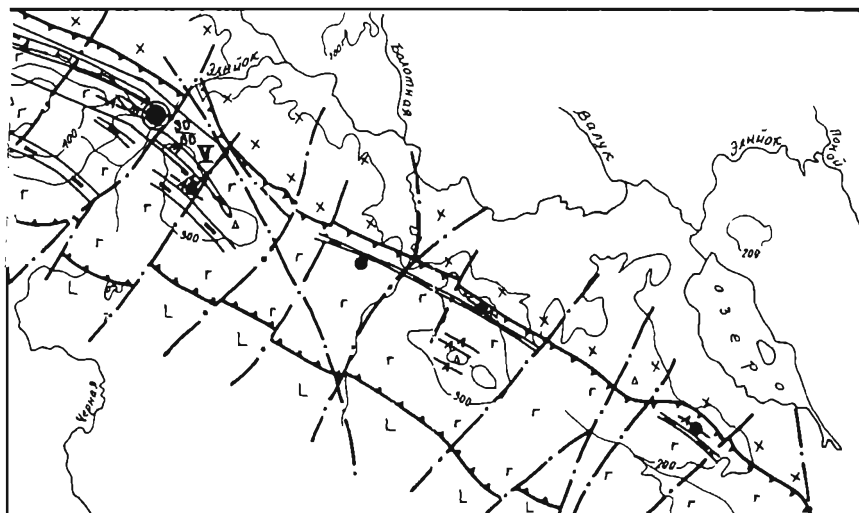
1 – границы массива по геолого-геофизическим данным; 2, 3 – платиноносные расщелины габбро и габбро-нориты; 5 – платиноносные "риффы" анортозитового состава; 6 – сы; 8, 9 – граниты щелочные (8), плагиомикроклиновые (9); 10 – субщелочные и олибро-лабрадориты (6) Цагинского массива; 12 – прогнозируемые промышленно-значимые глубины 150 м (числитель) и 300 м (знаменатель); 13 – платинометалльные проявления скважины глубиной ~1000 м

освоения в XXI в. платинометалльных и платиносодержащих объектов, большая часть из которых выявлена и предварительно оценена (табл. 12) соисполнителями программы "Платина России" [4, 5, 8, 9, 13, 15-17, 31-35, 37, 38-40, 42, 43, 53].

Наиболее значимым и перспективным в России малосульфидным экологически безопасным объектом является Федорово-Панский, приуроченный к крупному (80 x 1,0-6,5 км, мощность до 6 км) массиву перидотит-пироксенит-габбро-анортозит-норитовой формации (рис. 24) [15,32,33,34,40]. В пользу этого свидетельствуют:

значительные (до 1600 т) прогнозные ресурсы МПГ в комплексных (Pt, Pd, Rh, Au, Ag, Ni, Cu, Co) низкосернистых рудах, обуславливающие высокую (до 10 млрд дол.) стоимость полезных компонентов в недрах [32, 33, 40];

неглубокое (первые единицы – сотни метров) залегание наиболее обогащенных МПГ рудоносных горизонтов при их значительной



(составлена Ю.Н.Седых, А.П.Никитичевым, Д.А.Додиним, В.М.Ступаком)

енные горизонты ("рифовые пачки"): 2 – верхний, 3 – нижний; 4 – магнетитсодержащие массив метавулканыты и метаосадочные породы; 7 – амфиболиты, гнейвиновые габбро и метагаббро Олекчъявирского массива; 11 – габбро-нориты (а) и габмые платиноносные объекты (I – V) с оцененными по  $P_2$  ресурсами (в т) Pt и Pd до в пределах Восточнопанамского блока; 14 – участки поисковых работ; 15 – пробуренные на сейсмическом профиле 9105

(десятки километров) протяженности; всего прослежено семь горизонтов (рис. 25); средние содержания МПГ достигают 17,39 г/т;

хорошие результаты по обогатимости руд (табл. 13) [33];

благоприятное физико-географическое положение массива (рис. 26) при близости к необеспеченному сырью комбинату "Североникель";

возможность отработки руд карьерами и штольнями;

рассчитанная быстрая (2-3 года) окупаемость вкладываемых инвестиций [34].



Разрез интрузии	Мощность пачек пород, м	Среднее содержание							
		Pt	Pd	Rh	Au	Ag	Ni	Cu	S
ГН- ГН- ГН-	300-350								
ВПГ	150								
ГН ГН	150								
ЛГ-В ГН	I ЛГ-В 220	2.24	15.02	0.13	1.58	1.41	0.14	0.24	0.70
МГ МГ	II 120	0.78	7.86	н/а	0.60	н/а	0.16	0.39	н/а
ГН	III 1200	0.76	1.68	н/а	0.33	н/а	0.10	0.55	н/а
МГ	IV 100								
ГН ГН	200	0.04	0.37	0.01	0.06	0.61	0.12	0.15	0.31
ЛГ-Н ГН	ЛГ-Н(НРГ) 200	1.11	5.37	0.13	0.23	1.03	0.22	0.29	0.76
ГН ГН ГН	V 1000								
Н Н Н	VI 120	0.06	0.53	0.02	0.05	0.20	0.07	0.04	0.20
ЛГ-В ЛГ-Н	VII 80	0.06	0.38	0.02	0.03	0.49	0.06	0.09	0.18

\* Pt-Ag - в г/т; Ni, Cu, S - в % мас

1 ГН- 2 ВПГ 3 ЛГ-В ЛГ-Н 4 ГН 5 МГ 6 Н 7 ГН 8 ЛГ-В ЛГ-Н 9 ГН 10 ЛГ-В ЛГ-Н 11

Рис. 25. Платинометалльные горизонты Федорово-Панского месторождения

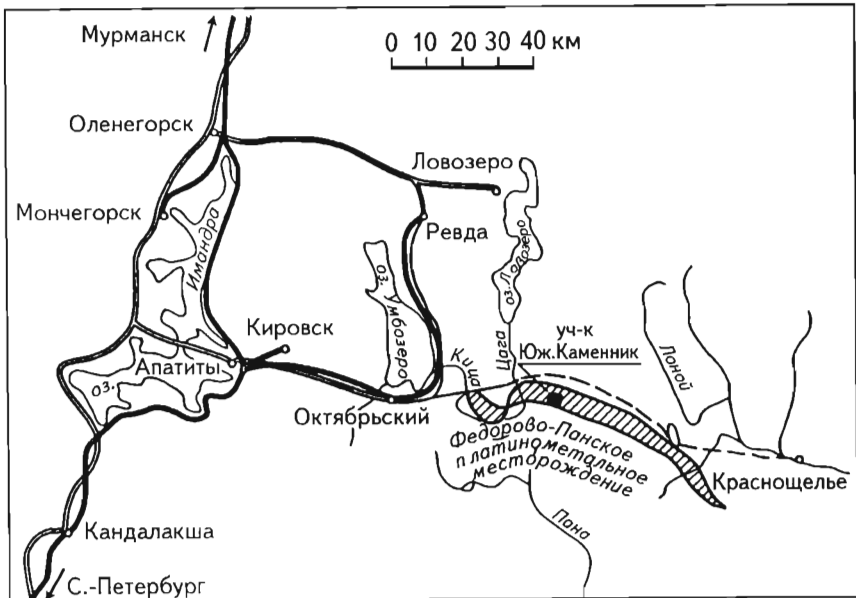
1 – метавулканисты раннего протерозоя; 2 – трахитоидные габбро-нориты; 3 – чередование оливковых габбро-норитов, габбро-норитов, анортозитов; 4 – лейкогаббро-анортозиты верхнего (В) и нижнего (Н) платиноносных горизонтов; 5 – нерасчлененные габбро-нориты центральной части массива; 6 – магнетитсодержащие габбро; 7 – нориты и плагиопироксениты; 8 – такситовые нориты и габбро-нориты краевой зоны; 9 – щелочные граниты; 10 – малосульфидные платинометалльные рудопроявления в разрезе; 11 – номер рудного горизонта

**Характеристика черного концентрата,  
полученного при гравитационно-флотационном обогащении  
платинометаллических руд Федорово-Панского массива**

Выход концентрата 4,16-10,91%

Элемент	Содержание*	Коэффициент концентрации	Извлечение, %
Pt	4,4-24,5	9,1-61,5	76,9-94,1
Pd	18,7-176,6	10,8-72,7	53,2-81,3
Rh	0,52-1,38	9,2-12,6	52,7-75,0
Au	2,54-6,7	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	15,4-104,2	84,6-94,0
S	4,3-12,7	10,0-46,4	

\*Pt-Au – в г/т, Ni, Cu, S – в %.



**Рис. 26. Схема физико-географического положения Федорово-Панского платинометаллического месторождения**

В пределах массива Ю.Н.Седых, А.П.Никитичевым и авторами настоящей работы оконтурено пять промышленно-значимых месторождений с общими прогнозными ресурсами по категории  $P_2 \sim 150$  т (до глубин 100-150 м) и  $\sim 300$  т до глубин 250-300 м (см. рис. 24).

Установлено, что большая часть МПГ присутствует в рудах рассматриваемого объекта в минеральной форме, идентифицировано около 60 платиновых минералов. Они образуют самостоятельные выделения размером до 150 мкм среди сульфидов, на контакте последних и силикатов, реже в силикатах внутри сульфидов. Среди платиновых минералов преобладают сульфиды (бреггит, висоцкит, куперит), теллуриды-висмутиды, стибитотеллуриды, арсениды и стибииарсениды (сперилит, арсенопалладинит, в том числе теллур- и ртуть-золотосодержащий, теллурсодержащий кейтконнит, котульскит, стиллуотерит, меренскит, мончеит, теллурсодержащий атокит), сульфоарсениды (холлингвортит), отмечаются также сопчеит, палладистое золото, телларгпалит и др. Максимальные концентрации МПГ тяготеют к участкам резкого изменения элементов залегания, приурочиваясь, как и на месторождении Стиллуотер, к пологим депрессиям и их склонам [33,34]. В пределах рассматриваемого месторождения из семи установленных к настоящему времени горизонтов [32] максимально оруденелыми (до 50 г/т Pt и Pd) являются "нижний" и "верхний" расслоенные горизонты (рифовые пачки в нашем понимании, см. рис. 25), представленные тонким ритмичным переслаиванием габбро-норитов, анортозитов, анортозит-норитов с линейными телами пятнистых лейкогаббро; платинометальное оруденение приурочено к средним частям рифовых пачек – к анортозитовым рифам.

*В рамках "Программы" разработана [33] первая в России гравиационно-флотационная схема получения из малосульфидных платинометальных руд высококачественного черного концентрата (см. табл. 13). Технологические показатели получаемого на действующей обогатительной фабрике комбината "Печенганикель" концентрата (3% никеля, 1,2% меди и низкие содержания МПГ) 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 промышленности типа платиноидного сырья – малосульфидного платинометального [33, 34].*

Передел полученного платиноидного концентрата до готовой продукции может быть организован на условиях переработки даваль-

ческого сырья по схеме: обжиг на комбинате "Печенганикель", плавка и рафинирование на комбинате "Североникель", аффинаж электролитного шлама на заводе "Красцветмет" [32, 33].

Значимость Федорово-Панского объекта усиливается близостью к нему Имандровского платиноидно-ванадий-титан-хромитового (прогнозные ресурсы МПГ ~500 т,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ~400 млн т), Сопчинского платиноидно-хромитового и Мончегорского платиноидно-медно-никелевого (около 1 млн т меди и никеля и 500 т МПГ) месторождений [15,32,33]. В 1971 г. в связи со значительными количествами получаемых на Норильском комбинате металлов из высокосортовых руд все оцененные (по категориям  $P_2 - C_2$ ) к тому времени руды (в том числе богатые жильные с содержанием 3,4% никеля и 1,5 – 8,1% меди) Мончегорского месторождения ГКЗ были переведены в забалансовые, что лишило комбинат "Североникель" собственного сырья.

*Приведенные данные позволяют считать, что на Кольском полуострове может быть создана новая комплексная (с  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ti}$  и  $\text{V}$ ) сравнительно экологически чистая минерально-сырьевая база платинодобычи. Это может существенно изменить негативную ситуацию с обеспечением сырьем действующих горно-металлургических предприятий северо-западного региона Российской Федерации и экологической безопасностью России, Швеции, Норвегии, Финляндии и других приполярных государств.*

Северо-западная база платинодобычи может быть расширена за счет платиносодержащих руд г.Генеральской в Печенгском районе (прогнозные ресурсы МПГ около 300 т при содержаниях до 5 г/т), Бураковско-Аганозерского (рис. 27; ~1500 т МПГ при содержаниях до 5 г/т платины и палладия в платиноидно-хромитовых, 6,5 г/т МПГ и 17,2 г/т золота в малосульфидных платинометалльных и до 50 г/т палладия в палладиевых гидротермальных рудах), Луккулайсварского (~60 т МПГ при содержаниях до 30 г/т в малосульфидных платинометалльных рудах) массивов и черных сланцев Онежского района в Карелии [13, 32, 33, 49].

Важным резервом расширения Норильской базы платинодобычи являются Норильские техногенные платиносодержащие месторождения и малосульфидные платинометалльные руды верхнеталнахского типа [32, 33, 34, 40]. Среди последнего выделяются шесть подтипов (талнахский, таймырский, боотанкагский, курейский, моронговский, фокинский), оруденение которых тяготеет к различным частям массивов Таймыро-Норильской провинции [40]. Промышленное значение в настоящее время имеют руды талнахского подтипа, приуроченные к такситовым лейкогаббро верхней расслоенной серии интрузивов норильско-талнахского типа Талнахского, Норильского и

Имангдинского узлов. В первом из них такситовые лейкогабброиды мощностью до 50 м слагают не менее 20% площади Северо-Восточной и ~60-70% – Северо-Западной ветви Верхней Талнахской интрузии. Южные фланги последней (поля рудников "Комсомольский"

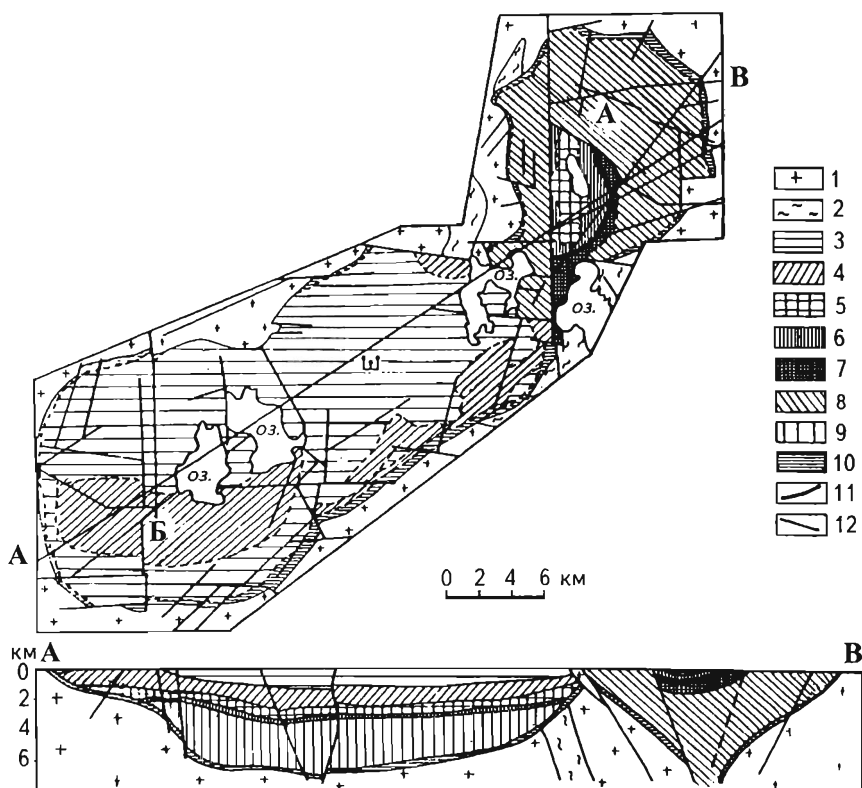


Рис. 27. Схема геологического строения платиноносного Бураковского интрузива (по [34])

Блоки: А – Аганозерский, Б – Бураковский, Ш – Шалозерский

1, 2 – вмещающие архейские образования: 1 – тоналитовые гранитогнейсы, 2 – сланцы и амфиболиты по мафит-ультрамафитовым эффузивам; 3-11 – зоны интрузии: 3 – Феррогаббро-норит-диоритовая, 4 – Пижонитовых габбро-норитов, 5 – Габбро-норитовая, 6 – Клинопироксенитовая, 7-9 – Ультраосновная с подзонами Перидотитовой (7), Дунитовой (8), Нерасчлененной (9); 10 – Краевая группа; 11 – Главный хромитовый горизонт (вне масштаба); 12 – разломы

Пунктиром оконтурены участки, перспективные для поисков платинометалльного оруденения.

и "Маяк", рис. 28), где платиноносный горизонт мощностью до 10-50 м залегает на глубинах до 350 м и в крайней южной части выходит на

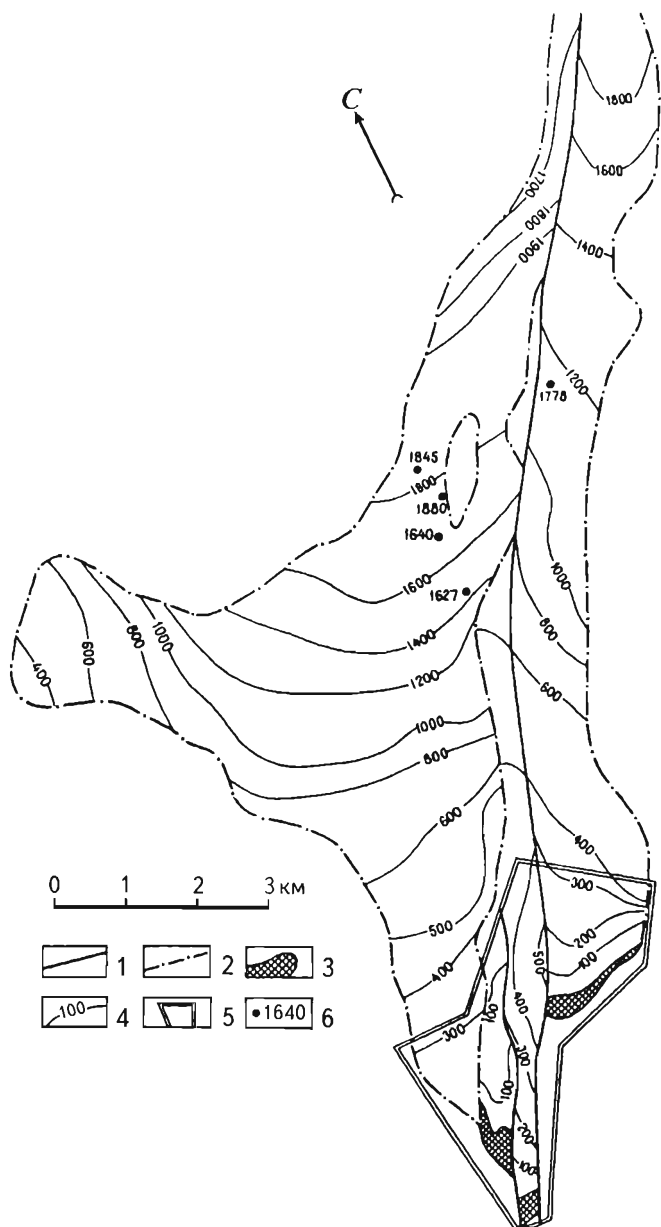


Рис. 28. План изоглубин залегания малосульфидных платинометаллических руд (платиноносного горизонта) в пределах Талнахского рудного поля

1 – разломы; 2 – контур Верхней Талнахской интрузии; 3 – выходы интрузии под рыхлые отложения и на поверхность; 4 – изолинии глубины залегания платиноносного горизонта по отношению к дневной поверхности; 5 – контур площади возможной отработки платиноносного горизонта открытым способом; 6 – буровые скважины

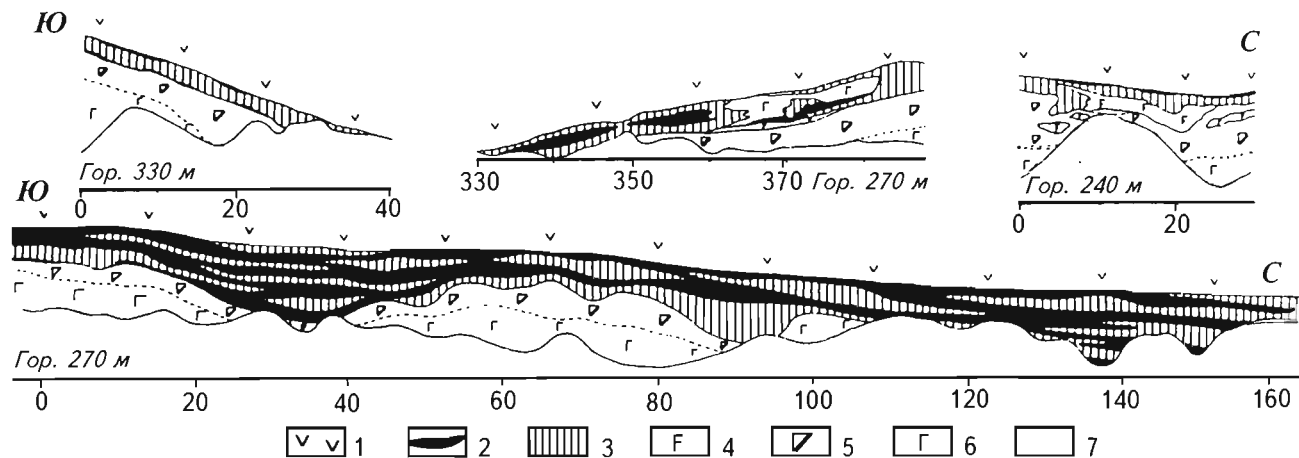


Рис. 29. **Фрагменты строения малосульфидного платиноносного горизонта интрузива Норильск-I**  
(карьер "Медвежий ручей", западный борт, горизонты 240, 270, 330 м)

1 – метаморфизованные андезитовые базальты сиверминской свиты; 2-4 – горизонт пород петрографической неоднородности с повышенным (до 64 г/т) содержанием МПГ: 2 – угли, углистые аргиллиты, апоаргиллитовые роговики, 3 – гибридно-метасоматические породы и эруптивные брекчии, участками скарнированные, 4 – такситовые лейкогабброиды; 5 – габбро-диориты и габбро-долериты; 6 – габбро-долериты безоливиновые и оливинсодержащие; 7 – осыпи

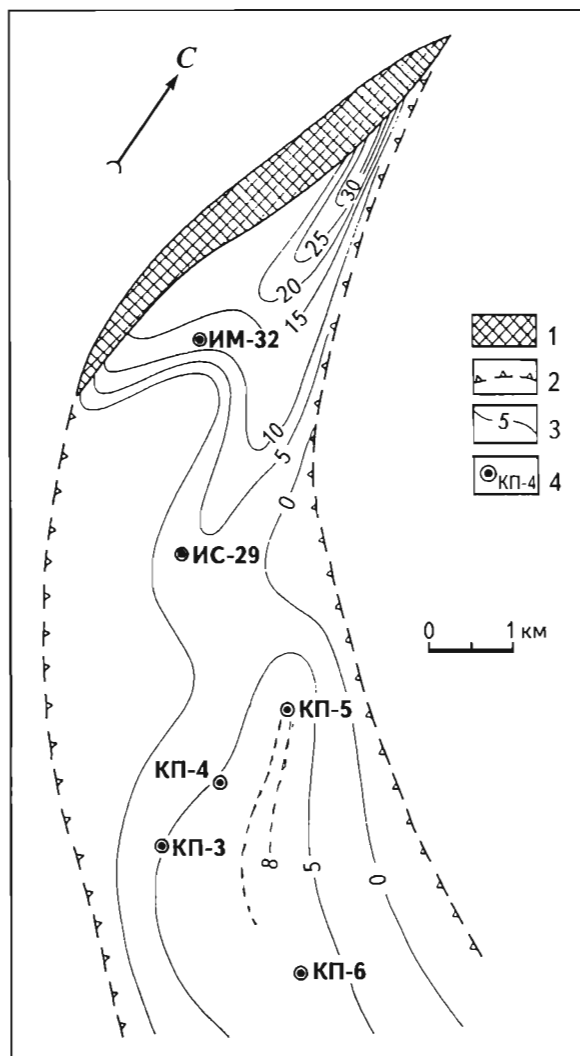


Рис. 30. Схематический план изомощностей такситовых (иногда платиносодержащих) лейкогабброидов Верхней расслоенной серии Имангдинской интрузии

1 – выходы интрузии на поверхность; 2 – контуры интрузии; 3 – изомощности (в м) такситовых лейкогабброидов; 4 – буровые скважины

поверхность, могут быть отработаны карьерным способом. В юго-западном борту карьера "Медвежий ручей" рассматриваемый горизонт прослежен на 1 км при мощности от 0,5-1 до 6-8 м, иногда 30 м (рис. 29). В Имангдинской интрузии мощность горизонта такситовых лейкогаббро снижается от головной (>10-15 и до 33 м) к тыловой (5-7 м и менее) зоне (рис. 30). МПГ в рассматриваемом горизонте образуют значительное число самостоятельных минералов (высоцкит, куперит, сперрилит, стибнопалладинит, атоцит, звягинцевит, мончеит, мерен-



скит, котульскит, тетраферроплатина и др.) и входят в решетку сульфидов ( в пентландите содержится до 1 кг/т Pd и 1 г/т Rh).

Таблица 14

**Содержание МПГ и серы по разрезам  
платинометального месторождения талнахского подтипа  
верхнеталнахского типа**

Разрез	Pt	Pd	Rh	S
1	$\frac{0,02-7,00}{1,92}$	$\frac{0,02-17,0}{5,28}$	$\frac{0,02-0,85}{0,07}$	0,10
2	$\frac{0,25-11,50}{2,38}$	$\frac{0,05-27,50}{5,71}$	$\frac{0,02-0,95}{0,29}$	0,10
3	$\frac{0,01-0,40}{0,36}$	$\frac{0,02-1,95}{0,56}$	$\frac{0,01-0,15}{0,03}$	$\frac{0,18-0,60}{0,36}$
4	$\frac{0,05-2,15}{0,30}$	$\frac{0,20-6,80}{0,89}$	$\frac{0,02-0,30}{0,08}$	$\frac{0,50-0,90}{0,68}$
5	$\frac{0,20-7,5}{0,92}$	$\frac{0,10-27,90}{3,92}$	$\frac{0,02-0,80}{0,12}$	$\frac{0,10-1,60}{1,10}$
6	$\frac{0,06-2,60}{1,13}$	$\frac{0,18-5,90}{2,67}$	$\frac{0,01-0,26}{0,06}$	$\frac{0,10-0,70}{0,25}$
7	$\frac{0,25-4,95}{2,15}$	$\frac{0,34-12,60}{5,02}$	$\frac{0,01-0,35}{0,16}$	$\frac{0,60-0,75}{0,68}$

Примечания. 1. Содержание МПГ – в г/т, серы – в %.

2. В числителе – пределы изменения содержания, в знаменателе – средневзвешенные значения.

Средняя мощность платиноносного горизонта в названных интрузиях составляет: в Верхней Талнахской – 1,96 м, Норильск-I – 6,02 м, Имангдинской – 2,1 м при средневзвешенных содержаниях МПГ соответственно 5,94; 5,43 и 2,26 г/т. В целом содержания МПГ в платинометальных рудах талнахского подтипа колеблются от 0,2 до 64 г/т при средних 5,77 г/т (см. табл. 12) и средневзвешенных по отдельным разрезам до 8,37 г/т (табл. 14). При таких параметрах прогнозные ресурсы МПГ могут превысить тысячу тонн, причем 20-30% из них в пределах южных флангов Талнаха, на месторождениях Норильского и Имангдинского рудных узлов по условиям залегания руд пригодны к отработке открытым способом. При технологических испытаниях пробы из верхнего платиноносного горизонта карьера "Медвежий ручей", содержащего 1,92 г/т Pt, 4,11 г/т Pd, 0,1 г/т Rh, получен концентрат с общим содержанием МПГ 124,3 г/т при извлечении 51,3% Pt, 65,2% Pd и 49,4% Rh [40]. Применение комбинированных флотационно-гравитационных схем, по мнению авторов, приведет к повы-

шению эффективности обогащения платинометаллических руд талнахского подтипа.

Норильские техногенные платиносодержащие месторождения (рис. 31) представляют собой хвосты обогащения [32, 33], пирротиновые и магнетитовые концентраты [34, 46], составляющие более 300 млн т сухого вещества.

Наиболее крупным является Норильское техногенное месторождение – хвостохранилище Норильской обогатительной фабрики №1, сформированное в течение 27 лет (1948-1975 гг.) при переделе руд Норильского и Талнахского месторождений и складировании хвостов их обогащения. Именно к ним приурочены наиболее значительные потери МПГ, в том числе, %: Pt – 7-20, Pd – 4-15, Rh и Ir – 7-40, Ru и Os – 14-80. Это хвостохранилище об-

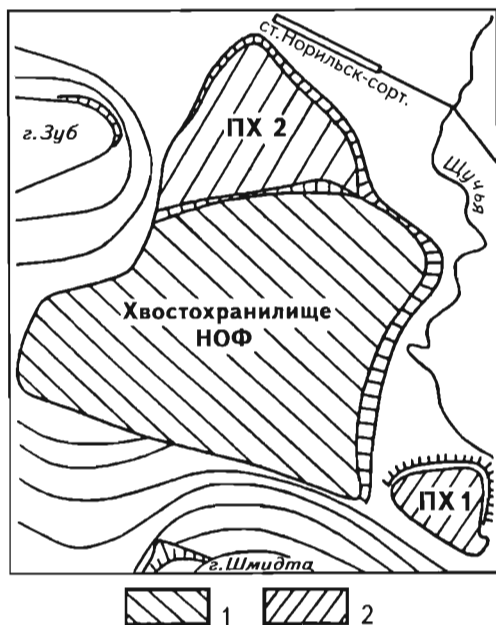


Рис. 31. Схема расположения составных частей Норильских техногенных платиносодержащих месторождений (по [46])

1 – хранилище отвалных (лежалых) хвостов Норильской обогатительной фабрики; 2 – хранилища пирротиновых концентратов: ПХ1 – первое, ПХ2 – второе

разовано до процесса получения товарных пирротиновых концентратов. По данным выполненных нами геохимической съемки (рис. 32) и бурения (рис. 33) хвосты характеризуются повышенными количествами платины (до 2,1 г/т), палладия (до 5), родия (до 0,24), иридия (до

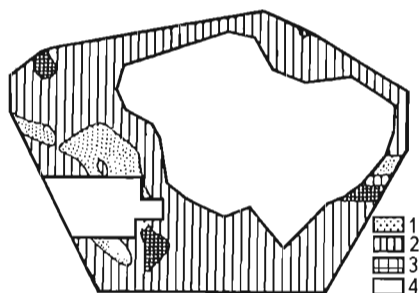


Рис. 32. Распределение сумм содержаний Pt и Pd в Норильском техногенном платиносодержащем месторождении

1-3 – содержание суммы Pt и Pd: 1 – < 1 г/т, 2 – 1-3 г/т, 3 – > 3 г/т; 4 – неопробованная площадь месторождения

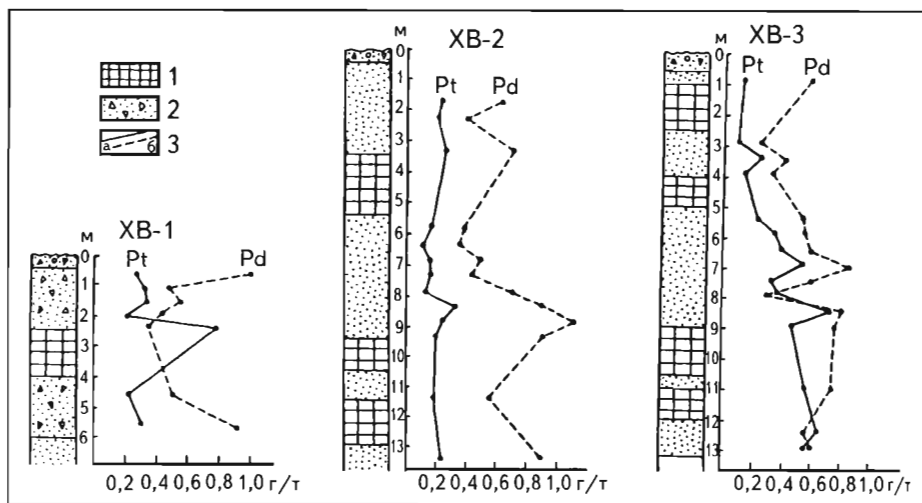


Рис. 33. Распределение содержаний Pt и Pd по разрезам скважин, пробуренных на Норильском техногенном платиносодержащем месторождении отвальных хвостов

1 – кристаллический лед; 2 – намывной грунт; 3 – содержание Pt (а) и Pd (б)

0,044), рутения и осмия (0,01-0,05), золота (до 1,4), меди (до 0,8), никеля (до 0,6). Неоднородность распределения содержаний платиновых металлов в разрезе и плане обусловлена разнообразием количеств МПГ в обрабатываемых рудах, эффектом просадки, рельефом местности и постоянной гидромеханической переработкой вещества хвостов в бассейне руч. Разведочного, а также технологией намыва хвостохранилища и колебаниями дневной поверхности. Наблюдаемое по разрезам скважин увеличение концентраций Pt и Pd с глубиной, четкая приуроченность их максимальных значений к границам кристаллического льда (своеобразного плотика) и намывного грунта дает основание предполагать наличие на глубине горизонтов с более высоким количеством МПГ. Тем более, что вполне вероятным представляется развитие в пределах рассматриваемого хвостохранилища площадью более 6 км<sup>2</sup> зоны таликов с более ярко выраженным эффектом просадки, а соответственно и резким повышением концентраций платиновых металлов в придонных частях месторождения. Большая часть платиновых металлов находится в минеральной форме, а основные запасы сосредоточены в хвостах класса крупности - 0,140 мм. Гравитационное обогащение лежалых хвостов позволяет получить отвальные хвосты-II и гравитационный концентрат, содержащий Pt – 22,1 г/т, Pd – 33,5 г/т, Rh – 2,0 г/т, а также 2,07% Ni при

извлечении их соответственно 64,66; 55,81; 44,0 и 28,0% [32,38]. Проведенные технологические испытания на центробежных сепараторах показали возможность получения из лежалых хвостов платиноидного концентрата, содержащего МПГ в количестве до 20 кг/т.

Ведущими платиновыми минералами в полученных концентратах являются тетраферроплатина, изоферроплатина, сперрилит, ряд станнидов палладия (паоловит, таймырит, атокит), реже встречаются соболевскит, нигглиит, мертиит, брэггит,  $Pd_3Ni_2As_3$ , кабриит, масловит, урванцевит, рустенбургит, инсизваит. Они слагают мономинеральные зерна размером до 90 мкм, а также сростки с сульфидами, магнетитом и значительно реже с силикатами. Наибольшие концентрации в подошве ритмов над плотиком образуют железоплатиновые минералы: тетраферроплатина и изоферроплатина.

*Прогнозные ресурсы МПГ лежалых хвостов превышают 600 т, полученный платиноидный концентрат пригоден для повторного введения в технологическую цепь Норильского комбината. Инвестиции в переработку лежалых хвостов могут дать до 500% годовой прибыли. Обработка техногенного сырья с использованием отвальных хвостов в стройиндустрии приведет к улучшению экологической обстановки в регионе и Арктике в целом. Это явится началом создания системы рационального природопользования в Норильском промышленном районе.*

Из трех хранилищ пирротинового концентрата к настоящему времени разведаны два – ПХ-1 и ПХ-2 [48], находящиеся юго-восточнее и севернее рассмотренного выше месторождения – хвостохранилища Норильской обогатительной фабрики (см. рис. 31). Первое из них, сформированное в 1972-1979 гг., имеет площадь 0,4 км<sup>2</sup> и мощность 14 м, второе (1977-1983 гг.) – соответственно 1,1 км<sup>2</sup> и 5,5 м. Общие запасы пирротинового концентрата в обоих хранилищах – типичных техногенных месторождениях – составляют более 11 млн т. А.Е.Стехиным с коллегами [48] были изучены закономерности строения и состава этих месторождений, а также распределения в них благородных и цветных металлов. Ранее последнее выполнялось Л.К.Говоровой, Л.Н.Коваленко, Э.А.Кулаговым (1984), Н.И.Геоней, Э.А.Кулаговым, В.А.Михиным и др. (1982).

В результате выполненных исследований пирротинохранилищ установлено [48]:

их ритмично-слоистое строение, обусловленное приуроченностью повышенных количеств МПГ, Au, Ag, Ni, Cu, Co к нижним, а низким – к верхним частям ритмов, нередко разубоженных отвальными хвостами обогащения;

локализация вдоль бортов и придонных частей линз богатого (>2% Ni) пирротинового концентрата, обуславливающая зональное строение техногенных месторождений;

многолетнемерзлое, характеризующееся присутствием двух-трех горизонтов и линз сплошного льда большой мощности (плитиков) состояние пирротинового концентрата, а также понижение температуры к его подошве до  $-8 \dots -9^{\circ}\text{C}$  (среднегодовая для Норильского района);

образование МПГ собственных минералов (до 68% их валовых содержаний): тетраферроплатины, сперрилита, таймырита, паоловита, сплавов платины и палладия с оловом, мышьяком, висмутом, свинцом, а также твердых растворов в сульфидах, сульфоарсенидах, арсенидах.

Пирротиновые концентраты содержат до 10 г/т и более МПГ, 0,3 г/т Au, более 10 г/т Ag, 1-3% Ni и Cu, 0,1% Co.

Ориентировочные прогнозные ресурсы платины и палладия в пирротинохранилищах превышают 100 т, золота – 3 т, серебра – 100 т, никеля и кобальта более 500 тыс.т.

В последнее время к пирротиновым концентратам Норильского района большой интерес проявляет англо-американская корпорация "Осмиум холдингз", предложившая применить для извлечения из них металлов технологию биохимического выщелачивания ("Финансовые известия" от 21 августа 1997, № 62). При согласии РАО "Норильский Никель" на заводе в Кротоне (Италия) из норильских пирротиновых концентратов в год будет выплавляться 17 тыс.т никеля, 8,4 тыс.т меди, 320 т кобальта и определенное количество МПГ, золота и серебра. В соответствии с проектом договора получаемые драгоценные металлы должны быть возвращены в Россию по себестоимости. Рассматриваются варианты сохранения пирротинового концентрата как резервного сырья будущего. Однако нельзя не отметить, что накопленные объемы концентрата могут обеспечить комбинат сырьем всего лишь на два-три года (естественно, при темпах производства 1995-2000 гг.).

Обоснована высокая степень платинометальной продуктивности черносланцевых толщ и их метасоматитов [13,14,16,17,21,27,32-34,38-40,43,45,52,53] – новых малоисследованных типов комплексных (золото-платиноидных, золото-серебро-ванадий-(молибден)-уран-платиноидных, золото-сульфидно-теллуридных) месторождений со значительным металлогеническим и ресурсным потенциалом – *важнейшего резерва платиноидного сырья России в XXI в.*

На золоторудном месторождении Сухой Лог Байкальской провинции (рис. 34) зона платиносодержащих руд – интенсивно берети-зированных углеродсодержащих пород с кварц-золото-платиноидной минерализацией мощностью 50-250 м [16,17,32,33,38,43,51] охватывает основной золоторудный, а также надрудный и частично подрудный горизонты. В рудах установлены самородная платина, Pt-Fe-Cu твердые растворы, теллуровисмутид палладия и серебра типа котульскита-меренскита [5]. Для отдельных участков месторождения предпо-

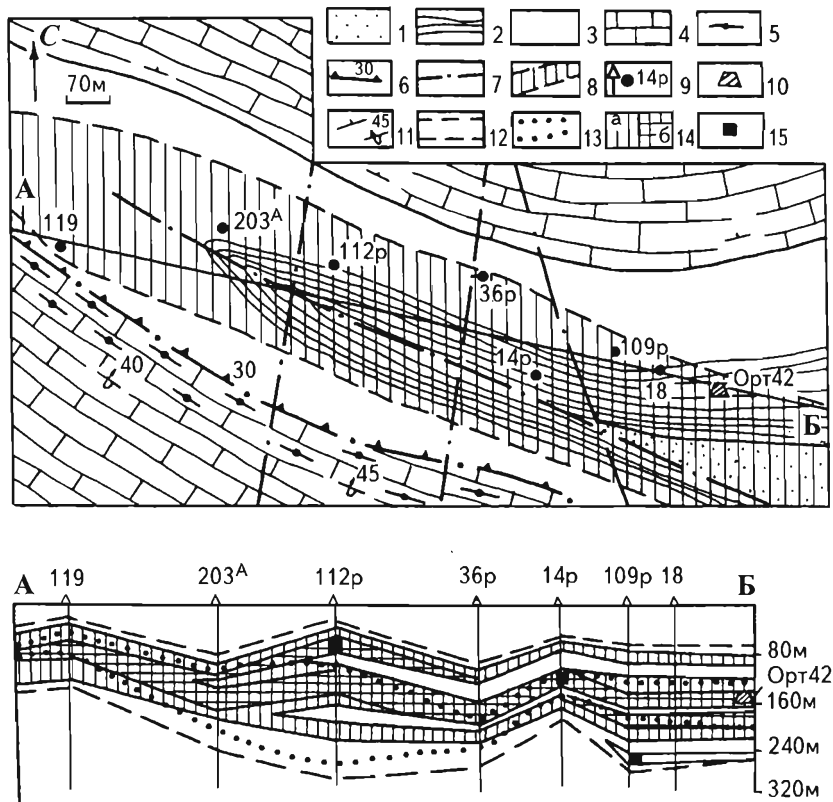


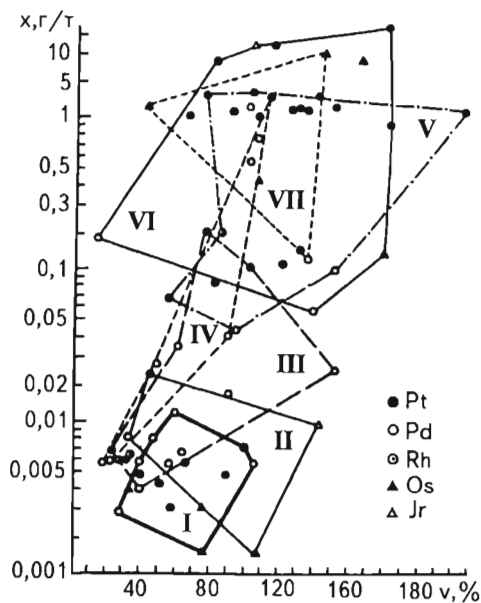
Рис. 34. Схематическая геологическая карта (а) и разрез рудной зоны (б) месторождения Сухой Лог (по [9])

1-3 – хомолкинская свита рифея, пакки: 1 – нижняя, 2 – средняя, 3 – верхняя; 4 – известняки имняхской свиты рифея; 5 – зона интенсивного прожилкового окварцевания и милонитизации ("Радостная"); 6 – зона надвига; 7 – сбросы и взбросы; 8 – зона гидротермально-метасоматической сульфидизации; 9 – скважины; 10 – штольня; 11 – элементы залегания пород; 12 – границы зоны сульфидизации; 13 – границы промышленного золоторудного тела; 14 – платиноносная зона с бедными (а) и богатыми (б) рудами; 15 – пробы, в которых содержания МПГ заверялись минералогическими анализами и установлены минеральные формы

лагается также наличие самостоятельных минеральных фаз родия; выявлено [51], что платина и металлические твердые растворы образуют включения в пирите в ассоциации с золотом. Показана также возможность концентрации ультратонких частиц самородного золота, а возможно и МПГ углеродистой фракцией. По данным Г.Л.Митрофанова и др., руды содержат 0,1-11 г/т Pt, 0,035-5,5 г/т Rh, до 5,5 г/т Pd. Повышенными содержаниями Os (0,01-1 г/т, среднее 0,146 г/т) харак-

теризуется подрудный горизонт мощностью до 60 м. По общему контуру платиносодержащего оруденения за вычетом безрудных блоков ( $<0,1$  г/т) содержание Pt на мощность 102,6 м составляет 1,45 г/т, а по главному контуру богатых платиновых руд мощностью 40,5 м – 2,42 г/т. Гравиконцентрат содержит 31 г/т, а флотоконцентрат 2,6 г/т Pt.

*Суммарные прогнозные ресурсы МПГ Сухого Лога сопоставимы с таковыми золота (~1000 т), что позволяет считать рассмотренный объект уникальным золото-платиноидным месторождением.*



**Рис. 35. Закономерности распределения МПГ в горных породах и рудах золоторудных полей и месторождений в черносланцевых комплексах Сибири и Северо-Восточной Казахстана (по [17])**

( $x$  – среднее содержание,  $v$  – коэффициент вариации)

I-VII – поля распределения пород и руд с различными средними содержаниями МПГ: I – углеродсодержащие породы, II – серпентинизированные гипербазиты, III – березиты – листвениты, IV – VI – руды штокверко-кварцевые (IV), кварцево-жильные (V), вкрапленные золото-сульфидные в лиственитизированных углеродистых сланцах и вулканитах (VI), VII – сульфидизированные апогипербазитовые серпентиниты и листвениты

Установлены также повышенные (до высоких) содержания платиновых металлов в прожилково-вкрапленных теллурсодержащих золото-сульфидных рудах Воронцовского (Урал) и Олимпиадинского (Енисейский край) месторождений, а также в жильно-штокверковых золото-кварцевых, золото-сульфидно-кварцевых рудах Коммунарковского и Саралинского (Кузнецкий Алатау), Октябрьского (Восточный Саян – Тува), Ирокиндинского (Забайкалье), Зун-Холбинского (Восточный Саян), Советского (Енисейский край) и ряда других объектов, расположенных на выклинивании, в бортах офиолитовых поясов, непосредственно в гидротермально измененных офиолитах [16,17], (рис. 35). В названных рудных полях и месторождениях платиноносные зоны, участки и площади охватывают ранние альбит-калишпатовые и поздние березит-лиственитовые, аргиллизитовые метасомати-

ты, интенсивно обогащенные сульфидами и теллуридами. Содержание Pt в таких рудах достигает 1-16 г/т, а Pd – 0,1-2,2 г/т. Достаточно высокие устойчивые концентрации Pt (3,6 – 8,4 г/т) установлены А.Ф.Коробейниковым [17] в полихронных сульфидно-теллу-ридных рудах Олимпиадинского и Воронцовского месторождений.

В Зун-Холбинском рудном поле установлены золото-платино-идно-кварц-сульфидные и золото-кварцевые типы руд. Рудные тела первого типа образуют минерализованные зоны в участках расщепления, березитизации, окварцевания, сульфидизации среди вулканогенно-осадочных черносланцевых пород [16]. Повышенные содержания МПГ выявлены в кварцево-сульфидных рудах (до 1,7 г/т Pt и 0,3 г/т Pd) и их флотоконcentратах (до 1 г/т Pt и 0,3 г/т Pd). Хвосты обогащения упомянутых руд содержат 0,033 – 0,22 г/т Pt и 0,7 – 1 г/т Pd.

В Саралинском рудном поле в интенсивно сульфидизированных апосланцевых лиственитах выявлено до 11 г/т Pt и 0,16 г/т Pd. Наиболее высокие концентрации Pt и Ir приурочены к пиритоносным углеродисто-кремнистым сланцам нижних горизонтов кварцево-жильных месторождений [16].

В северо-восточной части Забайкалья в пределах Патомско-Чарского платиноносного района (рис. 36) кроме Сухоложского платино-золо-торудного месторождения выявлены также Бульбухтинский, Урага-Холболохский и Сеньский узлы [32]. В пределах первого из них проявления платины и иридия установлены в алевролитах и филлитовидных сланцах среднерифейской бугарихтинской свиты, содержащих богатую медно-колчеданную минерализацию с повышенными до аномальных содержаниями Au, Ag, As, Cu, Mo и W и приуроченных к складчато-надвиговой зоне метасоматитов значительной протяженности. В пределах оконтуренной рудоносной залежи (мощность около 250 м) откартирован платиноносный пласт, содержащий 1,7 – 2,6 г/т Ir, 1,0 – 1,8 г/т Pt и до 0,7 г/т Au. Мощность пласта около 75 м. Ориентировочные прогнозные ресурсы МПГ около 300 т.

Для Урага-Холболохского узла, охватывающего одноименную раннепротерозойскую грабен-синклираль, характерно наличие среди метаморфизованных карбонатно-терригенных отложений меденосной удоканской серии пластов мощностью до 30 м и более, сложенных в различной мере платиноносными (до 1,55 – 1,8 г/т Pt) шунгитсодержащими графитовыми метаалевролитами и метааргиллитами (содержание Сорг до 30%). Породы обогащены пиритом, халькопиритом, пирротинном, молибденитом и неидентифицированным сульфидом никеля.

Сеньский объект находится в северо-восточной части Чарского поднятия. Здесь породы остаточной переотложенной коры выветрива-



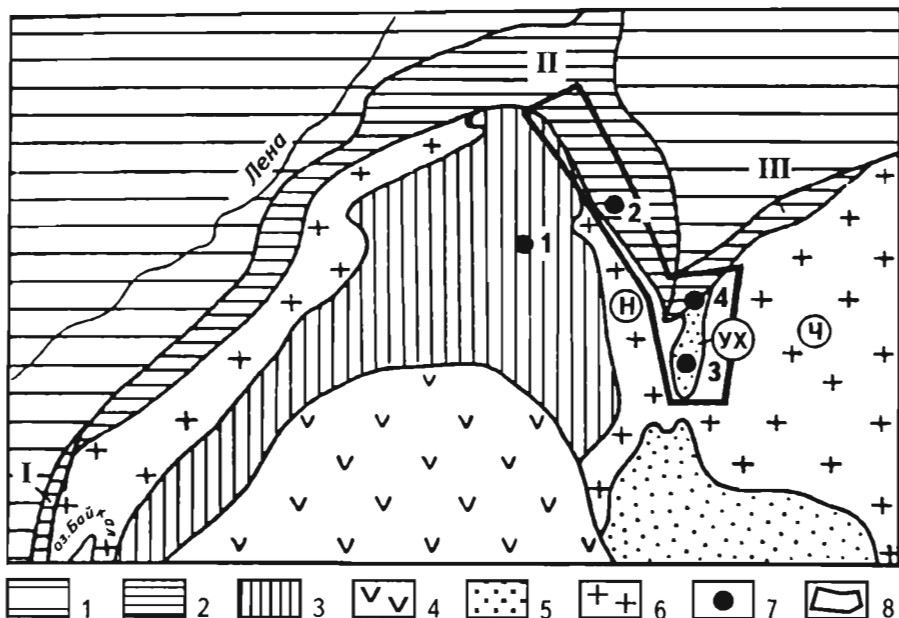


Рис. 36. Схема расположения платиноносных объектов в углеродсодержащих формациях Патомско-Чарского платиноносного района Байкальской провинции

1-5 – крупные геологические структуры: 1 – Сибирская платформа, 2 – Прибайкальско-Чарский рифейский перикратонный прогиб (в том числе подзоны: I – Прибайкальская, II – Патомская, III – Причарская), 3 – Мамско-Бодайбинский интракратонный рифейский миогеосинклинальный прогиб, 4 – Байкало-Витимский эвгеосинклинальный прогиб, 5 – Кодаро-Удоканский раннепротерозойский миогеосинклинальный прогиб, в том числе: УХ – Урага-Холболохский грабен; 6 – гранитоидно-метаморфические поднятия фундамента (AR-PR<sub>1</sub>), в том числе: Н – Нечарское, Ч – Чарское; 7 – платиноносные объекты: 1 – Сухой Лог, 2 – Бульбухтинский, 3 – Урага-Холболохский, 4 – Сеньский; 8 – контуры Патомско-Чарского платиноносного района

ния (пурпольская свита) и нижележащие, в том числе углеродистые раннепротерозойские образования подверглись гидрослюдизации, хлоритизации, карбонатизации и участками сульфидизации. В интервале охарактеризованных пород мощностью 60-85 м Л.Б.Макарьевым [32] выделено два платиноносных уровня протяженностью 7,5-10 км. Нижний уровень (остаточная кора выветривания) содержит 3 г/т Ir на мощность 9 м, а также 10 г/т Pt, 3 г/т Ir и 3 г/т Au на мощность 0,4 м. В пределах верхнего уровня (базальные слои пурпольской свиты) для горизонта мощностью 10,5 м содержание Pt составляет 3,4 г/т, Ir – 2,4 г/т. Оба уровня характеризуются повышенными (до 0,1 г/т) содержания-

ми Rh, Ru, Pd. Возможные прогнозные ресурсы Сеньского узла оцениваются в 600 т МПГ.

Таким образом, результаты предварительных ревизионно-оценочных работ на перечисленных объектах позволяют значительно увеличить прогнозные ресурсы благородных металлов ряда рудных полей Сибири и Урала при соотношении золота к платине от 2:1 до 1:1, средних содержаниях МПГ в рудах до 1-8 г/т [17] и дают веские основания ставить вопрос о создании Южно-Сибирской (с крупным Забайкальским промрайоном) и возрождении Уральской минерально-сырьевых баз платинодобычи.

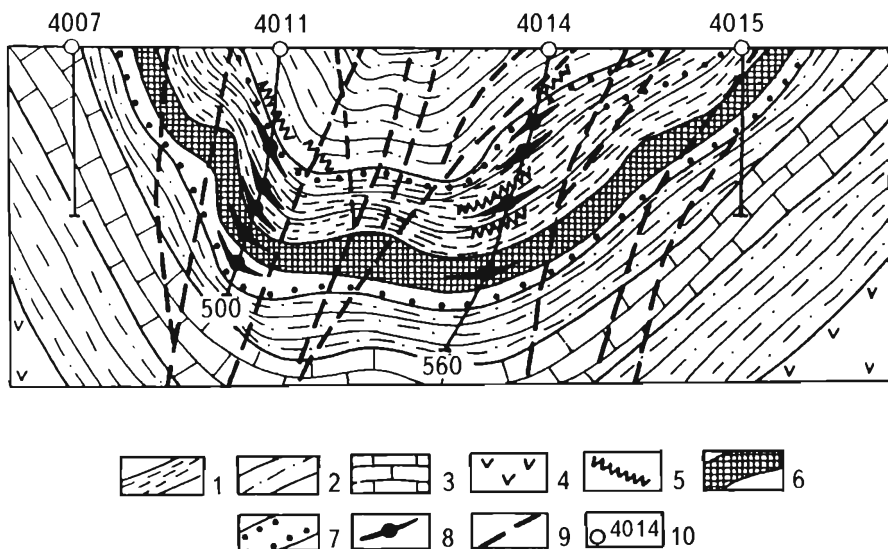


Рис. 37. Положение золото-платиноидных руд тимского типа в разрезе нижней подсвиты тимской свиты Тим-Ястребовской зоны

1 – золото-платиносодержащие сульфидно-углеродистые сланцы; 2 – углеродистые и малоуглеродистые сланцы разного состава; 3 – карбонатные и тремолит-карбонатные породы; 4 – метабазиты; 5 – дайки диоритовых порфиров и лампрофиров; 6 – пласт золото-платиноидных руд; 7 – граница золото-платиносодержащей черносланцевой толщи; 8 – горизонты с повышенными содержаниями МПГ и Au; 9 – разрывные нарушения; 10 – скважины и их номера

В золото-платиноидных рудах тимского типа Воронежской провинции максимальные концентрации МПГ (до 5,9 г/т) и золота (до 8,4 г/т) установлены в сульфидизированных раннепротерозойских углеродистых сланцах и метасоматитах Тим-Ястребовской зоны (рис. 37). Оруденение характеризуется многоуровневым (до восьми) характером

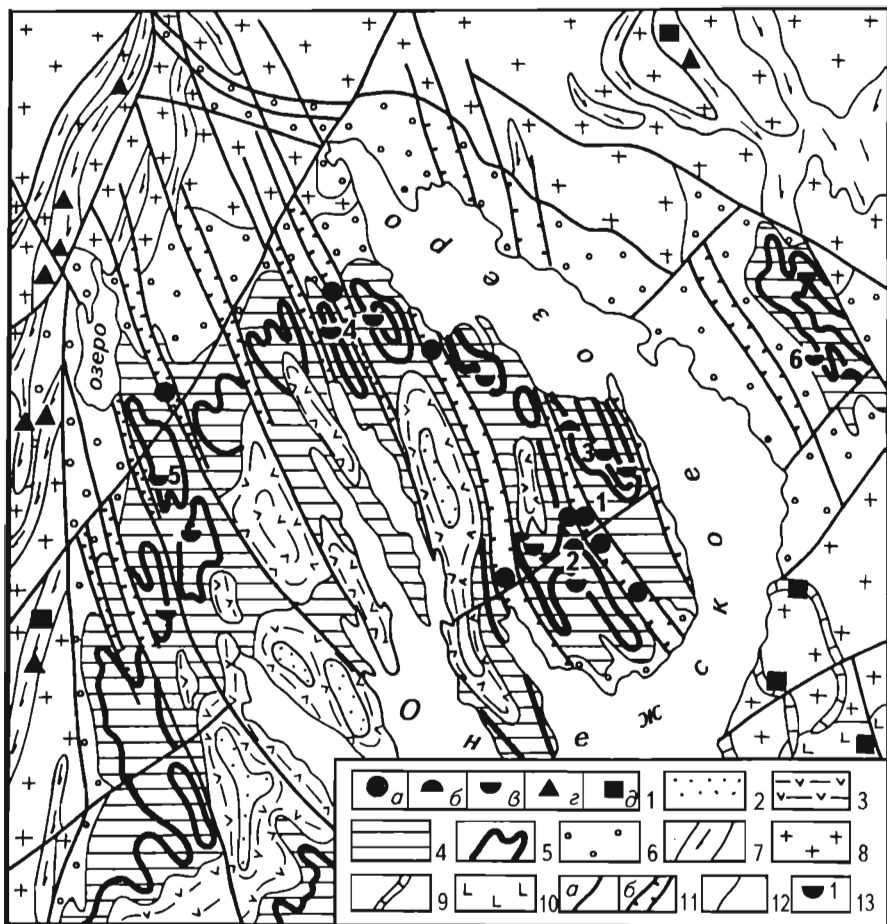


Рис. 38. Схематическая геологическая карта Онежского платиноносного района (по [34])

1 - месторождения и проявления руд: а - комплексных платиноидно-полиметалльных в альбит-карбонатно-слоистых метасоматитах (онежский тип, собственно онежский подтип), б - золото-платиноидных в кварц-сульфидно-карбонатных метасоматитах (пургинский подтип), в - платиноидно-полиметалльных в черных сланцах заонежской свиты (толвуйский подтип), г - золото-платиноидных в углеродсодержащих сланцах бергаульской толщи, д - золото-платиносодержащих железо-титановых в габбро-долеритах (пудожгорский тип); 2-6 - слабометаморфизованные углеродсодержащие породы нижнего протерозоя, свиты: 2 - вазозерская, 3 - кондопожская, 4,5 - заонежская, 6 - туломозерская; 7 - глубокометаморфизованные углеродсодержащие породы верхнего протерозоя, бергаульская толща; 8-10 - интрузивные образования: 8 - биотитовые граниты, 9 - габбро-долериты, 10 - перидотиты, нориты, габбро-нориты, дуниты; 11 - зоны разрывных (а) и складчато-разрывных (б) дислокаций; 12 - геологические границы установленные; 13 - основные месторождения и проявления платиносодержащих руд в черных сланцах ( $P_{R_1}$ ) и углеродистых метасоматитах (цифры на схеме): 1 -

Падминское, 2 - Пургинское, 3 - Толвуйское, 4 - Уницкое, 5 - Мунозерское, 6 - Пажское

размещения, большая часть МПГ сосредоточена в сульфидах (до 1,3 г/т Pd) и наиболее дисперсной (<0,066 мм) углеродистой фракции (0,94-5,4 г/т Pd и 0,27-0,84 г/т Pt). В обеих фракциях впервые обнаружены минеральные формы МПГ – самородные платина и палладий, золото-платиносодержащий палладий, селениды и станиды платины и палладия и более сложные сплавы Pt, Pd, Au, Ag, Zn.

*Приведенные данные, а также развитие в пределах Воронежской провинции аналогичных Тим-Ястребовской зоне структур размером до 110x30 км, масштабный (до 2000 м по разрезу) размах золото-платиноидного оруденения, высокие значения (до 3000 т) потенциальных ресурсов МПГ и золота, хорошие результаты обогатимости руд (8-20 кратное концентрирование МПГ в сульфидно-графитистой фракции), возможности отработки карьерами и шахтами в процессе добычи низележащих золото-платиносодержащих железных руд определяют реальность создания новой Центрально-Российской минерально-сырьевой базы благородных металлов.*

Уникальными геологическими образованиями являются изученные и оцененные в рамках "Программы" месторождения комплексных полиметалльно-платиносодержащих руд в углеродсодержащих формациях Онежского района Карелии (онежский тип с несколькими подтипами, рис. 38). В платиносодержащих рудах установлено около 90 минералов, в том числе сульфоарсениды и селеносульфиды палладия и висмута, висмутиды и антимониды палладия, сульфиды палладия и свинца, висмутиды платины и палладия (Полевский, Волошин, Тарасова и др., 1990, 1991). Содержание Pd в рудах составляет 0,5-240 г/т, Pt – 0,05-30, Rh – до 0,6, Os – до 0,2, Au – 0,01-250 г/т, Ag – до 1,5 кг/т, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,5-10% (в среднем 2,7%), U – 0,008-0,5%, Re – 0,005-0,2%.

Всего свыше 20 элементов (Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Au, Ag, V, U, Co, Mo, Zn, Pb, Se, Te, Bi, As, B, Ni, Co, Re и др.) присутствуют в этих и окаймляющих их залежах медно-молибденовых руд в промышленных концентрациях [13,32,33]. *Ресурсы и запасы МПГ и золота оцениваются в 1100 т, ванадия в 600 тыс.т, урана в 31 тыс.т. Извлечение ванадия составляет 68%, выделяются черновой концентрат урана и сульфидный продукт, из которого при гравитационном обогащении извлекается до 90% платиноидов и золота.*

Платиносодержащие золоторудные месторождения в верховянских и чукотских мезозоидах Северо-Востока России (рис. 39) рассмотрены в работах В.И.Гончарова, С.В.Ворошина, В.А.Сидорова и др. [33]. Углеродсодержащие породы метаморфизованы, как правило, в условиях низкотемпературных фаций регионального метаморфизма. Содержание C<sub>орг</sub> в породах варьирует от десятых долей до 5-6% (Ветренское месторождение). С терригенными углеродсодержащими поро-

дами связаны месторождения золота, серебра, сурьмы. К гранитоидам в мезозоидах приурочены оловянные, вольфрамовые, молибденовые, урановые, кобальтовые и полиметаллические объекты. Золоторудные и россыпные месторождения формируют линейно вытянутые пояса, наиболее крупные из них: Яно-Колымский, Аллах-Юньский и Чукотский. В пределах всех изученных объектов обнаружены содержания Pt в количестве до 3,8 г/т и Pd – до 1,84 г/т (табл. 15). Повышенные количества металлов, как правило, приурочены к сульфидизированным (до 3% пирита и арсенопирита) околорудным породам и сульфидно-кварцевым жилам и прожилкам. Названные авторы предполагают также присутствие содержаний МПГ в рудах золото-кварцевых месторождений (Каральвеевское, Совиное, Сыпучее, Дуэт и др.).



Рис. 39. Схема распространения платиноидно-золоторудных месторождений в нижнекаменноугольных-среднеюрских терригенных углеродсодержащих комплексах Северо-Востока России (по В.И.Гончарову, С.В.Ворошину, В.А. Сидорову и др. [33])

1 – нижнекаменноугольные-среднеюрские терригенные углеродсодержащие комплексы; 2 – платиноидно-золоторудные месторождения; 3 – перспективные в отношении платиноносности пояса и районы

Крупнейшим достижением российских геологов последних лет является открытие в 1991-1993 гг. богатых платиноносных россыпей на Северной Камчатке [32,40]. Уже в 1993 г. специалистами АО "Корякгеолдобыча" и Северо-Камчатской ГРЭ ГПП "Камчатскгеология"

Среднее содержание Pt, Pd и Au в рудах и вмещающих породах золоторудных месторождений Северо-Востока России, г/т (по [33])

Породы и руды	Число проб	Pt	Pd	Au
<i>Наталкинское месторождение</i>				
Вмещающие углеродсодержащие породы	5	-	0,2	0,02
Околорудные метасоматиты	20	1,7	0,3	0,8
Прожилково-вкрапленные руды	32	0,5	0,6	2,4
<i>Ветренское месторождение</i>				
Вмещающие углеродсодержащие породы	1	-	-	0,03
Углеродисто-глинистые тектониты	4	2,3	0,8	0,14
Кварцево-жилвные руды	7	3,8	0,7	1,2
<i>Месторождение Токичан</i>				
Вмещающие углеродсодержащие породы	1	-	0,87	-
Углеродисто-глинистые тектониты	1	-	0,84	0,71
Кварцевая жила	1	3,8	1,6	4,1
<i>Нежданинское месторождение</i>				
Рудная зона 1	2	-	1,3	16,1
Рудная зона 8	7	3,79	0,44	12,3

были оценены запасы платины россыпи руч. Ледяного протяженностью 1 км по категории С<sub>1</sub>, в 2,4 т и примерно столько же по категории С<sub>2</sub> в долине р.Левтыринваям; кроме платины в шлиховом металле содержится около 5% (в сумме) родия и рутения. В.Н.Мелкомуковым эти объекты были объединены в Сейнав-Гальмознанский россыпной узел по названию дунит-клинопироксенит-габбровых массивов, продуцирующих россыпи. Названные массивы входят совместно с большим количеством им подобных в состав Ватыно-Вывенской зоны, простирающейся на северо-восток на 400-700 км при ширине 10-30 км. По своему строению, составу и внутреннему строению мафит-ультрамафитовых массивов зона может быть сопоставлена с Платиноносным поясом Урала. Это, а также продолжающиеся выявления новых россыпей и коренных проявлений МПГ (с содержаниями до нескольких десятков грамм на тонну) внутри названной зоны позволяют предполагать открытие здесь платиноносной провинции, аналогичной Уральской [22]. Рассматривая эти россыпи совместно с платиносодержащими медно-никелевыми месторождениями (Шануч, Дукук, Кувалорог и

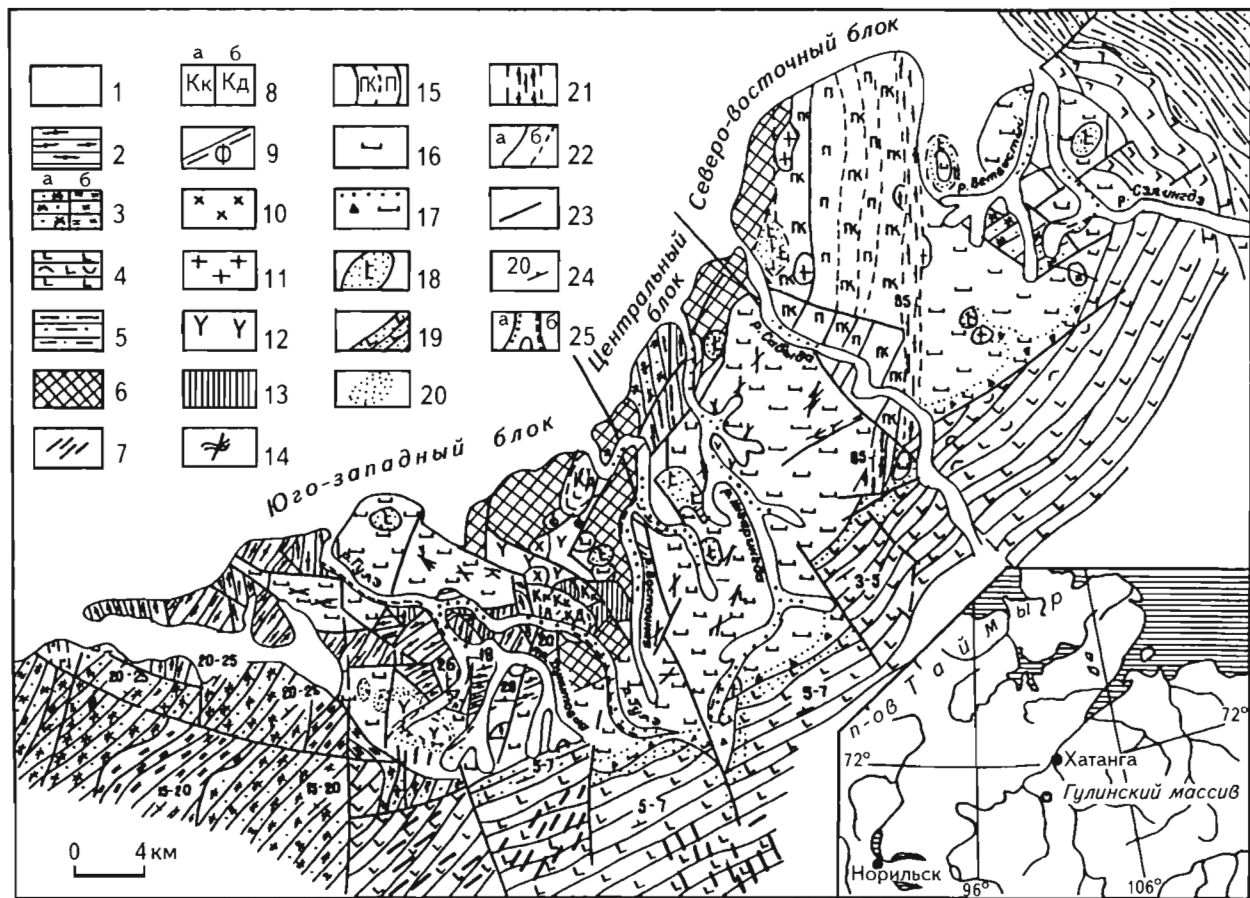


Рис. 40. Схема расположения россыпей МПГ и золота в пределах Гулинского массива. (по [41])

1 — четвертичные отложения Хатангского прогиба; 2-6 — вулканы котуй-маймечинского комплекса щелочно-ультраосновных пород, свиты: 2 — маймечинская (маймечиты), 3 — дельканская (а — трахибазальты, андезиты, б — ультраосновные фойдиты), 4 — котогокская (трахибазальты, трахиандезит-базальты, базальты), 5 — арыджатская (ультраосновные фойдиты, щелочные пикриты), 6 — щелочные породы провесов кровли интрузива; 7 — дайки пикритовых порфиритов маймечинской свиты; 8-17 — породы Гулинского массива: 8 — карбонатиты (а — кальцевые, б — доломитовые), 9 — фосфориты, 10 — щелочные и нефелиновые сиениты, 11 — нефелиниты, 12 — ийолит-мейтейгиты, 13 — меллилитовые породы, 14 — косыиты, 15 — рудные верлиты — клинопироксениты, 16 — дуниты, 17 — эндоконтактовые фации дунитов; 18 — ороговкованные эффузивы провесов кровли массива; 19 — ореолы ороговкования; 20 — участки флогопитизации, пироксенизации и др.; 21 — зона разлома; 22 — геологические границы достоверные (а), предполагаемые (б); 23 — разрывные нарушения; 24 — элементы залегания вулканитов; 25 — россыпи МПГ (а) и золота (б)

др.), можно говорить о реальности создания на северо-востоке нашей страны новой *Корякско-Камчатской базы платинодобычи*.

Серьезного внимания и дальнейшего изучения заслуживают также платиноносные (в том числе иридоосминные) и платино-золотоносные россыпи Норильского района [26,32,52], Маймеча-Котуйской [4,18,33], Таймыро-Норильской [32], Алтае-Саянской [35], Алдано-Становой [32] провинций, Пермской области и Полярного Урала [20].

В последние десятилетия проявления и россыпи МПГ установлены в связи с щелочно-мафитовыми и щелочно-ультрамафитовыми массивами. Так, в 1943 г. Ю.М.Шейнманном в мезозойских отложениях, перекрывающих Гулинский щелочно-ультрамафитовый массив, были обнаружены зерна изоферроплатины. В 1956 г. в этой же провинции Г.Г.Моором в титаномагнетитовых оливинитах массива Кугда были выявлены платина (1,8 г/т) и палладий (3,8 г/т). В.Г.Лазаренковым и др. [18] была намечена Ir-Ru-Os специализация дунитов (0,089 г/т) и хромитов (0,313 г) и палладиевая — клинопироксенитов (0,076 г/т) и маймечитов (0,083 г/т) Гулинского массива, в дунитах ими был обнаружен самородный осмий. А.М.Сазоновым и др. [4,49] более высокие количества МПГ были обнаружены в агпайтовых нефелиновых сиенитах (1,2–3,1 г/т), серпентинитах (3,0 г/т) и флогопитизированных порфиритах (1,3 г/т) этой же интрузии. В россыпях Гулинского массива (рис. 40) названными авторами были установлены 15 минералов МПГ и золота: самородный осмий, иридоосмин, рутениридоосмин, осмиридий, рутеносмиридий, платосмиридий, изоферроплатина, эрлихманит, лаурит, ирарсит, толовкит, золото, электрум, кус-



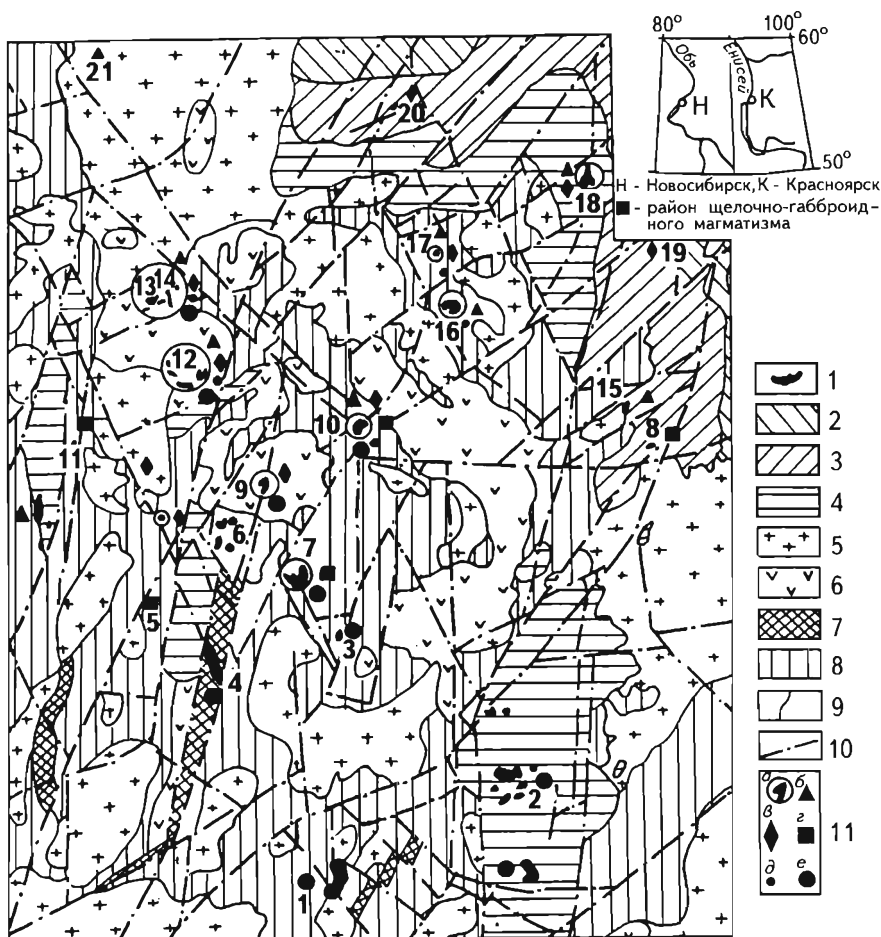


Рис. 41. Схема строения Кузнецко-Алатауской щелочно-мафитовой провинции (по [40])

1-8 – породы верхнего (1-4), среднего (5-6) и нижнего (7-8) структурных этажей: 1 – интрузии щелочно-мафитовых пород, 2-4 – терригенно-вулканогенные породы ашпанской (2), берешской (3) и базырской (4) свит, 5 – интрузии основного, среднего и кислого составов, 6 – вулканиды бериккульской свиты, 7 – раннепалеозойские гипербазитовые интрузии, 8 – стратифицированные отложения; 9 – геологические границы; 10 – разрывные нарушения; 11 – состав щелочно-мафитовых пород: а – многоактные массивы, б – нефелиновые сиениты, в – основные фойдолиты, г – ультраосновные фойдолиты, д – торалиты, е – щелочные габброиды. Цифры на схеме – массивы интрузии щелочных пород: 1 – руч. Дмитриевского, 2 – г. Лысой, 3 – г. Дедовой, 4 – Бархатно-Кийский выход, 5 – Кийский выход, 6 – Мало-Кия-Шалтырский, 7 – Кия-Шалтырский, 8 – Подтайгинский, 9 – Университетский, 10 – Белогорский, 11 – Светлинский, 12 – Верхнепетропавловский, 13 – Тулуялбский, 14 – Медведкинский, 15 – Учкурюпский, 16 – Черемушкинский, 18 – Горячегорский, 19 – Андриюшкиной речки, 20 – руч.Семеновского, 21 – руч. Мокрый Бериккуль

телит, купроарум. Изученность гулинских россыпей пока еще недостаточна для их промышленной оценки. Значимость этих россыпей увеличивается за счет их совмещенности с россыпями золота с прогнозными ресурсами около 4 т [26]. Продуктентом их, скорее всего, являются щелочные породы Гулинского массива, содержащие 0,5-25 г/т золота. Ориентировочные прогнозные ресурсы золота, связанного с этим массивом, достигают первых десятков тонн.

Наиболее детально к настоящему времени изучены платиноносность нефелиновых месторождений северо-восточной части Кузнецкого Алатау – Кузнецко-Алатауской щелочно-мафитовой провинции площадью около 7 тыс.км<sup>2</sup> [5,31]. Здесь развиты многочисленные интрузивные массивы щелочных пород (рис. 41), платиноносность некоторых из них (Кия-Шалтырского, Белогорского, Горячегогорского, Андрюшкиной речки, Учкурюпского) по 67 пробам изучалась А.М.Сазоновым и О.М.Гриневым (табл. 16) [40]. Уртиты Кия-Шалтырского массива используются Ачинским комбинатом для получения глинозема. В породах названных массивов установлены содержания МПГ, Au и Ag в количестве более 0,2 г/т. Наибольшие концентрации Pt, Pd, Rh (до 3 г/т в сумме) выявлены в полевошпатовых уртитах и нефелиновых сиенитах, максимально обогащенных алюминием и флюидами; специализация Rh-Pt-Pd. В этих породах установлены сперрилит и обширная группа минералов золота (электрум, самородное золото, тетраурикуприд, AuAl<sub>2</sub>, AuAl и др.) и серебра (самородное серебро, кюстелит и др.). Платина кроме сперрилита выявлена также в кюстелите (0,5%), галените (до 0,23), теннантите (до 0,34), минерале группы пирсеит-полибазит (0,7), AuAl<sub>2</sub> (до 0,18), AuAl (до 0,1). Палладий присутствует в кюстелите (2,34%), а родий в самородной меди (0,4%). Минералы Pt, Au и Ag ассоциируют с сульфидами и иногда с графитизированными породами. В гравиконцентратах сульфидизированных пород Кия-Шалтырского массива содержится, г/т: Pd – до 0,3, Pt – 3,86, Rh – 1,97, Au – 4, Ag – 16. Перечистка концентрата на трехдюймовом сепараторе Кнельсона позволила повысить содержание Au до 52 г/т [5]. По этим же данным во флотоконцентрате (выход 1%) содержание благородных металлов достигает 280 – 310 г/т. При электролитическом рафинировании первичного алюминия драгоценные металлы накапливаются в анодном сплаве, г/т: Pd – 11, Rh – 9, Ru – 1,4, Au – 4, Ag – 43; установлены они и в медистых осадках (до 20 г/т Rh и 13 г/т Pd) и в фильтростатках (до 18 г/т Pd и до 19 г/т Rh) [31]. Из ежегодно перерабатываемых комбинатом 1 млн т глиноземистых руд возможно получение 50-100 тыс.т концентрата, содержащего более 2 т благородных металлов, извлечение которых может быть достигнуто при незначительном изменении технологической схемы. Это приведет к улучшению качества сырья (удаление вредных примесей глиноземного произ-

**Содержание МПГ, Au, Ag в породах щелочно-мафитовой формации  
Кузнецко -Алатауской провинции, мг/г (по [40])**

Порода	Массив	Pt	Pd	Rh	Au	Ag
Мезократовое габбро	КШ	-	34	-	-	560
		-	330	-	-	530
		-	300	-	8,6	550
Мезократовые тералиты		-	-	-	-	200
		-	-	-	-	180
		-	-	-	-	530
Лейкократовый тералит	Б	-	229	-	-	790
Мезократовые тералиты		-	254	-	-	800
		-	224	-	3,7	740
		-	56	-	-	540
Уртит	КШ	32	44	49,2	24	1160
Порфиоровидные уртиты	Б	-	48	-	-	-
	П	22	-	48,8	15,8	60
Плагиоклазовые ийолиты	Б	-	-	-	-	-
		-	38,5	-	-	-
	Г	25	242	13,2	66	700
Полевошпатовые уртиты	Б	25	71	-	1,8	20
		63	198	-	66	60
	Г	70	38	2,6	51,8	160
		550	1976	398	121,8	80
Нефелиновые сиениты, в том числе меланократовые и порфиоровидные	КШ	-	825	-	40	-
	Б	-	247	-	56	60
	Г	-	151	22,1	83,4	40
		-	528	38,5	338	-
		25	198	14	338	-
	У	179	1217	398	140	360
15		247	35,5	338	180	
Берешит	АР	122	356	73,7	83,4	140
Нефелиновый сиенит-порфир	У	-	360	34,8	338	180

*Примечания.* 1. Массивы: КШ – Кия-Шалтырский, Б – Белогорский, Г – Горячегорский, П – Подтайгинский, У – Учкурюпский, АР – Андриюшкиной речки.

2. Прочерк означает содержание металла в количестве ниже чувствительности анализа (Pt – 1 мг/г; Pd – 5; Rh – 0,4; Au – 0,4; Ag – 10 мг/г).

водства) и ежегодному увеличению на 8-10 млн дол. стоимости годовой продукции.

Прогнозные ресурсы пяти названных массивов провинции оцениваются О.М.Гриневым ориентировочно в 1500 т, в том числе Кия-Шалтырского – 40 т.

Повышенные содержания МПГ установлены также в щелочных породах ряда массивов Кольской и Алдано-Становой провинций [32,33].

*Огромные запасы нефелиновых (только в Кольской провинции более 3 млрд т) и сульфидосодержащих апатит-магнетитовых (только в Маймеча-Котуйской и Уджинской провинциях более 2 млрд т) руд позволяют высказать предположение об открытии российскими геологами нового глобального источника платиновых металлов – формации комплексных благороднометалльных нефелиновых и апатит-магнетитовых руд.*

Из многочисленных проявлений платинометалльного оруденения в титаноносных ультрамафит-мафитовых интрузиях [8, 32-34, 40, 52] промышленное значение могут иметь Пудожгорское и Койкарско-Святнаволоцкое благороднометаллосодержащие ванадий-титаномagnetитовые месторождения в раннепротерозойских габбро-долеритовых интрузиях Карелии [8,32,33].

Мощность интрузивных тел 120-150 м, они отчетливо расслоены на нижнюю (габбровую) и верхнюю (диоритовую) зоны. Благородные металлы приурочены к обогащенным сульфидами титаномagnetитовым рудам, образующим горизонты мощностью до 23 м среди меланократовых габбро. Мощность сульфидоносных зон обычно составляет 10-15 м, в них содержится 0,15-0,28% меди и до 2 г/т серебра. В распределении МПГ и золота внутри этих горизонтов намечается определенная зональность. В верхней максимально обогащенной сульфидами зоне количество платиновых металлов и золота не превышает 0,4 г/т, ниже по разрезу при некотором относительном уменьшении содержания сульфидов концентрация МПГ и золота достигает 4 г/т. Причем слои ("риффы"), обогащенные благородными металлами, отличаются выдержанностью по падению и простираению рудных тел. Содержание  $TiO_2$  в них достигает 11%,  $Fe_{вал}$  – 35%,  $V_2O_5$  – 0,75%, количество МПГ и золота – 1,97 г/т на мощность 5,3 м в Пудожгорском и 1,48 г/т на мощность 7,4 м в Койкарско-Святнаволоцком месторождениях [8,33]. В рудах установлены котульскит, меренскит, электрум, гессит, образующие зерна до 10 мкм, включенные в халькопирит, роговую обманку или приуроченные к границам халькопирита или борнита с силикатами. Лабораторные технологические испытания с использованием основной сульфидной и последующей окисленной флотации привели к получению концентрата (выход 11,6%), содержащего 10,75 г/т МПГ, золота и серебра при concentra-

ции в исходной руде 3,13 г/т [8]. Благоприятное физико-географическое положение этих объектов, неглубокое залегание рудных тел, значительные (около 500 т) прогнозные ресурсы благородных металлов, образующих минеральные формы при средних содержаниях в 1-2 г/т и заключенных в промышленно-значимых ванадий-титаномагнетитовых рудах, хорошие технологические показатели (извлечение платины, палладия и золота из сульфидного концентрата ~75%) позволяют рекомендовать проведение на Пудожгорском и Койкарско-Святнаволоцком месторождениях промышленных технологических испытаний с последующим составлением технолого-эколого-экономического обоснования (ТЭО). Необходимо также продолжить изучение платиноносности подобных широко развитых на территории Карелии массивов.

Дальнейшего исследования требуют также предварительно изученные по "Программе" новые нетрадиционные типы: хромитовые руды крупных ультрамафитовых массивов типа Рай-Из и Войкаро-Сыньинского [9,33], медистые песчаники Удокана (до 8 г/т МПГ), Предуральского прогиба (Pt – до 0,6 г/т, Pd – до 2,4, Rh – до 4,1, Au – до 1,6 г/т), Вороного Бора Заонежья (до 7,1 г/т Pd и 2,3 г/т Au), латеритные коры выветривания (до 10 г/т Pt, 5,2 г/т Pd и 5,2 г/т Au в коре Бураковско-Аганозерского массива), продукты деятельности современных вулканов.

Отработка платиносодержащих хромитовых руд Рай-Изского (380 км<sup>2</sup>) и других дунит-гарцбургитовых массивов Полярного Урала (рис. 42) – Войкаро-Сыньинского (1950 км<sup>2</sup>) и Сиум-Кей (550 км<sup>2</sup>) будет иметь чрезвычайно важное значение в связи с острым дефицитом в России месторождений хрома. АООТ "Уралрудпромпроект" разработал в 1994 г. ТЭО, в соответствии с которым освоение названных месторождений обосновывается значительными запасами хромитовых руд высокого качества (657 млн т, из них 415 млн т – руды металлургических сортов, содержащие более 30% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, менее 12% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при отношении Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO, равном 2,6 – 4,3), возможностью открытой разработки и близостью железной дороги, Северного морского пути, Печорского угольного бассейна и Ухтинского нефтегазового района. В пределах Рай-Изского массива МПГ содержатся в количестве 0,5-2 г/т в сплошных и густовкрапленных высокохромистых рудах и до 5 г/т и более в сульфидизированных серпентинитах зон дробления с развитием самородных серебра, золота, меди и висмута [33]. В первом типе руд преобладают изоферроплатина с иридием, осмирид, иридосмин, рутениридосмин, во втором – самородная платина, куприт, эрлихманит, ирарсит, лаурит и сульфиды изоморфного ряда (Ir-Pt-Ni-Fe)S. Размер зерен возрастает от 2-20 мкм в первом типе руд до 10-30 мкм и более во втором. В соответствии с [9] в

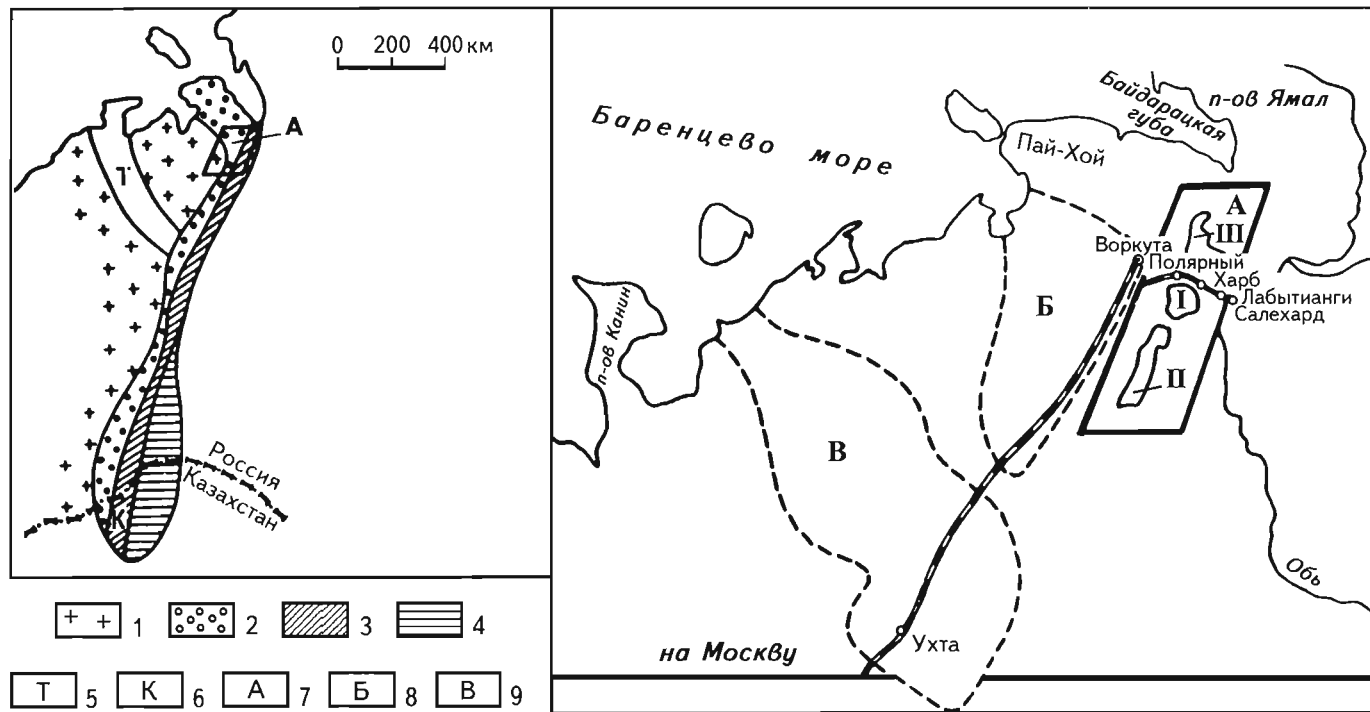


Рис. 42. Схема расположения платиносодержащих хромитонесущих ультрамафитовых массивов Полярного Урала (по[34])

1 – Русская платформа; 2 – Предуральский передовой прогиб; 3,4 – миогеосинклинальная (3) и эвгеосинклинальная (4) зоны; 5 – Тимано-Канинская структура; 6 – Кемпирсайское месторождение; 7 – район изучения Л.И.Гурской платиноносности на Полярном Урале; 8 – Печорский угольный бассейн; 9 – Ухтинский нефтегазоносный бассейн; I-III – хромитонесущие ультрамафитовые массивы: I – Рай-Из, II – Войкаро-Сыньинский, III – Сьум-Кеу

продуктах переработки рассматриваемых хромитовых руд содержание МПГ достигает 25 г/т. На первом этапе из месторождения Рай-Из можно добывать ежегодно около 100 тыс.т хромитовых руд металлургического сорта, не требующих применения сложных схем обогащения (Тигунов, 1994) и при этом попутно получать 50-100 кг МПГ. Стоимость последних (около 800 тыс. дол.) окупит значительную часть расходов на ввод месторождения. Выполненные технико-экономические расчеты [9] показали достаточно высокую эффективность и рентабельность освоения месторождения Рай-Из. Нельзя не подчеркнуть, что с выходом горно-добывающего комплекса на полную мощность (~400 тыс.т/год) обеспеченность его запасами платиносодержащих хромитовых руд составит около 100 лет.

В вулканических газах, термальных водах и рудных образованиях вулканов Менделеева и Головина о. Кунашир и вулкана Толбачик на Камчатке (Меняйлов и др.,1979) установлены повышенные концентрации платиноидов (до 7,3 г/т) и золота (до 0,6 г/т). Они присущи, как правило, гидроксидно-марганцево-железистым илам донных осадков вулканогенных термальных вод, в железомарганцевых жидких рудах содержится сотни микрограмм на литр платиновых металлов и золота [42]. Для сернистых илов fumarольных озер характерны наибольшие содержания Os (до 0,47 г/т), Rh (0,16), Ir (0,29). В продуктах конденсации газов из смеси ярозита с галитом и нашатырем присутствует максимальное (0,11 г/т) количество Ru. Производные сольфатарной стадии вулкана Менделеева – колчеданные руды содержат до 0,6 г/т Pd и 0,2 г/т Pt, что превосходит известные концентрации этих элементов в колчеданных и полиметаллических месторождениях [56]. Наиболее высокие количества МПГ (до 0,8 г/т Pd, 0,3 – Pt, 0,2 – Os, 0,13 – Ir) установлены в близких по составу сульфидоносных осадках оз. Кипящего кальдеры вулкана Головина [42]. Учет объема вынесенных газов во время извержения 1975 г. Южного прорыва вулкана Толбачик (Меняйлов,1984) позволяет ориентировочно оценить суммарный вынос МПГ в 780 т и золота в 0,12 т. Объем лав и пирокластических продуктов, извергнутый на Северном прорыве (1,19-1,24 км<sup>3</sup>), дает основание предполагать, что при среднем содержании МПГ в 0,2 – 0,4 г/т было вынесено на поверхность более 100 т платиновых металлов. МПГ могут быть извлечены концентрированием из газов, сорбционным экстрагированием из вод и гидрометаллургическим способом из твердых продуктов [42].

*Масштабность накопленных и возобновляемых золото-платиноносных твердых, жидких и газообразных продуктов деятельности современных вулканов Курило-Камчатской гряды служит основанием для высокой оценки возможности их промышленного использования в рамках предлагаемой нами к созданию Корякско-Камчатской минерально-сырьевой базы платинодобычи.*

В плане комплексного использования минерального сырья с попутным извлечением МПП чрезвычайный интерес представляют месторождения железных руд [16,54] и калийных солей [47] – *новые типы благороднометаллосодержащего сырья XXI в.* Выполненные исследования платиноносности железорудных месторождений [56] показали, что наиболее высокими содержаниями Pt и Pd отличаются докембрийские железистые кварциты Кривого Рога и Оленегорского месторождения (до 0,4 г/т Pt, 0,55 – Pd и 0,01 – Rh). Позднее МПП и золото (до 0,47 г/т) были обнаружены также в железистых кварцитах Костомукшского месторождения (Шелехов и др., 1995; Фурман, Пшеничная, 1995) и КМА. В последнем регионе наиболее высокие содержания золота (до 11, иногда до 32,4 г/т) установлены в субгласных контактовых сульфидизированных зонах сланцев и железистых кварцитов – Панковское рудопроявление на южном замыкании Тим-Ястребовской структуры. И.К.Мызниковым и А.Н.Шелеховым обнаружено золото в краснополосчатых гематитовых кварцитах (до 5,5 г/т, в среднем около 0,1 г/т) и в кварцевых жилах (0,2-0,6 г/т). По неопубликованным материалам В.А.Лючкина и В.А.Казанцева, повышенные и высокие содержания золота выявлены в железистых кварцитах (до 41,7 г/т в единичных пробах), в хвостотвалах (0,1-0,35 г/т), во флотационно обогащенных хвостах (до 35,4 г/т при извлечении 50,6% и выходе 0,5%) и в промпродуктах (до 2,5 г/т) Лебединского и Михайловского горно-обогатительных комбинатов. В.А.Лючкиным в железистых кварцитах установлены также повышенные (до нескольких грамм на тонну при средних в первые десятые) содержания Pd.

Наличие золото-платиноидных месторождений с содержанием до 114,5 г/т Au и 7,65 г/т Pd в отдельных рудных гнездах (Moravek, 1985; Olivo, Gauthier, Badroux, 1995) в итаберитах нижнепротерозойской серии Минас Бразилии наряду с приведенными выше отрывочными сведениями по аналогичным российским объектам, позволяет считать, что в железистых кварцитах России также будут обнаружены промышленно-значимые золото-платиноидные проявления. Для извлечения золота из гематитовых концентратов подобных объектов А.Н.Шелеховым и П.Е.Егуповым (1995) на примере Оленегорского ГОКа разработана специальная гравитационно-флотационная схема. Она включает процессы цианирования флотоконцентратов и амальгамацию богатых по золоту концентратов стола с последующим плавлением до золотосодержащего слитка. При этом общее извлечение золота достигнет 67,4%, а срок окупаемости инвестиций на создание попутной золотодобычи мог бы составить порядка 6 мес. Эта схема, как и схема извлечения золота с помощью центробежно-вибрационных сепараторов из отвальных хвостов (Шелехов и др., 1991,1995), по нашему мнению, вполне применима и для платиновых



металлов. Таким образом, существует насущная необходимость изучения платиноносности не только самих железорудных месторождений, но и их гигантских хвостоотвалов.

В Верхнекамском благороднометаллоносодержащем месторождении калийных солей [47] в нерастворимом остатке, извлеченном из красных сильвинитов, содержится, г/т: Pt – до 24,2, Pd – 3,4, Rh – 0,43, Au – 25 и Ag – 172 (табл. 17).

Таблица 17

**Содержание Pt, Pd, Rh, Au и Ag в сильвинитах  
Верхнекамского месторождения и продуктах их передела, г/т (по [47])**

№ п/п	Но-мер про-бы	Со-став	Выход, %	Pt	Pd	Rh	Au	Ag
Средняя часть основного промышленного пласта								
1	1	С	100,00	0,14	0,29	0,022	0,18	2,04
2		Сс	97,80	Не обн.				
3		Сн	2,20	6,3	1,23	0,1	2,5	17,1
4	3	Г	100,00	0,387	0,083	Не обн.		1,76
5		Гс	98,87	Не обн.				
6		Гн	1,13	4,85	1,07	Не обн.	0,46	7,04
Верхняя часть этого же пласта								
7	5	С	100,00	2,26	0,47	0,066	0,011	25,36
8		Сс	78,00	Не обн.				
9		Сн	22,00	10,25	2,1	0,3	0,05	110,6
10	6	Г	100,00	6,36	0,94	0,011	0,017	45,17
11		Гс	74,00	Не обн.				
12		Гн	26,00	24,2	3,4	0,43	0,06	171,66

*Примечания.* 1. С и Г – соответственно существенно сильвиновая и галитовая составляющие;

2. с – соль, н – нерастворимый остаток и флотат.

Нерастворимый остаток слагает 2-25% объема породы и образован (в порядке уменьшения количеств) ангидритом, доломитом, кварцем, серицитом, полевыми шпатами, гематитом, хлоритом, каолинитом и другими минералами [47]. Основные закономерности распределения благородных металлов:

при их общем повышенном содержании в красных сильвинитах и локализации в нерастворимом остатке в верхней части пласта уста-

навливается зональность – золото (средняя часть) → серебро + МПГ (верхняя часть) при максимальной концентрации последних в галитовых прослоях;

МПГ образуют комплексные органические соединения и хлориды; золото – самородные, комплексные органические соединения, возможно хлоркарбонильные комплексы и хлориды; серебро – сульфосоли, самородное серебро, возможно хлориды [47].

Если приведенные данные подтвердятся, то прогнозные ресурсы благородных металлов в Верхнекамском месторождении окажутся весьма велики. В связи с этим следует отметить, что ранее нами неоднократно подчеркивалась роль  $Cl$ ,  $SO_4$  и  $K$  в формировании крупных и уникальных месторождений МПГ [32,33,40].

Анализируя рассмотренные материалы по оценке перспектив платиноносности провинций, конкретных рудных формаций и объектов в плане расширения, изменения и комплексного освоения минерально-сырьевой базы МПГ XXI в. необходимо подчеркнуть следующее.

*1. Установленная платиноносность черносланцевых и других формаций – расслоенных и хромитоносных интрузивов, хвостохранилищ крупных месторождений, а также нефелин- и апатитсодержащих ийолит-карбонатитовых (щелочно-мафитовых и щелочно-ультрамафитовых) массивов и связанных с ними золото-платиноносных россыпей, а также никелевых кор выветривания, мощных залежей калийных солей и железистых кварцитов, медистых песчаников и сланцев, титаномагнетитовых и апатит-магнетитовых руд дает основание говорить о совершенно новых для России типах платиноидного сырья XXI в.*

2. Прогнозные ресурсы МПГ оцененных, изученных и в большинстве своем выявленных в процессе реализации программы "Платина России" объектов и некоторых других сопоставимы с таковыми обрабатываемых месторождений Норильского промрайона. В то же время массивированные геологоразведочные работы на платиновые металлы, проводимые во многих странах мира, привели к выявлению новых объектов Лак-дез-Иль и Маратон в Канаде, Скаергаард в Гренландии, Пеникат в Финляндии и некоторых других с общими ресурсами МПГ не более 1000-2000 т.

3. Наиболее достоверны и значимы для платинодобывающей промышленности первой четверти XXI в. установленные ресурсы Норильского, в меньшей мере Карело-Кольского, Южно-Сибирского и Курско-Воронежского регионов. Особое место среди объектов XXI в. занимают россыпи Корякско-Камчатской провинции, ресурсы и запасы которых постоянно возрастают.

4. Практически все оцененные по "Программе" прогнозные ресурсы МПГ сосредоточены в объектах, расположенных в регионах с

развитой горно-добывающей и металлургической промышленностью. Более того, ряд предприятий (комбинаты "Печенганикель", "Североникель", Серовский, Череповецкий, Белгородский, даже Норильский) могут за счет освоения рассмотренных потенциальных месторождений получить в XXI в. "второе дыхание".

5. Все охарактеризованные объекты являются комплексными, и их освоение приведет к увеличению производства не только платиноидов, но также золота, серебра, никеля, кобальта, меди, хрома, ванадия, урана, рения и других металлов.

6. Для некоторых предлагаемых к освоению объектов разработана технология извлечения из них МПГ и выполнены предварительные расчеты срока окупаемости вкладываемых инвестиций, показывающие высокую рентабельность потенциальных платиноидных месторождений. В то же время значительная часть запасов МПГ в ЮАР является низкорентабельной или даже нерентабельной для добычи [73]. По этим данным около 83% запасов платины рентабельны при себестоимости добычи до 14,5 дол/кг (мировая цена 1 г платины в июле 1996 г. составляла 12,77 дол., а в октябре 1997 – 12,87 дол.) и коэффициенте окупаемости капиталовложений 0%; при увеличении значения последнего до 15% всего 25% запасов платины рентабельны для эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что: 1) даже при открытии на северо-востоке нашей страны россыпных месторождений, сопоставимых по масштабам с уральскими, в первой четверти XXI в. главную роль для платинодобывающей отрасли страны будут иметь месторождения Норильского промышленного района: сульфидные платиноидно-медно-никелевые, малосульфидные и техногенные платинометалльные (возможно, и россыпные); 2) эксплуатация только месторождений Норильского промрайона ни в коей мере не сможет приблизить объемы добычи МПГ к объемам экспорта 1994-1996 гг., что обуславливает необходимость разработки специализированной концепции развития геологоразведочных работ по отрасли «Платина».

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПО ОТРАСЛИ "ПЛАТИНА"

---

*Проведенные исследования позволяют обосновать следующие приоритетные направления геологоразведочных работ, предусматривающие расширение Норильской и Алданской, возрождение Уральской, создание Карело-Кольской, Южно-Сибирской, Воронежско-Курской и Корякско-Камчатской баз платинодобычи с целью прироста ресурсов, запасов и увеличения производства платиновых металлов в Российской Федерации.*

I. Ускоренная оценка запасов МПГ и отработка:

Норильского техногенного месторождения;

платинометалльных и комплексных платиноносных россыпей Корякии, Норильского района, Свердловской области, Алдано-Станового щита, Вилюя и т.д.

II. Коренная переоценка запасов МПГ вкрапленных и "медистых" руд Талнахского узла.

III. Прогнозирование и поиски залежей богатых (массивных) руд и россыпей МПГ в пределах Талнахского, Норильского и Имандинского рудных узлов.

IV. Оценка перспектив промышленной платиноносности:

наиболее важных в экономическом и безопасных в экологическом отношении объектов малосульфидного низкосернистого платинометалльного сырья стиллуотерского и верхнеталнахского типов;

Бураковского, Мончегорского, Чинейского, Имандровского, Рай-Изского, Йоко-Довыренского и других крупных массивов, перспективных также на Cr, Ni, Ti, V, Cu и т.д.;

мафит-ультрамафитовых массивов, продуцирующих платинометалльные россыпи Корякии, Урала и Приамурья;

золоторудных и других преимущественно комплексных месторождений в углеродсодержащих формациях Байкало-Патомского нагорья, Енисейского кряжа, Онежского района, Воронежского кристаллического массива, Урала, Дальнего Востока и т.д.;

крупных хвостохранилищ на Урале, в Центральной России, на Дальнем Востоке и в других регионах.

V. Минералого-технологическая оценка платиноидно-хромитовых, платиносодержащих руд в черносланцевых толщах, платиноносных кор выветривания, глиноземистого, железорудного, соленосного, апатитиносного, титаноносного, редкоземельного сырья и т.д. с разработкой технологий их глубокой переработки.

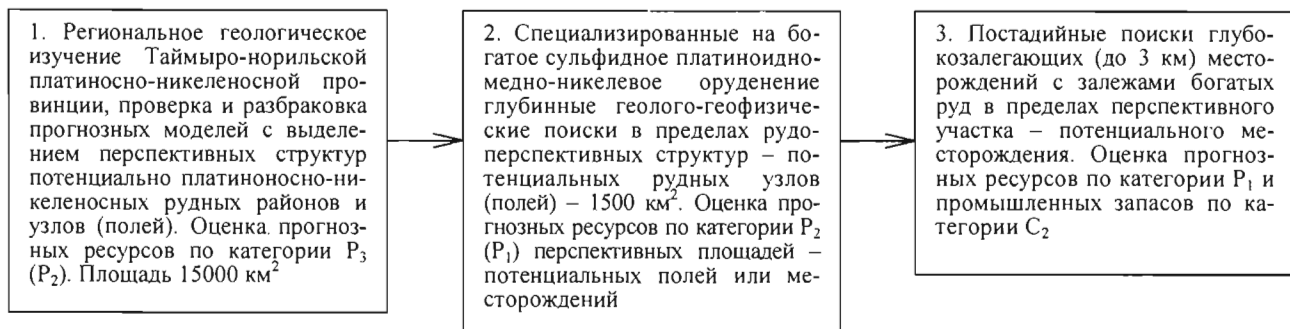
VI. Разработка технолого-эколого-экономических обоснований:

комплексного освоения месторождений МПГ нетрадиционных типов;

расширения Норильской и Алданской, возрождения Уральской, создания Корякско-Камчатской, Южно-Сибирской, Карело-Кольской и Воронежско-Курской баз платинодобычи с целью прироста ресурсов, запасов и увеличения производства МПГ в Российской Федерации в XXI в.

VII. Научные исследования по направлениям:

выявление новых нетрадиционных типов платиносодержащих месторождений (железные, алюминиевые, апатит-магнетитовые и титаномагнетитовые руды, калийные соли, бокситы, коры выветривания и др.);



#### Рациональное комплексирование видов и методов работ по этапам

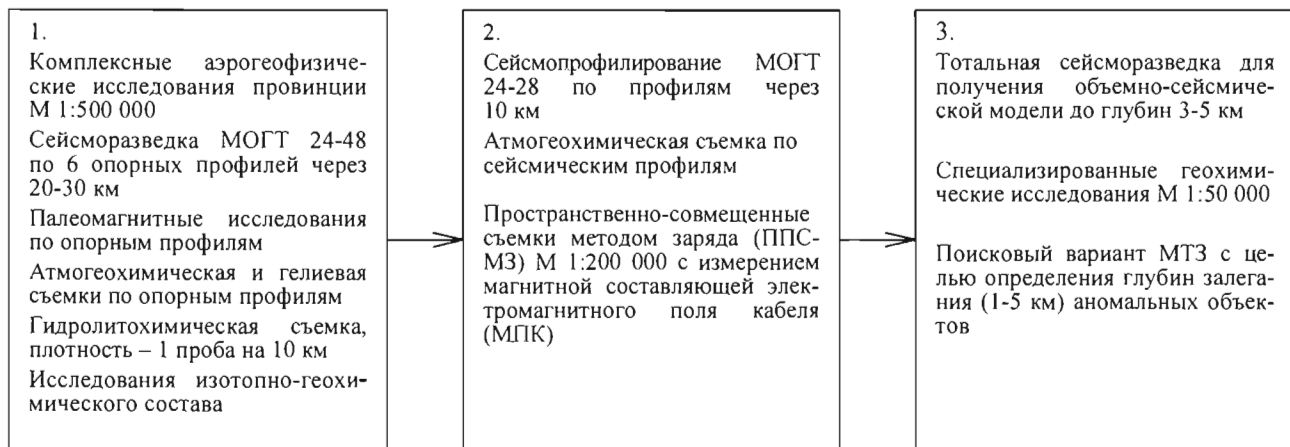




Рис. 43. Новая технология прогнозирования и поисков глубокозалегающих сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений

создание совершенных технологий прогнозирования, поисков и ускоренной оценки платиноидных месторождений;

разработка комплексных петрогенетических и металлогенических моделей разнотипных объектов МПГ;

установление закономерностей распределения МПГ в горных породах и рудах;

изучение процессов экстракции МПГ из силикатных расплавов, определение их петрогенетического и технологического значения;

оценка роли процессов формирования первичной магматической расслоенности в концентрировании МПГ;

разработка стратегии рационального природопользования в платиноносных регионах России;

составление Атласа разномасштабных прогнозно-платинометаллогенических карт крупных регионов России;

создание государственных стандартных образцов нетрадиционных типов руд МПГ и др.

*Расширение Норильской базы платинодобычи* возможно за счет прироста запасов богатых сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд на флангах и глубоких горизонтах Талнахского и Норильского рудных полей, прогнозирования и поисков аналогичных объектов на рекомендованных нами площадях [28, 32, 33], а также вовлечения в отработку малосульфидных платиноносных рудных тел, переработки техногенных месторождений и повышения извлечения МПГ из руд. В промышленных рудных полях вероятен прирост запасов богатых руд в отдельных блоках на 5-10%. Необходимо предусмотреть отработку верхнего платиноносного горизонта на действующем карьере "Медвежий ручей" и предлагаемом нами карьере "Талнах", для чего составить специальное ТЭО. Тем более, что в 1960-1964 гг. институтом "Гипроруда" (Ленинград) был создан аналогичный проект карьера. В связи с отмеченным никак нельзя согласиться с предполагаемым закрытием, а значит затоплением карьера "Медвежий ручей". Если это произойдет, то несколько сот тонн МПГ будут изъяты из баланса металлов Норильского комбината.

Для прогнозирования и поисков глубокозалегающих (до 3 км) богатых руд на ограниченных площадях необходимо выполнить по новой разработанной трехэтапной технологии [28] комплекс геолого-разведочных работ, включающий (рис. 43):

невзрывную сейсморазведку и глубинные МТЗ по профилям через 30, 10 и 5 км – 600 км;

пространственно-совмещенные съемки методом заряда (ПСС-МЗ) масштаба 1:200 000 с измерением магнитной составляющей электромагнитного поля кабеля (МПК) – 200 км<sup>2</sup>;

атмо- и гидролитоплатиногеохимические съемки по профилям МОГТ – 600 и 1200 проб, сейсмопрофилирование ПМ ВСП – 300 км; тотальную сейсморазведку и специализированные магнитотеллурические зондирования в поисковом варианте – 100 км; структурно-поисковое бурение (90 тыс. м) с геолого-геохимико-геофизическими и минералогическими исследованиями скважин.

Предварительная оценка прогнозных ресурсов МПГ высоких категорий в малосульфидных платинометалльных рудах юго-восточной части Талнахского рудного поля потребует проведения специализированной платиногеохимической съемки масштаба 1:5 000 по серии мелкоглубинных (до 100 м) скважин на площади 30 км<sup>2</sup>. Необходимо также провести разведку Норильского техногенного платинометалльного месторождения путем бурения скважин глубиной до 50 м по сети 100x50 м и шлихо-минералого-геохимические поиски россыпей платины в пределах Талнахского, Норильского и Имангдинского рудных узлов на площади 300 км<sup>2</sup>. На проведение всего комплекса предлагаемых работ потребуется 5-7 лет с примерным объемом финансирования 600 млрд р. (в ценах апреля 1995 г.). Источник финансирования – ставки возмещения за пользование недрами Норильским комбинатом. При успешной реализации намеченного комплекса работ можно рассчитывать на прирост запасов МПГ в 1200-1400 т, что в сегодняшних мировых ценах составляет около 10 млрд дол.

*Расширение Алданской минерально-сырьевой базы платинодобычи* предполагается путем прироста запасов россыпной платины на 10-20 т при доизучении Кондеро-Чадской площади и платино-золотых россыпей, а также – исследования и оценки ресурсов МПГ платиноносных мафит-ультрамафитовых массивов Алдано-Становой провинции.

*Для возрождения Уральской базы платинодобычи* необходимо выполнить:

переоценку расслоенных дунит-клинопироксенит-габбровых массивов (рис. 44) на хромититы с МПГ и попутным золотом;

промышленную оценку платиноносности крупных хромитоносных ультрамафитовых массивов Рай-Изского, Войкаро-Сыйнинского, Сарановского и др.;

подсчет запасов МПГ техногенных россыпей и россыпных лежалых отвалов прошлых лет переработки уральских россыпных объектов с пылевидным металлом;

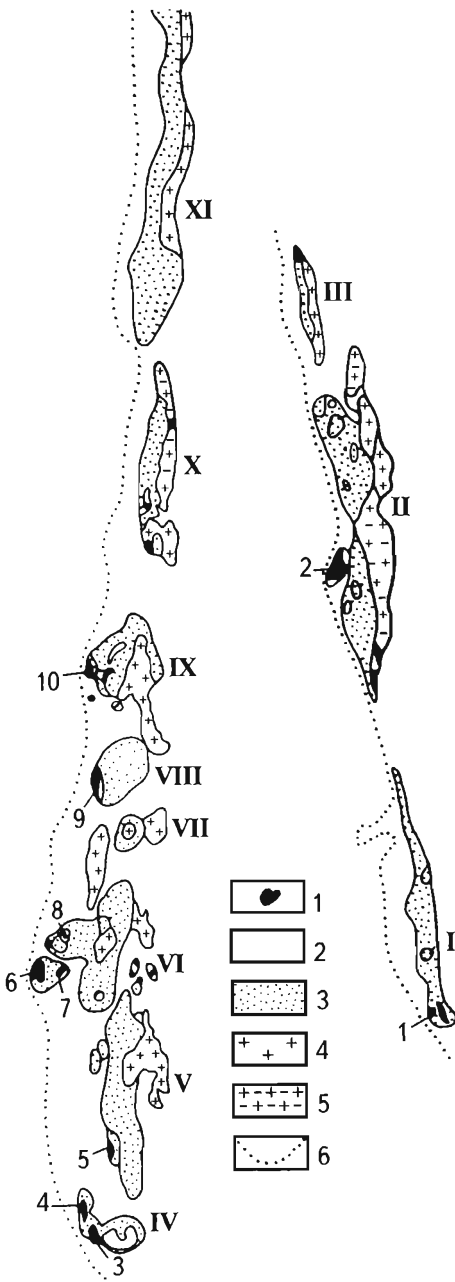
поиски и оценку платиновых россыпей в Пермской области и на Полярном Урале;

детальные минералого-геохимические исследования месторождений платиносодержащих калийных солей с последующей оценкой их промышленной значимости;



Рис. 44. Схема строения  
Платиноносного пояса Урала  
(по Д.С.Штейнбергу, 1981)

1 – тела платиноносных дунитов (цифры по схеме: 1 – Омутинский, 2 – з.Соловьева, 3 – Вересовый бор, 4 – Светлый бор, 5 – Каменушка, 6 – Со-сновский, 7 –Косьвинский, 8 – Исов-ский, 9 – Гладкая Сопка, 10 – Желтая Сопка); 2 – верлиты и клинопироксены; 3 – габбро; 4 – гранитоиды; 5 – сие-ниты; 6 – западная граница Тагильско-Магнитогорского прогиба; I – XI – ин-трузивные комплексы и массивы: I – Ревдинский, II – Тагильский, III – Баранчинский, IV – Качканарский, V – Правдинский, VI – Кытлымский, VII – Княсьинский, VIII – Кумбинский, IX – Денежкин Камень, X – Ивдель-ский, XI – Чистопский



оценку перспектив про-  
мышленной платиноносности  
Воронцовского золоторудного и  
других месторождений.

*Карело-Кольская (Северо-  
западная) база платинодобычи с  
хромом, титаном, ванадием, зо-  
лотом, серебром и ураном мо-  
жет быть создана на основе ма-  
лосульфидных платинометаль-  
ных, платиноидно-хроми-то-  
вых,*

*платиноидно-титаномаг-  
нетитовых руд Балтийского  
плутона, уран-благородноме-  
тально-ванадиевых, платиноид-  
но-золоторудных и страти-  
формных платиноидно-полиме-  
тальных руд в черносланцевых  
толщах Прионежья и благород-  
нометальносодержащих вана-  
дий-титаномагнетитовых руд в  
габбро-долеритовых массивах*

(Пудожгорский и др.) с ориентировочными прогнозными ресурсами  
5000 т МПГ, 100 т золота, 400 млн т  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 50 млн т  $\text{TiO}_2$ , 600 тыс.т

$V_2O_5$  (стоимость в недрах до 60 млрд дол.). Эти ресурсы могут возрасти при открытии значительных проявлений МПГ в апатит-нефелиновых и апатит-магнетитовых рудах йолит-карбонатитовых массивов Балтийского щита. Для доизучения и более убедительной оценки ресурсов МПГ и других металлов в массивах Печенга-Имандро-Вар-зугской и Южно-Карельской ветвей Балтийского плутона необходимо выполнить:

геолого-геохимико-минерогеническое 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<sup>x</sup>-48<sup>x</sup>);

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

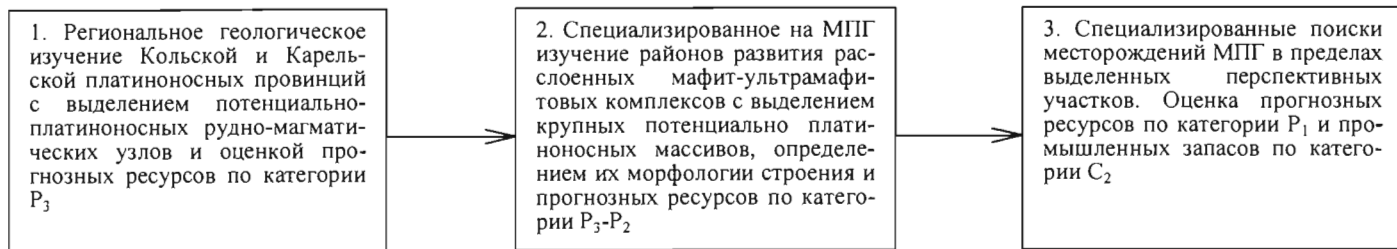
горные работы – 2000 м<sup>3</sup>;

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

тематические и научные исследования по изучению закономерностей размещения, вещественного состава и технологических свойств платиноидных руд вышеназванных массивов и завершение разработки технологии оконтуривания платиноносных горизонтов (рис. 45).

На онежских и пудожгорских месторождениях следует провести разведку с переоценкой ресурсов и запасов, а также проведением полупромышленных технологических испытаний. Весь намеченный комплекс работ за счет ставок возмещения комбинатов "Печенганикель", "Североникель", "Апатит" и частично бюджетных ассигнований может быть реализован за 5 лет с ожидаемым приростом запасов 400-500 т и обоснованием прогнозных ресурсов категорий  $P_1$  и  $P_2$  в количестве 800-900 т.

*Создание Южно-Сибирской базы платинодобычи* возможно в первую очередь за счет попутного извлечения МПГ при отработке Олимпиадинского, Саралинского, Коммунарковского, Советского, Ирокиндинского и других золоторудных месторождений в черносланцевых комплексах, а также Кия-Шалтырского и других алюминиевых объектов. Серьезное развитие она получит при вводе в строй крупнейшего в России платиноидно-золоторудного месторождения



Рациональное комплексирование видов и методов работ по этапам

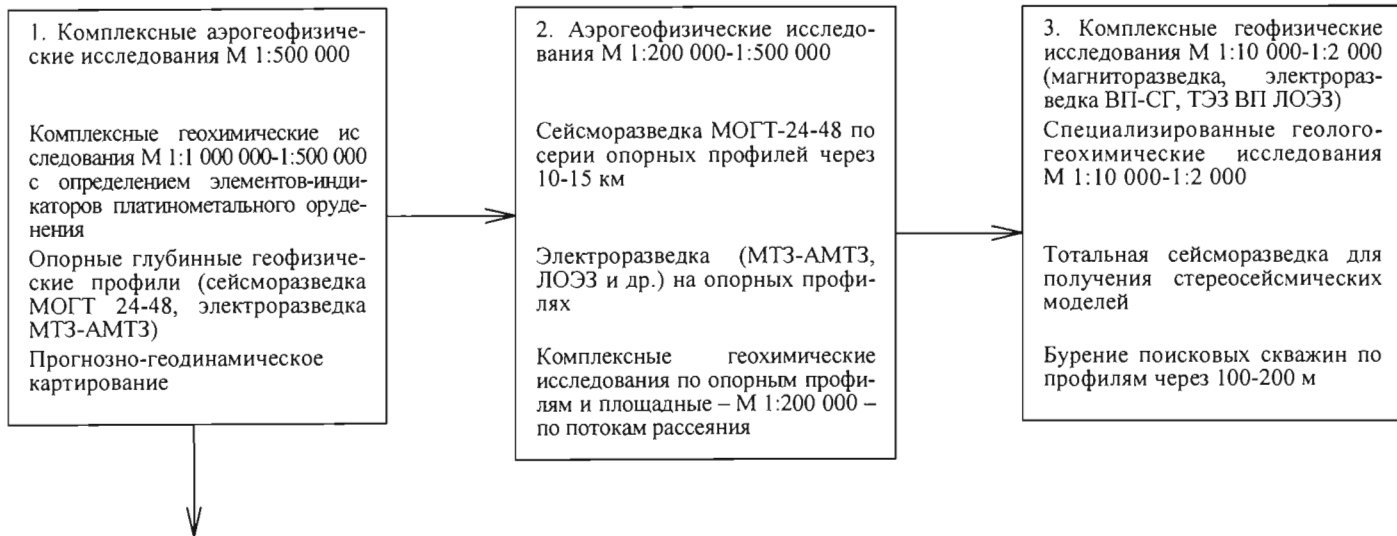




Рис. 45. Технология прогнозирования и поисков малосульфидных платинометалльных месторождений в крупных расслоенных мафит-ультрамафитовых массивах (Карело-Кольский регион)

Сухой Лог. Необходимы переоценка всех расслоенных массивов на малосульфидное платинометальное оруденение и доизучение Кингашского и Чинейского месторождений. Особое внимание должно быть уделено аналитико-минералого-технологическим и геолого-экономическим исследованиям.

Наиболее важное значение в создании *Центрально-Российской минерально-сырьевой базы благородных металлов* помимо известных сульфидных платино-медно-никелевых месторождений еланьского и мамонского типов будут иметь широко развитые комплексные золото-платиноидные руды в черных сланцах и их метасоматитах, а также золото и платиносодержащие железистые кварциты и продукты их передела. В пределах предварительно изученного Курско-Воронежского района предлагается выполнить:

разномасштабное геолого-геофизическое, геолого-минерагеническое и геохимическое доизучение Тим-Ястребовской зоны с оконтуриванием горизонтов платиноносных черных сланцев, оценкой их ресурсов по категориям  $P_2$ - $P_3$  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.

*Для создания Корякско-Камчатской базы платинодобычи* необходимо провести:

доизучение известных платинометальных россыпных объектов с наращиванием запасов платины;

поиски новых аналогичных месторождений;

комплексную оценку платиноносности многочисленных мафит-ультрамафитовых массивов, в первую очередь дунит-клинопироксенит-габбровой формации в пределах Олюторской (площадь массивов составляет около 20% от таковой зоны, в одном из них – Гальмоэнанском установлено до 50 г/т МПГ), а также сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений и проявлений Центрально-Камчатской (Шануч, Кувалорог, Квинум и др.) металлогенических зон;

комплексное использование продуктов деятельности современных вулканов, являющихся уникальным возобновляемым платиносодержащим сырьем [42].

Предлагаемые геологоразведочные работы и научные исследования при их реализации могут обеспечить значительный (до 20%) прирост запасов МПГ. В связи с тем, что практически все основные объекты, могущие дать максимальные прирост запасов и объем добычи, находятся в районах действующих горно-металлургических комбинатов, внедрение наших предложений не потребует очень крупных инвестиций в освоение новых месторождений (кроме "Сухого Лога").

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Постоянно растущее потребление платиновых металлов во многих отраслях промышленности и новейших технологиях обуславливает отнесение их к полезным ископаемым-"лидерам" [29].

В 1994-1996 гг. спрос в мире на МПГ и, в первую очередь, на палладий был удовлетворен только благодаря резко возросшему (в 1,7 раза по сравнению с 1991 г.) экспорту из России. Последний был обеспечен заимствованием значительных объемов платины (~15 т в 1996 г.) и палладия (~90 т в 1996 г.) из государственных резервов при постоянном падении добычи, по-прежнему значительно превышающей прироста запасов.

Добыча МПГ в мире уже в 1994 г. не смогла обеспечить их потребление. Анализ мировой минерально-сырьевой базы платиновых металлов (особенно палладия) убедительно свидетельствует, что без ее развития, коренного изменения и комплексного освоения такая же ситуация сохранится, а возможно и усугубится в ближайшее время.

Рассмотрение материалов, полученных преимущественно при исследованиях по программе "Платина России", показывает, что минерально-сырьевой потенциал МПГ страны дает возможность не только восстановить уровень производства 1991 г., но и улучшить качество сырьевой базы, повысить комплексность ее использования, получив дополнительные объемы МПГ, хрома, титана, ванадия, алюминия, урана и других металлов.

Реализация приоритетных направлений геологоразведочных и научно-исследовательских работ, предусматривающих расширение Норильской и Алданской, возрождение Уральской, создание Карело-Кольской (Северо-западной), Курско-Воронежской (Центрально-Российской), Южно-Сибирской и Корякско-Камчатской баз платинодобычи позволит к 2003-2005 гг. довести добычу МПГ до уровня 1993 г. с последующим ежегодным увеличением на 3-8%. При этом, по крайней мере в первой четверти XXI в., главным объектом платинодобывающей отрасли при условии ввода в строй малосульфидных и техногенных объектов останутся Норильские месторождения, обес-

печивающие 70-80% общероссийской добычи МПГ (140-150 т). Остальные 20-30% могут быть получены при обработке малосульфидных платинометалльных объектов Карело-Кольского региона и попутном получении платиновых металлов из обрабатываемых и подготавливаемых к обработке месторождений золота, серебра, железа, алюминия, титана, хрома, ванадия, меди, урана, солей, а также крупных хвостохранилищ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас пород и руд Норильских медно-никелевых месторождений / Д.А.Додин, Б.Н.Батуев, Г.А.Митенков, В.М. Изойтко – Л.: Недра, 1971.
2. *Барташевич Л.Г.* Металлы платиновой группы // Минеральные ресурсы развитых капиталистических и развивающихся стран. – М.: ВНИИЗарубежгеология, 1989.
3. *Беневольский Б.И., Зубатарева Л.И.* Минерально-сырьевая база и конъюнктура платиноидов зарубежных стран. – М.: МГП "Геоинформмарк", 1993.
4. *Благороднометалльная минерализация Гулинской интрузии* / А.М. Сазонов, А.Э.Романовский, О.М.Гринев и др. // Геол. и геоф., 1994. – № 9.
5. *Благороднометалльная рудоносность Кия-Шалтырского габбро-уртитового плутона* / А.М.Сазонов, О.М.Гринев, Г.И.Шведов и др. // Руды и металлы, 1996. – № 1.
6. *Высоцкий Н.К.* Платина и районы ее добычи. – Петроград, 1923-1925.
7. *Геология и рудоносность Норильского района* / О.А.Дюжиков, В.В.Дистлер, Б.М.Струнин и др. – М.: Наука, 1988.
8. *Голубев А.И., Филиппов Н.Б.* Благороднометалльное оруденение титаномагнетитовых месторождений Карелии / Тез. докл. регионального симп. "Благородные металлы и алмазы севера Европейской части России" и научно-практической конференции "Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов России". – Петрозаводск, 1995.
9. *Грейвер Т.Н., Гурская Л.И.* Платиносодержащие хромитовые руды новых месторождений Полярного Урала и перспективы их освоения / Тез.докл. II Межд. симп. "Проблемы комплексного использования руд". – СПб, 1996.
10. *Гудинг К.* Российский экспорт платины и палладия вызывает застой на рынке этих металлов (источник "Импала Платинум") // Финансовые известия, 1996. – № 82(316).
11. *Гусейнов Э.* Агрессивный экспорт из России определяет ситуацию на рынке платиноидов// Финансовые известия, 17.06.97.
12. *Евстигнеева Т.Л., Генкин А.Д.* Платинометалльная минерализация Норильских медно-никелевых руд / Геология медно-никелевых месторождений. – Л.: Наука, 1990.
13. *Закономерности размещения комплексных руд онежского типа и перспективы их обнаружения в восточной части Балтийского щита* / А.В.Савицкий, Т.В.Билибина, Е.К.Мельников и др. // Геология и генезис месторождений платиновых металлов. – М.: Наука, 1994.
14. *Кавардин Г.И., Голубков В.С.* Глубинное строение никеленосных провинций // Общая и региональная геология; геологическое картирование: Обзор / ВИЭМС. – М., 1988.

15. *Кольская платиноносная провинция* / Ф.П.Митрофанов, Ю.Н.Яковлев, Н.Л.Балабонин и др. // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АО "Геоинформмарк", 1994.
16. *Коробейников А.Ф.* Закономерности образования, размещения и прогнозная оценка нетрадиционных комплексных золото-платиноидных месторождений. – Томск: Изд-во ТПУ, 1995.
17. *Коробейников А.Ф.* Комплексное золото-платиноидное оруденение в складчатых поясах // Горный журнал, 1997. – № 2.
18. *Лазаренков В.Г., Марченко Т.Г., Таловина И.В.* Геохимия платиновых металлов. – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт, 1996.
19. *Лешков В.* Платина // Деловой мир, 16-22 мая 1994.
20. *Макеев А.Б.* Перспективы платиноносности республики Коми / Научные доклады. – Сыктывкар: Коми научный центр УРО Российской Академии наук, 1996. – Вып.375.
21. *Маракушев А.А.* Происхождение месторождений платиновых металлов и их экспериментальное моделирование // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АОЗТ "Геоинформмарк", 1995. – Т. II. Кн. I.
22. *Мелкомукоев В.Н.* Платиноносные россыпи севера Камчатки // Россыпи и месторождения кор выветривания – объект инвестиций на современном этапе. Тез. докл. X Межд. совещ. – М.: ИГЕМ РАН, 1994.
23. *Минерально-сырьевая база Таймырского национального округа* / О.Н.Симонов, А.Г.Самойлов, А.П.Афанасенков, И.И. Сидоров // Недра Таймыра. – 1995. – Вып. 1.
24. *Минеральные ресурсы мира на начало 1996 года* / Под ред. Л.В.Оганесяна. – М.: МПР Российской Федерации, ГНПП «Аэрогеология». ИАЦ "Минерал", 1997.
25. *Минеральные ресурсы развитых капиталистических и развивающихся стран.* – М.: Союзгеология-ВНИИзарубежгеология, 1960-1991.
26. *Минеральные ресурсы Таймырского автономного округа* / А.Г.Самойлов, О.Н.Симонов, А.П.Афанасенков, И.И.Сидоров. – Норильск, 1995.
27. *Новые вещественные типы руд благородных и редких элементов в углеродистых сланцах* / Н.П.Ермолаев, Н.А.Созинов, С.С.Флициян и др. – М.: Наука, 1992.
28. *Новые технологии прогнозирования и поисков платиноидных месторождений* / Л.Л.Тарновецкий, Д.А.Додин, Ю.Н.Седых и др. // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АО "Геоинформмарк", 1994.
29. *Орлов В.П.* Минерально-сырьевой потенциал и геологическая служба России на пороге XXI века // Разведка и охрана недр, 1995. – № 11.
30. *Орлов В.П.* Энергетические и минерально-сырьевые ресурсы России в XXI веке // Отечественная геология, 1996. – № 4.
31. *Погодаев А.М., Сазонов А.М.* Концентрирование драгоценных металлов в анодном сплаве при электролитическом рафинировании // Цветная металлургия, 1996. – № 11-12.
32. *Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов* // Сб. научн. трудов. – М.: АО "Геоинформмарк", 1994.
33. *Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов* // Сб. научн. трудов. – М.: АОЗТ "Геоинформмарк", 1995. – Т. II. Кн. I, 2.
34. *Платинометалльные месторождения мира. Т. I. Кн. I.* Малосульфидные платинометалльные месторождения в ритмично-расслоенных комплексах / Д.А.Додин, Н.М.Чернышов, Д.В.Полферов, Л.Л.Тарновецкий. – М.: АОЗТ "Геоинформмарк", 1994.



35. *Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири*. Под ред. Г.В.Полякова и В.И.Богнибова. – Новосибирск, 1995.

36. *Предварительная геодинамическая модель образования медно-никелевых руд Норильского района* / Д.И.Мусатов, Г.С.Гусев, О.Г.Сорохтин, Л.Л.Тарновецкий // Геология медно-никелевых месторождений СССР. – Л.: Наука, 1990.

37. *Проблема аналитического определения металлов платиновой группы в рудах черносланцевых комплексов* / А.Н.Курский, Г.Ч.Витоженч, А.В.Мандругин и др. // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АОЗТ "Геоинформмарк", 1995. – Т.И. Кн.1.

38. *Проблемы комплексного использования платиносодержащих руд России* / Д.А.Додин, С.С.Неручев, Н.М.Чернышов и др. // Горный журнал, 1997. – № 2.

39. *Проблемы минерально-сырьевой базы платиновых металлов России* / Б.А.Яцкевич, Д.А.Додин, Н.М.Чернышов и др. // Тез. докл. II Межд. симп. "Минерально-сырьевые ресурсы России". – СПб, 1994.

40. *Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов России* / Б.А.Яцкевич, Н.В.Глухоедов, А.С.Филко и др. // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АО "Геоинформмарк", 1994.

41. *Разин Л.В.* Месторождения платиновых металлов / Рудные месторождения СССР, 1974. – Т.3.

42. *Разин Л.В.* Новый комплексный минерально-сырьевой источник благородных металлов, генетически связанный с современным вулканизмом / Тез. докл. II Межд. симп. "Проблемы комплексного использования руд". – СПб, 1996.

43. *Районирование Восточной Сибири по ожидаемым генетическим типам месторождений в черносланцевых толщах* / Г.Л.Митрофанов, В.К.Немеров, Л.К.Семейкина, Н.К.Коробейников // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АОЗТ "Геоинформмарк", 1995. – Т.И. Кн.2.

44. *Рудные ресурсы и их размещение по геозомам*. Благородные металлы (металлы платиновой группы, золото, серебро) / Б.И.Беневольский, И.Г.Ганеев, В.В.Скрипченко и др. – М.: Недра, 1995.

45. *Рундквист Д.В., Гурская Л.И.* Новые перспективные типы платинометаллоносного оруденения // Очерки металлогении. – Тбилиси, 1986.

46. *Свиштунов С.* Акционеры РАО "Норильский Никель" решили инвестировать в будущее // Финансовые известия, 1997. – № 45(396).

47. *Сметанников А.Ф., Кудряшов В.И.* Содержание и распределение Au, Ag и Pt – металлов в сильвините Верхнекамского месторождения // Геохимия, 1995. – № 9.

48. *Стехин А.И., Кунилов В.Е., Олешкевич О.И.* Техногенные месторождения цветных и благородных металлов в Норильском районе // Недра Таймыра. – 1995. – Вып. 1.

49. *Тезисы докладов VII Международного платинового Симпозиума* / Главные редакторы Н.П.Лавров и В.В.Дистлер / 1-4 августа 1994 г. Москва.

50. *Урванцев Н.Н.* Открытие Норильска. – М.: Наука, 1981.

51. *Формы нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золорудном месторождении Сухой Лог (Россия)* / В.В.Дистлер, Г.Л.Митрофанов, В.К.Немеров и др. // Геология рудных месторождений, 1996. – Т.38. – № 6.

52. Чернышов Н.М., Додин Д.А. *Формационно-генетическая типизация платинометалльных месторождений и проявлений для целей прогноза* // Докл. РАН, 1994. – Т.331. – № 4.

53. Чернышов Н.М., Коробкина Т.П. *Новый тип платинометаллоносного оруденения Воронежской провинции: платиноносные высокоуглеродистые стратифицированные комплексы* // Сб. научн. трудов «Платина России». – М.: АОЗТ "Геоинформмарк", 1995. – Т.И. Кн.2.

54. Шелехов А.Н., Филимонов Н.В. Отвальные хвосты железоизвлекальных фабрик – нетрадиционный источник благородных и некоторых цветных металлов /Гез.докл. VIII совещ. по геологии россыпей. – Киев, 1987.
55. Щеглов А.Д. О генезисе золоторудных месторождений района Витватерсранд (ЮАР) // Докл. РАН, 1993. – Т.333. – № 1.
56. Юшко-Захарова О.Е. Платиноносность рудных месторождений. – М.: Недра, 1975.
57. Bernhard S. Platinmetall und Goldlagerstätten: Vorkommen, Production und Reserven // Erzmetall, 1996. – Vol. 49. – № 3.
58. Covey R.M. Chen N. Ni-Mo-PGE-Au-rich ores in chine black shales and speculations in possible analogues in the United States // Mineral. Deposita, 1991. Vol.26. -- № 2.
59. Christian J.M. Moving through a transition // Eng. and Mining Journal, 1994. – Vol. 195. – № 3.
60. Lul'ko V.A., Fedorenko V.A., Distler V.V. et.al. Geology and ore deposits of the Norilsk Region. – Moskow – Norilsk, 1994.
61. Naldrett A.J., Cameron J.M., von Gruenwaldt J. et al. The formation of Stratiform PGE deposits in Layered intrusions // Origin of Igneous Layering / Ed. Parsons. NATO Advanced Research Workshop, D. Reidel. Dordrecht Holland, 1987.
62. Peterson J.A. Platinum-group elements in sedimentary environments in the conterminous United States // US Geol. Surv. Bull, 1994. – № 2049-A.
63. Platinum from the Great Dyke in Zimbabwe // Eng. and Mining Journal, 1990. – Vol. 191. – № 9.
64. Platinum group metals // Mineral Resources. – Beijing, 1993.
65. Platinum group metals in the CIS: a special report // Mining Eng. (USA), 1995. -- Vol. 47. – № 1.
66. Platinum in 1994 // Mining Journal Suppl., 1995. – May 26.
67. Platinum production grows // Chem. Brit., 1992. – Vol. 28. – № 8.
68. Precious metals surge // Mining Journal, 1995. – Vol. 324. – № 8321.
69. Russian platinum sales rise // Mining Journal, 1994. – Vol. 324. – № 8308.
70. Steady as she goes // Mining Journal, 1995. – Vol. 325. – № 8353.
71. Stillwater: getting to grips with its potential // Mining Journal, 1995. – Vol. 325. – № 8352.
72. U.S. metals sales – pgm producers take stock // Mining Journal, 1995. – Vol. 325. – № 8346.
73. Where is platinum going? // Eng. and Mining Journal, 1994. – Vol. 195. – № 2.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Введение .....	3
Состояние и развитие минерально-сырьевой базы платиновых металлов .....	5
Конъюнктура, потребление и источники .....	5
Мировая минерально-сырьевая база платиновых металлов и роль в ней России .....	9
Производство платиновых металлов в мире и роль в нем России .....	13
Состояние и проблемы развития минерально-сырьевой базы МПГ Российской Федерации .....	17
Формационно-генетическая типизация платиноидных месторождений .....	24
Некоторые закономерности размещения и формирования крупных и уникальных месторождений .....	32
Общие закономерности размещения .....	32
Модели формирования некоторых крупных и уникальных платиноидных месторождений .....	52
Перспективы развития минерально-сырьевой базы России в XXI веке .....	67
Концепция развития геологоразведочных работ по отрасли «Платина» .....	106
Заключение .....	117
Литература .....	118

СБОРНИКИ НАУЧНЫХ ТРУДОВ

## ПЛАТИНА РОССИИ

### Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов

В томе I, вышедшем из печати в 1994 г., рассмотрена концепция расширения и комплексного освоения минерально-сырьевой базы платиновых металлов, положенная в основу отраслевой программы "Платина России".

Впервые охарактеризованы уникальные по платиноносности норильские месторождения и приведены оригинальные материалы по новым, нетрадиционным для России видам платинометалльного сырья – малосульфидному стиллуотерского и верхнеталнахского типов, черносланцевому эпи- и диагенетическому, россыпному платинометалльно-золотому и техногенному. Показаны высокие перспективы территории России в отношении прироста активных запасов, ресурсов и увеличения производства платиновых металлов.

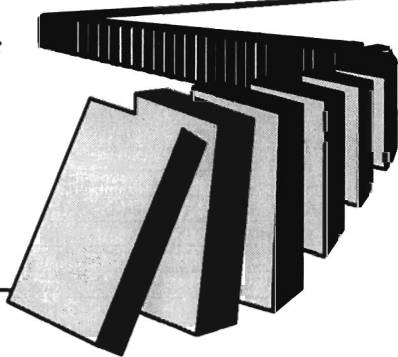
Том II (1995 г.) состоит из двух книг, в которых рассмотрены результаты исследований, представленные на третьем заседании Научно-методического совета по программе "Платина России". Приведены новые данные по перспективам платиноносности ряда территорий и конкретных объектов на территории России и Казахстана. Особое внимание уделено нетрадиционным для России типам платиноидного сырья.

В 1999 г. выходит из печати том III сборников научных трудов "Платина России", состоящий из двух книг.

В данном выпуске рассмотрены металлогенические и рудно-формационные основы прогноза платиноносности территории России; месторождения платиновых металлов на рубеже веков; прогнозная оценка конкретных объектов XXI в.; новые данные по минералогии платиноидных формаций; закономерности формирования месторождений; теоретические, экспериментальные и эколого-экономические основы совершенствования существующих и разработки новых технологий переработки платиносодержащих руд; состояние и пути совершенствования аналитических методов определения платиновых металлов в породах и рудах.

*Сборники рассчитаны на широкий круг специалистов в области геологии, геохимии, металлогении и экономики платинометалльных месторождений.*

Справки и заказы:  
тел/факс: (095) 915-6724



Д.А.Додин, Н.М.Чернышов,  
Д.В.Полферов, Л.Л.Тарновецкий

# **ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИРА**

ТОМ I

## **Платинометалльные малосульфидные месторождения в ритмично- расслоенных комплексах**

Многотомная монография, посвященная платинометалльным месторождениям мира, – результат первого наиболее полного исследования всего многообразия традиционных и новых типов месторождений, систематизированных на основе разработанной авторами формационно-генетической классификации, включающей собственно магматогенные, полигенные, экзогенные и техногенные группы платинообразующих систем. Впервые охарактеризованы основные типы платинометалльных месторождений России.

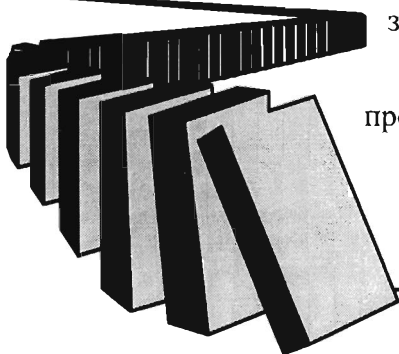
Том I (1994 г.) охватывает собственно платинометалльные малосульфидные месторождения в ритмично-расслоенных комплексах и содержит наряду с характеристикой известных объектов – Бушвельда и Стиллуотера – монографическое описание подобных месторождений России –

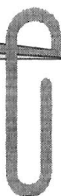
Федорово-Панского, Олангской группы и др., а также новых

зарубежных – Лак-дез-Иля,

Скаергарда и т.п. Рассмотрены проблемы происхождения, прогноза и поисков этих месторождений.

Справки и заказы:  
тел/факс: (095) 915-6724





ДЛЯ ЗАМЕТОК

*Додин Давид Абрамович  
Оганесян Левон Ваганович  
Чернышов Николай Михайлович  
Яцкевич Борис Александрович*

*Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России  
на пороге XXI века*

Ведущий редактор В.Н.Михин  
Технический редактор М.К.Кузьмина  
Корректор Е.В.Кормакова

ЛР № 020588 от 30.07.97

Подписано в печать с оригинал-макета 14.07.98.      Формат 60x84/8  
Усл.печ.л. 8,0      Уч.-изд.л. 12,9      Тираж 500 экз.      Заказ 4648

ЗАО «Геоинформмарк». 109172, Москва, ул.Гончарная, 38. Тел.ред. 915-60-84