

Н. Н. Трофимов, А. И. Голубев, Н. К. Смирнова

РУДНО-ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ И ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ ПЛАТИНОНОСНЫХ ОБЪЕКТОВ КАРЕЛИИ

В основу выделения рудно-формационных типов платиноносных объектов Карелии положена новая формационно-генетическая классификация месторождений платиновой группы, составленная коллективом авторов – Д. А. Додиним, Н. М. Чернышовым, Б. А. Яцкевичем (2000).

Платиноносные объекты Республики Карелия объединяются в два класса: полигенные проявления (черносланцевая формация) и эндогенные, состоящие из двух групп – собственно магматической и постмагматической (табл. 1). Ведущая роль при этом принадлежит собственно магматической группе. В ней выделены три подгруппы – малосульфидная платинометальная и платиносодержащие хромитовая и титаномагнетитовая (табл. 1). Ранее нами разновидности платинометальной минерализации, связанные с титаномагнетитовыми и хромитовыми рудами, относились к окисному малосульфидному типу, чем они фактически и являются, ибо минералы платиновых металлов (Pt и Pd) образуют единый парагенезис с сульфидной ассоциацией. Выделения хромитового и титаномагнетитового типов в отдельные подгруппы обоснованно, так как платинометальное оруденение является сопутствующим, редко образует самостоятельные промышленно значимые содержания и связано с ними при отработке единой технологической схемой.

Постмагматическая группа подразделяется на две подгруппы – сульфидную платиноидно-медно-никелевую и платиноидносодержащую с очень дорогостоящим радиогенным изотопом ^{187}Os в молибдените.

Класс полигенных проявлений изучен наиболее слабо. Пока надежно в нем выделяется подгруппа платинометальная в углеродистых сланцах и битумно-карбонатно-сульфидных, карбонатно-сланцевых и кварц-альбит-карбонатных метасоматитах с двумя подтипами – Падминским U-Mo-Cu-V и стратиформным Уницким (табл. 1). Основной платинообразующей эпохой является нижнепротерозойская, связанная с карельским тектономагматическим циклом. С лопийским циклом практически установлена только эпигенетичная сульфидная платиноидно-медно-никелевая подгруппа, не имеющая в настоящее время практической значимости.

Проведенный анализ показал, что в Карелии преобладают платиносодержащие объекты с сопутствующим оруденением, относимые к титаномагнетитовому и хромитовому рудно-формационным

типам (табл. 2). При этом на первый план выдвигаются ванадийсодержащий титаномагнетитовый тип в связи с трапповой (35,4% ресурсов ЭПГ Карелии), щелочно-ультроосновной и в недалекой перспективе с расслоенной базит-гипербазитовой (характеризующейся пока низкой изученностью) магматическими формациями. Трапповый титаномагнетитовый тип, названный Пудожгорским, выделен и обоснован на территории Карелии впервые для России (Трофимов и др., 1999). Лабораторными технологическими исследованиями доказана извлекаемость элементов платиновой группы (ЭПГ) из сульфидного концентрата, получаемого попутно при обогащении комплексных руд Пудожгорского месторождения (Трофимов и др., 2002). Однако эти ресурсы могут быть вовлечены в промышленное использование только в случае разработки титаномагнетитовых руд, так как самостоятельного значения они не имеют. Платиноидное оруденение, связанное с хромитовыми рудами, убогое и может извлекаться лишь на участках, затронутых автометасоматическим изменением и обогащенных Pt, Pd и Au, в ближайшие годы в связи с предполагаемой разработкой хромитовых руд Аганозерского месторождения. Технологические аспекты этой проблемы еще не решались.

Перспективы комплексных платиноидносодержащих полиметалльных (Cu-U-Mo-V) и ожидаемых других метасоматических типов в углеродистых сланцах до сих пор не ясны, вследствие недостоверности и ненадежности аналитических определений ЭПГ в них, связанных с металлоорганическими соединениями. Запасы Pt и Pd в пределах разведанных контуров месторождений и рудопроявлений Онежского типа Падминского подтипа не превышают 1 т, ресурсы по кат. P_1 – 5 т (табл. 2) и характеризуются невысокими содержаниями – для месторождения Средняя Падма они составляют 0,3 г/т. Минеральные формы платиноидов установлены, но технология извлечения их не отработывалась.

Собственно платинометальный тип пока представлен только малосульфидной формацией, к которой, как уже указывалось, можно относить хромитовый и титаномагнетитовый типы. Перспективы малосульфидной формации исключительно высоки и связываются прежде всего с Бураковским расслоенным перидотит-габброноритовым плутоном. Он входит в число крупнейших массивов мира, имеет площадь 580 км². Степень изученности

Т а б л и ц а 1
Рудно-формационные типы платиноносных объектов Карелии

Подгруппа	Тип, подтип	Магматические и геологические формации	Объекты, месторождения	Возраст	Автор		
Малосульфидная платинометаллическая	Платино-палладиевый	Ритмично-расслоенные базит-гипербазитовые комплексы	1. Класс эндогенных месторождений				
			1.1. Собственно магматическая группа				
			Бураковский			U-Pb 2449 ± 1,5 Sm-Nd 2340 ± 31	Korpev-Dvornikov, 1995 Ганни и др., 1995
			Лукулайсваара			U-Pb 2442 ± 1,9	Буйко и др., 1995
			Кивакка			U-Pb 2444 ± 1 Sm-Nd 2420 ± 23	Буйко и др., 1995 Буйко и др., 1995
			Ципринга			U-Pb 2442,3 ± 1,7 Sm-Nd 2430 ± 26 Sm-Nd 2414 ± 85	Семенов и др., 1995 Семенов и др., 1995 Семенов и др., 1995
			Кивач-Сямозеро				
			Кааламский			U-Pb 1883,3 ± 5,2	Беляцкий и др., 2000
			Бураковский (ГХГ)				
			Платино-палладиевый с Ru-Os	Платино-палладиевый с Au	Дифференцированные базит-гипербазитовые комплексы	Рыбозерская структура, массив ультрабазитов	
Верхний архей							
Платиносодержащая титаномагнетитовая с ванадием	Платино-палладиевый с Au	Траптовая толлеит-базальтовая, базитовая субформация (габродолеритовая)	Пудожгорское				
			Тубозерское				
			Койкарко-Святоволоокское				
			Тикше-Елетьозерский комплекс, ультраосновная серия с рудными титаномагнетитовыми дифференциатами в ритмах				
Палладиево-платиновый с Au (?)	Платино-палладиевый с Au	Щелочно-ультраосновная	Хаутаваарская структура: Рыбоя, Вистукалампи				
			Палаярвинский массив: Травяная Губа				
Платино-палладиевый с Au	Платино-палладиевый с Au	Дифференцированная базит-гипербазитовая (габродолеритовая?)	Хаутаваарская структура: Рыбоя, Вистукалампи				
			Габродолеритовая (?)				

1.2. Постмагматическая группа

Сульфидная платиноидно-медно-никелевая	Платино-палладиевый с Ir, Ru, Rh	Интрузивный тип (плутоническая фация). Дифференцированная, базит-гипербазитовая	Кумбукский массив: м-е Лебяжинское Вожминский массив: м-е Восточно-Вожминское Западно-Светлозерский массив: м-е Светлозерское Рыбозерская структура (скв. 7) Каменноозерская структура: Золотопорожское, Лещевское Рыбозерская структура: Западно-Рыбозерское Хаутаваарская структура: Хаутаваарское Cu-Ni	Верхний архей	Беляцкий и др., 2000 Ивашенко и др., 2001 Ивашенко и др., 2001
Платиноидносодержащая медно-молибден-порфировая	Платино-палладиевый с Au Re - ¹⁸⁷ Os радиогенный в молибдените Лобашский тип	Коматитовый тип (эффузивная и субвулканическая фации). Коматитит-базальтовая Габро-диорит-гранодиоритовая многофазная. Интрузия гранит-порфиров (2807 ± 1,5)	Лобаш Ялонваара	U-Pb 2807,7 ± 1,4 Re-Os 2772 ± 11 Re-Os 2741 ± 11	
Платино-поллиметалльная в углеродистых сланцах и их метасоматитах	Комплексный Cu-U-Mo-V платино-палладиевый с Au и радиогенным ¹⁸⁷ Os в молибдените (Онежский тип, Падминский подтип) Платино-палладиевый с Ir, Rh, Os, Au Онежский тип, Уницкий подтип	Ураноносные ванадиевые альбит-карбонатные метасоматиты зон СГД в высокоуглеродистых вулканогенно-осадочных толщах заонежского горизонта Онежской рифтогенной конседиментационной интракратонной впадины Стратиформные конкреционные углерод-сульфидные горизонты в средней подсвите (?) заонежского горизонта	Пяяваара и др. Средняя Падма, Верхняя Падма, Весеннее, Царевское, Косозеро, Южное Косозеро, Губа Великая и др.	U-Pb 1724 ± 42	Булавин, 1990

Таблица 2

Прогнозные ресурсы ЭПГ по рудно-формационным типам и рудопроявлениям Карелии

Подгруппа рудно-формационного типа	Магматические и геологические формации	Геологические объекты	Прогнозные ресурсы, т				
			ЭПГ по категориям			Au	
			P ₁	P ₂	P ₃		
А. Собственно платиноидные типы							
Малосульфидная платино-металльная	Ритмично-расслоенная перидотит-габброноритовая	Бураковский	–	110	310	*	
		в том числе по блокам:					
		Аганозерский	–	36,8	31,5	–	
		Шалозерский	–	75,5	102,5	–	
		Бураковский	–	–	178	–	
		Олангская группа	8	20	90	*	
		в том числе по массивам:					
Луккулайсваара	8,0	18,5	32	–			
Ципринга	–	–	27	–			
Кивакка	–	–	30	–			
	Итого по рудной формации		8	130	400	–	
Платино-металльная в углеродистых сланцах	Стратиформные конкреционные углеродсульфидные горизонты в средней подсвите заонежского горизонта людиковийского надгоризонта	Уницкий подтип	Перспективы не ясны.				
		Онежская впадина Пана-Куоляярвинская структура	Возможно наличие крупных месторождений. Оценка в 500 т кат. P ₃ (Савицкий, 1996) не обоснована				
	Итого собственно платиноидный тип		8	130	400	*	
Б. Типы с сопутствующей платинометалльной минерализацией							
Платино-содержащая хромитовая	Ритмично-расслоенная перидотит-габброноритовая	Бураковский	–	10	110	*	
		в том числе по горизонтам					
		ГХГ	–	10,0	95,0	–	
	Гипербазитовая дифференцированная	хромититы УЗ	–	–	5,0	–	
хромсодержащие перидотиты ГНЗ		–	–	10	–		
Рыбозеро (с-36, 5р, 9)		–	–	–	–		
	Итого по рудной формации		–	10	110	*	
Платино-содержащая титано-магнетитовая с ванадием	Трапповая толеит-базальтовая дифференцированная базитовая суб-формация	Стратиформные горизонты tmt руд	170	200	–	160	
		в т. ч.: Пудожгорское	170,0	–	–	62,0	
		Тубозерское	–	20,0	–	5,0	
		Щелочно-ультраосновная	Койкарско-Святнаволоцкое	–	180,0	–	95,0
	Тикше-Еletzозерский комплекс		–	–	40	9	
	в т. ч.: Тикшеозерский		–	–	–	–	
		Ритмично-расслоенная и дифференцированная базит-гипербазитовая	уч. Восточный (ар-tmt в пироксенитах)	–	–	22,0	6,0
Еletzозерский	–		–	–	–		
	Ритмично-расслоенная и дифференцированная базит-гипербазитовая	Восточное и Западное рудное поле (ар-tmt-ilm в габброидах)	–	–	18	3,0	
		Бураковский Кааламо	Перспективы не ясны, возможно наличие крупных месторождений				
	Итого по рудной формации	Палаярвинский Травяная Губа	–	4,0	10,0	1,0	
	Итого по рудной формации		170	205	50	170	
Сульфидная платиноидно-медно-никелевая	Дифференцированная гипербазитовая, базит-гипербазитовая	Интрузивный тип	1,55	9,6	3,0	–	
		в т. ч.: Лебяжинское	0,85	4,6	–	–	
		Восточно-Вожминское и др.	0,7	2,0	2,0	–	
		Коматитит-базальтовая	Светлозерское	–	3,0	–	–
	Рыбозерское		–	–	1,0	–	
	Коматититовый тип		–	1,4	–	–	
		Коматитит-базальтовая	в т. ч.: Золотопорожское	–	0,25	–	–
Лещевское	–		0,15	–	–		
Западно-Рыбозерское	–		–	–	–		
	Итого по рудной формации	Хаутаваарское	–	1,0	–	–	
	Итого по рудной формации		2	11	3	–	
Платиноидно-содержащая медно-молибден-порфировая	Габбро-диорит гранодиоритовый	В т. ч.	¹⁸⁷ Os – 83 кг в молибдените				
		Лобаш	–	–	–	–	
		Пяяваара	–	–	–	–	
		Ялонваара	–	–	–	–	
		Виетуккалампи	–	–	–	–	

Окончание табл. 2

Подгруппа рудно-формационного типа	Магматические и геологические формации	Геологические объекты	Прогнозные ресурсы, т			
			ЭПГ по категориям			Au
			P ₁	P ₂	P ₃	
Платино-полиметалльные в углеродистых сланцах и их метасоматитах	Онежский тип Ураноносные ванадиевые альбит-карбонатные метасоматиты зон СРД в высокоуглеродистых вулканогенно-осадочных породах лодиковия	Падминский подтип				
		Онежская впадина	5	1	95	70
		Рудопроявления и месторождения	4,7	1,1	–	4,1
		(Самойленко, 1994)				
		в т. ч. Средняя Падма				
			459 кг Re + ¹⁸⁷ Os в молибдените			
			1,42	–	–	1,08
		Верхняя Падма	0,15	–	–	0,12
		Весеннее	0,51	–	–	1,04
		Царевское	1,27	–	–	0,21
		Космозеро	0,60	–	–	0,38
Шульгиновское	0,72	–	–	0,56		
Пигмозерская СРД	–	0,47	–	0,31		
Уницкая СРД	–	0,62	–	0,42		
Потенциальные рудные узлы зон СРД (Савицкий, 1996)	–	–	95,0	66,0		
Пана-Куолаярвинская структура						
	Перспективы не ясны, оценка не дается					
Итого по рудной формации	5	1	95	70		
	459 кг Re + ¹⁸⁷ Os в молибдените					
Всего по объектам с сопутствующей платинометалльной минерализацией	177	227	253	245		
Всего по Республике Карелия	185	357	653	245		

Примечание. 1. Все итоговые цифры прогнозных ресурсов (графы 4–7) по комплексам, формационным типам и РК округлены. 2. Прогнозные ресурсы золота для расслоенных интрузий (* – малосульфидный и хромитовый типы) не оценивались ввиду неопределенности генезиса и минерального типа, уровня содержаний Au и ненадежности аналитических данных. 3. Использованы фондовые материалы: Сафронова, 1988; Клонин, 1994; Самойленко и др., 1994; Савицкий и др., 1996; Тытык и др., 1997; Гриневич и др., 2000.

его еще очень низка, и поэтому оценка ресурсов ЭПГ на уровне 420 т в значительной степени занижена. Весь подход к оценке ресурсов этого объекта построен на основании изучения разреза базитовой части расслоенных серий Аганозерского блока. На современном уровне эрозионного среза на нее приходится лишь 15% площади блока, и представлена она донными фациями, содержание летучих в которых должно быть наиболее низким. Обстоятельства сложились так, что оценка всего массива дается по участку, доступному для изучения вследствие малой глубины залегания наиболее перспективных горизонтов и зон, но являющемуся, по нашему мнению, наименее перспективным. Поэтому основные перспективы массива на ЭПГ должны быть связаны с его Бураковским и Шалозерским блоками. Изучение последнего предпочтительнее, так как он более эродирован и, следовательно, лучше доступен для исследования. Суммарные ресурсы Бураковского лополита оценены на уровне 420 т (табл. 2).

С расслоенными массивами Олангской группы также связаны значительные перспективы. Ресурсы ЭПГ в них оцениваются на уровне 118 т (табл. 2). Степень изученности массивов различная. Лучше всего исследован массив Луккулайсваара, где проводились поисково-оценочные работы. По результатам этих работ выделены перспективные участки и подсчитаны ресурсы наиболее высокой категории P₁ в количестве 8 т. Интрузив Кивакка расположен в охранной зоне национального парка «Паанаярви» и пока практической зна-

чимости иметь не может. Интрузив Ципринга практически не изучен, но по составу исходного расплава и характеру расслоенных серий он отличен от Луккулайсваары и Кивакки. За аналог его может быть принят массив Скергаард, на котором в последние годы выявлены два сближенных горизонта платинометалльного и золотого оруденения.

Перспективы платиноносности Карелии могут быть значительно расширены за счет слабоизученных новых формационных типов – Уницкого подтипа Онежского типа (стратиформные залежи) и щелочно-ультраосновного.

Платиноносность щелочно-ультраосновной магматической формации практически не изучена. Находки богатейших уникальных по запасам платиновых россыпей в Сибири заставили пересмотреть металлогеническую специализацию этой магматической формации. В Карелии она представлена двумя многофазными крупными массивами Тикшеозеро и Елетьозеро. С расслоенными сериями ультраосновной фазы могут быть связаны проявления ЭПГ собственно платиноидного типа и сопутствующего титаномагнетитового. По последнему, насколько это позволяют имеющиеся аналитические данные, дана оценка на уровне 40 т (табл. 2). Со щелочной и карбонатитовой фазами можно ожидать проявление золотой и отчасти платинометалльной минерализации палладиевого типа, ресурсы из-за слабой обоснованности не оценивались.

Все названные перспективные рудно-формационные типы связаны с нижнепротерозойским этапом активизации кратона. Платиноносность

верхнеархейских лопийских зеленокаменных поясов изучена недостаточно. Пока исследована лишь сульфидная Cu-Ni рудная формация, представленная интрузивным типом (Вожозерская группа месторождений) и коматитовым типом (Золотопорожское и Хаутаваарское рудопроявления). Ресурсы ЭПГ, связанные с данной формацией, незначительны (табл. 2), самостоятельного значения не имеют и могут быть реализованы только при разработке месторождений Cu-Ni руд. Установленный на участке Рыбозеро платиносодержащий хромитовый тип в связи с дифференцированным гипербазитовым интрузивом изучен слабо, перспективы его не ясны, рассчитывать на выявление крупного объекта, видимо, не следует.

Общие ресурсы ЭПГ Республики Карелия по всем формационным типам оценены на уровне 1200 т, им сопутствует золотое оруденение, доля которого значительна – около 20% от ресурсов ЭПГ. Преобладает платино-палладиевый мине-

ральный тип руд. Источником изотопа ^{187}Os являются комплексные месторождения как верхнеархейского (Лобашский тип), так и нижнепротерозойского (Падминский тип) возраста. Наличие в молибдените радиогенного Os резко повышает ценность руд этих объектов. Себестоимость 1 г изотопа по разным источникам колеблется от 14 до 50 тыс. долларов США. Потребление его ограничено, спрос не известен, что не позволяет произвести экономическую переоценку месторождений. Приведенные сведения убедительно доказывают, что Карелия является новой крупной платиноносной провинцией России с золотосодержащей палладиевой геохимической специализацией, потенциал которой требует дальнейшего изучения.

Авторы признательны за консультации при классификации объектов по рудно-формационным типам сотрудникам Института геологии КарНЦ РАН – В. Д. Слюсареву, М. М. Лаврову, В. И. Иващенко, Л. В. Кулешевич.

ЛИТЕРАТУРА

Беляцкий Б. В., Богачев В. А., Голубев А. И. и др. Новые данные по U-Pb и Sm-Nd изотопному датированию архейских и раннепротерозойских магматических комплексов Карелии // Общие вопросы расчленения докембрия. Материалы III Всерос. совещ. Апатиты, 2000. С. 42–44.

Буйко А. К., Левченков О. А., Турченко С. И., Друбецкой Е. Р. Геология и изотопное датирование раннепротерозойского сумийско-сариолийского комплекса Северной Карелии (Паанаярви-Ципрингская структура) // Стратиграфия, геологическая корреляция. 1995. Т. 3, № 4. С. 16–30.

Булавиц А. В. Закономерности размещения комплексного ванадиевого оруденения в структурах Онежского прогиба: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Л., 1990. 26 с.

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

Гриневич Н. Г. Отчет по теме «Разработка петрологической модели расслоенного Бураковско-Аганозерского массива ультраосновных – основных пород на основе обобщения материалов ГГК – 200, ГГК – 50». Петрозаводск, 2000. Книги 1, 2, 3. Инв. № 557-1-3.

Додин Д. А., Чернышов Н. М., Яцкевич Б. А. Платинотетраметалльные месторождения России. СПб., 2000. 755 с.

Иващенко В. И., Лавров О. Б. Рудогенез и благороднометалльный потенциал Ялонварского вулканоплутонического комплекса архея Карелии // Тез. 1-го Всерос. палеовулк. симпозиума. Петрозаводск, 2001. С. 110–111.

Клюнин С. Ф. Отчет о результатах поисковых работ на благородные металлы с попутными поисками алмазов и других полезных ископаемых в пределах Олангской группы массивов, проведенных в 1987–1993 гг. Мончегорск, 1994. Карельский ТФГИ. Инв. № 194.

Кухаренко А. А., Орлова М. П., Богдасаров Э. А. Щелочные габброиды Карелии. Л., 1969. 183 с.

Савицкий А. В. Отчет по теме № 318 «Оценить перспективы промышленной платиноносности углеродистых формаций Прионежского района». СПб., 1996. Книга 1. Инв. № 468.

Самойленко Ю. А., Новиков Ю. Н., Куринко Д. В. Отчет о результатах предварительной разведки месторождения Средняя Падма с подсчетом запасов пентаоксида ванадия и попутных компонентов по категориям С₁ и С₂. Пос. Чебино – Санкт-Петербург, 1994. Книга 1, 2. Инв. № 239.

Сафронова Г. П. Щелочные комплексы Карелии, их рудоносность и локальное прогнозирование (Сев. Карелия, Приладожье). Тема № 99. Книга 1. ИГ КарНЦ РАН, ф. 13, д. 991. Петрозаводск, 1988.

Семенов В. С., Коптев-Дворников Е. В., Берковский А. Н. и др. Расслоенный трактолит-габбро-норитовый интрузив Ципринга, Северная Карелия: геологическое строение, петрология // Петрология. 1995. Т. 3, № 6. С. 645–668.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Филиппов Н. Б. Платиноидно- и золотосодержащие ванадий-титаномангнетитовые месторождения в дифференцированных габбродолеритовых интрузиях Карелии // Платина России. М., 1999. Т. III, кн. 2. С. 200–211.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Филиппов Н. Б., Петров С. В. Результаты технологических исследований золото-платиноидных титаномангнетитовых руд Пудожгорского месторождения Карелии // Руды и металлы. 2002. № 1. С. 47–55.

Тытык В. М. и др. Отчет о результатах геологоразведочных работ 1 этапа (предварительная разведка), проведенных на Лебяжинском, Светлозерском, Восточно-Вожминском и Золотопорожском Cu-Ni и Северо-Вожминском Cu-Zn месторождениях в Сегежском и Медвежьегорском районах Республики Карелия в 1990–1994 гг. по договору с Текобанком (объект Кивиярви). Петрозаводск, 1997. КТФГИ. Инв. № 456.

Шеглов А. Д., Москалева В. Н., Марковский Б. А. и др. Магматизм и металлогения рифтогенных систем восточной части Балтийского щита. СПб., 1993. 244 с.

Koptev-Dvornikov E. V. Usage of the convective-cumulative model for simulation of the layered intrusions crystallization // Petrology and Metallogeny of Volcanic and Intrusive Rocks of the Midcontinent Rift System (Field conference and Symp. 1995 JGCP Projret 336). Duluth, 1995. P. 85–86.