

КАРЕЛЬСКАЯ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ ПРОВИНЦИЯ – МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ XXI ВЕКА СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Голубев А.И., Иващенко В.И.

Институт геологии КарНЦ РАН, г.Петрозаводск

KARELIAN NOBLE-METAL PROVINCE: 21st CENTURY MINERAL RAW MATERIALS POTENTIAL OF NORTHWEST RUSSIA

Golubev A.I., Ivashchenko V.I.

Institute of Geology, KarRC, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk

Abstract. Major ore-formation and genetic types of Karelia's noble-metal deposits and occurrences are characterized on the basis of extensive data and analysis of the available literature. For example, a low-sulphide platinum-palladium type in layered plutons was identified for platinum-metal mineralization; a platinum-palladium titanomagnetite type with gold and vanadium in gabbro-dolerites (Pudozhgora type); a polygenic Cu-U-Mo-V-platinum-palladium type with gold in albite-carbonate metasomatic rocks from carbonaceous-shale units in folding and faulting zones (Padma type); and an orogenic mesothermal type and a porphyry type in shear zones. Complex auriferous ore bodies, which contribute about 1000 t of gold to the region's noble-metal potential, are also identified. New evidence for Au, Pt and Pd concentrations in the Koikary-Svyatnavolok intrusive unit of a trapp formation and the Burakovsky layered pluton is presented. Expected gold and platinum resources in association with a titanomagnetite ore formation in the Onega depression are estimated. Total expected PGM (2000-4400 t) and gold (~2000 t) resources were calculated for the Karelian noble-metal province and their industrial development prospects are discussed. The gold metallogenic potential of the province is associated with Proterozoic structures and with the Svecofennian ore formation epoch by analogy with Finnish and Swedish territories. The Onega Ore Province is the largest noble-metal territory with estimated PGM resources of 1800-4000 t and gold resources of ~1200-1500 t that make up over 80% of these types of Karelia's resources. The mining of prospective complex noble-metal deposits will undoubtedly contribute to the development of the mining industry of Karelia and Northwest Russia.

В настоящее время минерально-сырьевая база золота и МПГ (металлов платиновой группы) России представлена коренными и россыпными месторождениями, расположенными преимущественно в заполярных областях ее северных и северо-восточных регионов и в меньшей степени на Урале и в Сибири (Додин и др., 1999; Кривцов и др., 2002 и др.). В экономическом аспекте она все более и более становится интегрированной в соответствующую мировую систему минерально-сырьевых ресурсов и развивается, подчиняясь глобальным в планетарном масштабе закономерностям изменений объемов добычи и производства благородных металлов.

За всю историю человеческой цивилизации добыто ~ 130-140 тыс. т золота. Современное мировое производство золота составляет ~2600 т, потребление >3000 т в год. Структура его потребления в последние годы мало меняется (%): ювелирное производство – 73-77; электронная и электротехническая промышленность – 12-14; стоматология – 0,3-4,5; чеканка монет и др. – 9-10 (Минеральное сырье..., 1999). Цена на золото в зависимости от состояния мировой экономики сильно варьирует и на начало 2011 г составляет ~1400 дол. за тройскую унцию или >40 дол./гр

(<http://www.forexpf.ru/chart/gold/>). Мировые запасы золота превышают 100 тыс. т. Около 90% из них сосредоточены в семи государствах (ЮАР – 56,3%, США – 13,4%, Россия – 7-8%, Бразилия – 6,4%, Канада – 4,5%, Австралия – 4,4%, Папуа Новая Гвинея – 2,5%) и связаны главным образом с коренными месторождениями золота. В США, Канаде, Австралии и особенно Папуа Новой Гвинеи значительная часть запасов золота заключена в комплексных рудах медных, медно-никелевых и полиметаллических месторождений (Сафонов, 1997 и др.). Наиболее крупными производителями золота являются – ЮАР, США, Австралия, Канада, Китай, Россия, Индонезия, Узбекистан.

Прогнозные ресурсы золота России оцениваются в ~18 тыс. т и по этому показателю страна занимает второе место в мире после ЮАР. Ещё 1,5 тыс. т ресурсов прогнозируется в комплексных месторождениях с попутным золотом. По запасам же золота Россия занимает третье место в мире после ЮАР и США. Основу ее минерально-сырьевой базы золота составляют месторождения Сибири и Дал. Востока, где сосредоточено ~75% разведанных запасов, более трёх четвертей из которых связано с коренными месторождениями золота, 11,4% – с россыпями золота, 7,7% – с корен-

ными месторождениями комплексных золотосодержащих руд (О воспроизводстве..., 2005). Среднее содержание золота в рудах российских коренных месторождений составляет 3,73 г/т, а в разрабатываемых – 3,96 г/т, что выше, чем в эксплуатируемых месторождениях ведущих золотодобывающих стран мира. Значительная доля запасов представлена высокомышьяковистыми рудами с «упорным» золотом и сосредоточена в месторождениях, расположенных в районах с неблагоприятными климатическими условиями и неразвитой инфраструктурой (О воспроизводстве..., 2005).

Несмотря на то, что минерально-сырьевая база золота России достаточно велика в нераспределенном фонде недр практически не осталось крупномасштабных золоторудных объектов. В XXI в. погашение запасов золота устойчиво превышает их прирост, что предопределяет острую необходимость наращивания запасов преимущественно в регионах с развитой инфраструктурой путем открытия коренных месторождений золота традиционных промышленных типов, а также нетрадиционных, ориентированных на крупнообъемную добычу руд открытым способом с применением прогрессивных технологий переработки (О воспроизводстве..., 2005). Одним из таких регионов, несомненно, является Карелия, где производственными и научно-исследовательскими организациями выявлено около 200 золоторудных объектов (5 мелких месторождений) (Минерально-сырьевая..., 2005) и научно обоснована ее перспективность на промышленное золото более значительных масштабов (Афанасьева и др., 1998; Кожевников и др., 1997; Иващенко, 2006; 2010 и др.).

С конца прошлого века и по настоящее время мировые добыча, производство и потребление МПГ последовательно возрастают, достигнув ~500 т в год. Структура потребления платиноидов крайне разнообразна (катализаторы, ювелирное дело, энергетика, электроника, автомобильная, химическая, медицинская и стекольная промышленность и др.). К тому же они являются безальтернативными конструкционными материалами в водородной энергетике. Вследствие этого цены на МПГ, испытывая иногда резкие колебания, все же неуклонно растут, составляя в настоящее время для платины – ~1800 дол за тройскую унцию (58 дол/гр), палладия – ~830-840 дол (27 дол/uh) (<http://www.forexpf.ru/chart/platinum/>). Самым дорогим из платиноидов является ^{187}Os – 200 тыс. дол/гр.

Конъюнктура мирового производства платиновых металлов из первичного рудного сырья определяется тремя странами ЮАР, Россией и Канадой. К основным производителям МПГ относятся компании Anglo American Platinum, Норильский Никель, Stillwater Mining Company, Implats и Lonmin PLC. Они обеспечивают около 95 % мирового производства платины и 87 % – палладия. Вместе с тем, по оценкам подтвержденных запасов, подобное соотношение в производстве МПГ между этими странами может резко из-

мениться уже в ближайшие годы в сторону абсолютного доминирования ЮАР в результате наращивания ею добычи и производства МПГ из руд уникального платиноносного комплекса Бушвельд.

Россия обладает значительными запасами МПГ, являясь второй в мире (после ЮАР) платиновой державой. Прогнозные ресурсы МПГ в России составляют ~9–10 тыс. т., то есть, ~20% от мировых – 50–60 тыс. т. (О воспроизводстве..., 2005). Около 70% российских ресурсов МПГ сосредоточено в комплексных Cu-Ni месторождениях Талнахского и Норильского рудных районов и примерно 20% прогнозируется в Карело-Кольском регионе преимущественно в платинометалльных месторождениях малосульфидного типа.

Минерально-сырьевая база МПГ России достаточна для удовлетворения собственных потребностей в обозримом будущем, но практически вся она находится в распределенном фонде, в руках одной компании-монополиста в секторе добычи платиноидов. При этом 54–60% добываемого в норильских месторождениях сырья – это богатые руды. Производство МПГ в России, почти полностью базирующееся на Норильских Cu-Ni месторождениях, обладает определенной уязвимостью из-за значительных потерь в ходе их попутного извлечения при производстве никеля и меди и вследствие неизбежного снижения доли богатых руд в общем объеме добычи (Додин и др., 1999). Такая стратегия добычи предопределяет постепенное снижение качества остаточных запасов и может впоследствии вызвать спад производства МПГ и утрату Россией положения одного из лидирующих мировых продуцентов платиноидов. Обеспеченность запасами других МПГ-добывающих регионов (Печенгского рудного района, Хабаровского края, Корякии), по сравнению с Норильским – крайне незначительна. Всё это диктует необходимость создания в стране альтернативных минерально-сырьевых баз МПГ, в том числе с нетрадиционными для России типами руд. Наиболее перспективным регионом в этом аспекте является СЗ России и прежде всего – Карелия, как регион с наиболее благоприятными географо-климатическими условиями и развитой инфраструктурой, где уже открыто несколько МПГ месторождений с прогнозными ресурсами ~2000 т (Трофимов и др., 2002). Открытие и металлогенетические исследования многочисленных золоторудных и платинометалльных объектов на территории Карелии (рис.), позволили обосновать ее в качестве новой перспективной благороднометалльной провинции СЗ России (Трофимов и др., 2002; Голубев, 2006 и др.), характеризующейся значительным типовым разнообразием соответствующего оруденения.

Рудно-формационные типы и прогнозные ресурсы платинометалльного оруденения Карелии

Наиболее перспективными типами МПГ оруденения Карельского региона (табл.1) являются:

Таблица 1. Рудно-формационные типы платиноносных объектов Карельского региона
Table 1. Ore-formation types of platiniferous units of the Karelian region

Рудные формации	Тип, подтип	Геологические формации	Месторождения, проявления	Возраст млн лет
1. Класс эндогенных месторождений				
1.1 Собственно-магматическая группа				
Малосульфидная платинометаллическая	Платино-палладиевый	Мафит-ультрамафитовая (расслоенные комплексы)	Бураковское, Луккулайсваара, Кивакка, Ципринга и др.	U-Pb 2449±1,5 U-Pb 2442±1,9 U-Pb 2444±1 U-Pb 2442,3±1,7
		Диорит-габбровая	Кааламо, Сурисуо	U-Pb 1883,3±5,2
Платино-содержащая хромитовая	Платино-палладиевый с Ru-Os	Мафит-ультрамафитовая	Бураковский (ГХГ)	U-Pb 2449±1,5
	Платино-палладиевая с Au	Ультрамафитовая (дифференц-ая)	Рыбозерская структура	Верхний архей
Платино-содержащая титаномагнетитовая с ванадием	Платино-палладиевый с золотом	Трапповая толеит-базальтовая, (габбродолеритовая)	Пудожгорское, Койкарско-Святнаволоцкое	U-Pb 1984±8 U-Pb 1983,4±6,5
		Габбро-пироксенитовая	Хаутоваарская структура	
	Палладиево-платиновый с Au	Щелочно-ультрасосновная	Тикше-Ельтьозерский комплекс	1900-1800
		Мафит-ультрамафитовая	Палаярвинское, Травяная губа	
1.2 Постмагматическая группа				
Сульфидная платиноидно-медно-никелевая	Платино-палладиевый с Ir, Ru, Rh	Мафит-ультрамафитовая (плутоническая)	Лебяжинское, В.Вожминское, Светлозерское	Верхний архей
	Платино-палладиевый с Au	Коматиит-базальтовая	Золотопорожское, Хаутаваара Cu-Ni	Верхний архей
Золото-платиноидно-содержащая медно-молибден-порфирировая	Re - ¹⁸⁷ Os радиогенный в молибдените	Диорит-гранодиорит-гранитовая	Лобаш, Пяяваара Ялонваара	U-Pb 2807,7±1,4 Re-Os 2772±11 Re-Os 2741±11
	Полисульфидный с Au, Pt и Pd	Серицит-биотитовые метасоматиты	Ялонваара, Хатуноя	
2. Класс полигенных месторождений				
Платино-полиметаллическая в черных сланцах и метасоматитах (онежский тип)	Cu-U -Mo-V платино-палладиевый с Au и ¹⁸⁷ Os (падминский п.т)	Альбит-карбонатные метасоматиты зон СРД в черных сланцах	Ср. Падма, Вер. Падма, Весеннее, Царевское, Космозеро	U-Pb 1724±42
	Платино-палладиевый с Ir, Rh, Au (уницкий подтип)	Сульфидно-углеродистые сланцы	Уницкий	

Прогнозные ресурсы благородных металлов в Бураковского плутоне по данным ОАО «Норит» составляют ~600 т (табл. 2), по другим оценкам (Логинов и др., 2007) – ~2000 т.

магматические малосульфидный платино-палладиевый в расслоенных плутонах (Бураковский, Олангская группа) и платино-палладиевый с золотом в габбродолеритах (Пудожгорская и Койкарско-Святнаволоцкая интрузии); постмагматический платино-палладиевый с Ir, Ru, Rh в мафит-ультрамафитовых

массивах (Лебяжинское, В.Вожминское, Светлозерское) и полигенный Cu-U-Mo-V-платино-палладиевый с Au (падминский подтип) в альбит-карбонатных метасоматитах черносланцевых толщ зон складчато-разрывных дислокаций (СРД) и смятия (Падма, Весеннее, Царевское, Космозеро и др.).

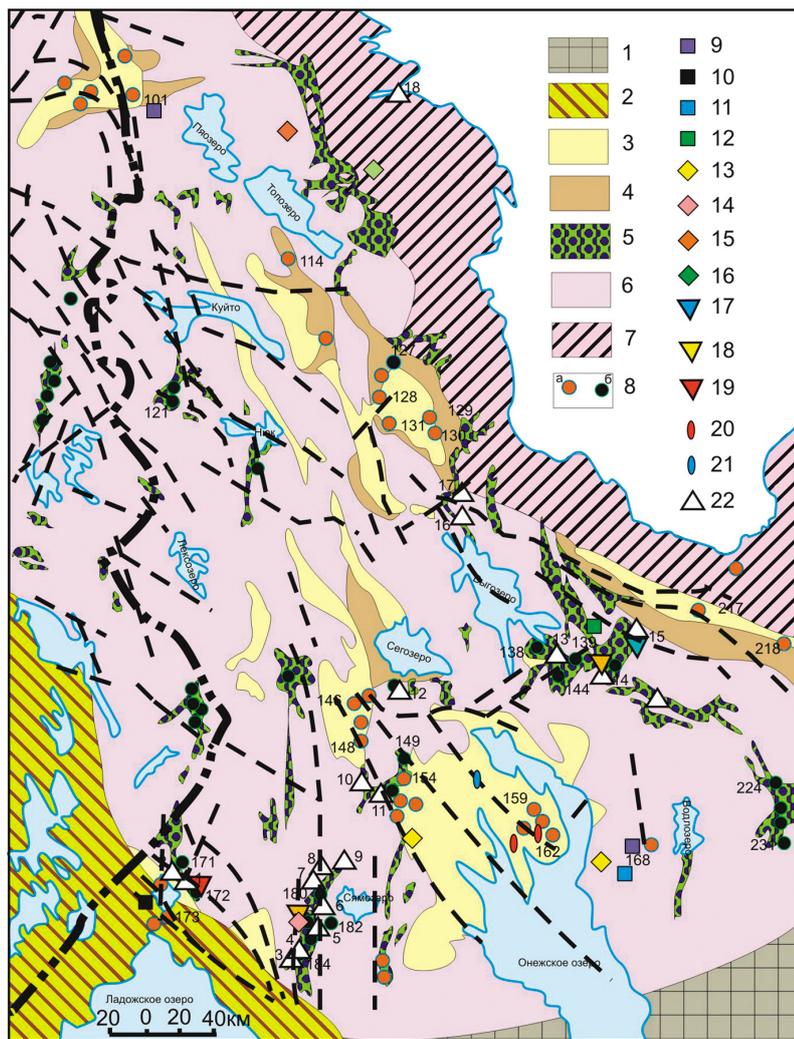


Рис. Схема размещения золоторудных и золотосодержащих месторождений и проявлений на территории Карелии.

1 – платформенный чехол; 2 – Свеккофенский складчатый пояс; 3-6 – Карельская гранит-зеленокаменная область: 3 – ятулий, людиковый, калевий, вепсий нерасчлененные, 4 – сумий и сариолий нерасчлененные, 5 – лопий, 6 – комплекс основания; 7 – Беломорский мобильный пояс; 8 – золоторудные месторождения и проявления: а – протерозойские, б – архейские: 101-231 – золоторудные объекты (101 – Майское; 114 – Шомбозерское; 121 – Таловейс; 127 – Лобаш-1; 128 – Нигалма; 129 – Шуезерское; 130 – Риговаракка; 138 – Заломоевское; 139 – Южно-Заломоевское; 144 – Рыбозерское; 146 – Питкулампиное; 148 – Ятулий-1; 149 – Педролампи; 154 – Эльмус; 159 – Весеннее; 162 – Козмозерское; 168 – Меридиональная зона; 171 – Соанварское; 172 – Ялонвара, Хатуноя; 173 – Пякюля, Янис; 180 – Центральное; 182 – Новые Пески; 184 – Ведлозерское; 217 – Нименга; 218 – Кожозерское; 224 – Надвиговое; 231 – Кенозерское); 9-21 – рудно-формаце типы МПГ оруденения (9-16 – собственно-магматическая группа; 17-19 – постмагматическая группа; 20-21 – полигенная группа): 9,10 – платино-палладиевый (9 – мафит-ультрамафитовый в расслоенных комплексах, 10 – диорит-габбровый); 11 – платино-палладиевый с Ru-Os мафит-ультрамафитовый в расслоенных комплексах; 12-14 – платино-палладиевый с Au: 12 – ультрамафитовый, 13 – трапповый толеит-базальтовый, 14 – габбро-пироксенитовый; 15,16 – палладиево-платиновый с Au: 15 – щело-чно-ультраосновой, 16 – мафит-ультрамафитовый; 17 – платино-палладиевый с Ir, Ru мафит-ультрамафитовый; 18 – платино-палладиевый с Au коматиит-базальтовый; 19 – полисульфидный с Au, Pt и Pd диорит-гранодиорит-гранитовый; 20 – Cu-U-Mo-V платино-палладиевый с Au альбит-карбонатных метасоматитов зон СРД в углеродистых сланцах; 21 – платино-палладиевый с Ir, Au сульфидно-углеродистых сланцев; 22 – серноколчеданные месторождения и проявления: (1 – Ялонварское, 2 – Соанварское, 3 – Ведлозерское, 4 – Няльмозерское, 5 – Улялегское, 6 – Хаутаваарское, 7 – Шуйское, 8 – Планшет 6-8, 9 – Чалкинское, 10 – Корбозерское, 11 – Койкарское, 12 – Бергаул, 13 – Северо-Савинское, 14 – Золотопорожское, 15 – Северо-Вожминское, 16 – Парандовское, 17 – Идельское, 18 – Кивгуба).

лочно-ультраосновой, 16 – мафит-ультрамафитовый; 17 – платино-палладиевый с Ir, Ru мафит-ультрамафитовый; 18 – платино-палладиевый с Au коматиит-базальтовый; 19 – полисульфидный с Au, Pt и Pd диорит-гранодиорит-гранитовый; 20 – Cu-U-Mo-V платино-палладиевый с Au альбит-карбонатных метасоматитов зон СРД в углеродистых сланцах; 21 – платино-палладиевый с Ir, Au сульфидно-углеродистых сланцев; 22 – серноколчеданные месторождения и проявления: (1 – Ялонварское, 2 – Соанварское, 3 – Ведлозерское, 4 – Няльмозерское, 5 – Улялегское, 6 – Хаутаваарское, 7 – Шуйское, 8 – Планшет 6-8, 9 – Чалкинское, 10 – Корбозерское, 11 – Койкарское, 12 – Бергаул, 13 – Северо-Савинское, 14 – Золотопорожское, 15 – Северо-Вожминское, 16 – Парандовское, 17 – Идельское, 18 – Кивгуба).

Fig. Scheme showing the distribution of gold and auriferous deposits and occurrences in Karelia (Golubev et al., 2010).

1 = platform cover; 2 = Svecofennian foldbelt; 3-6 = Karelian granite-greenstone province: 3 = undivided Jatulian, Ludicovian, Kalevian and Vepsian, 4 = undivided Sumian and Sariolian, 5 = Lopian, 6 = basement complex; 7 = Belomorian mobile belt; 8 = gold deposits and occurrences: a = Proterozoic, b = Archaean: 101-231 = gold units (101 = Maiskoye; 114 = Shombozerskoye; 121 = Taloveis; 127 = Lobash-1; 128 = Nigalma; 129 = Shuezerskoye; 130 = Rigovarakka; 138 = Zalomaevskoye; 139 = Yuzhno-Zalomaevskoye; 144 = Rybozerskoye; 146 = Pitkulampi; 148 = Jatulian-1; 149 = Pedrolampi; 154 = Elmus; 159 = Vesenneye; 162 = Kosmozerskoye; 168 = North-south-trending zone; 171 = Soanvaara; 172 = Jalonvaara, Hatunoja; 173 = Päkyä, Janis; 180 = Tsentralnoye; 182 = Novye Peski; 184 = Vedlozerskoye; 217 = Nimenga; 218 = Kozhozerskoye; 224 = Nadvigovoye; 231 = Kenozerskoye); 9-21 = ore-formation types of auriferous deposits and occurrences (9-16 = magmatic group proper; 17-19 = postmagmatic group; 20-21 = polygenic group): 9,10 = platinum-palladium type (9 = mafic-ultramafic type in layered complexes, 10 = diorite-gabbro type); 11 = platinum-palladium type with Ru-Os, mafic-ultramafic type in layered complexes; 12-14 = auriferous platinum-palladium type: 12 = ultramafic type, 13 = trapp tholeiitic-basalt type, 14 = gabbro-pyroxenite type; 15,16 = Au-bearing palladium-platinum type: 15 = alkaline-ultramafic type, 16 = mafic-ultramafic type; 17 = Ir- and Ru-bearing platinum-palladium mafic-ultramafic type; 18 = auriferous platinum-palladium komatiitic-basalt type; 19 = Au- Pt- and Pd-bearing polysulphide diorite-granodiorite-granite type; 20 = Au-bearing Cu-U-Mo-V platinum-palladium type of albite-carbonate rocks of folding and faulting zones in carbonaceous shales; 21 = Ir- and Au-bearing platinum-palladium type of sulphide-carbonaceous shales; 22 = pyrite deposits and occurrences: (1 = Jalonvaara, 2 = Soanvaara, 3 = Vedlozero, 4 = Nyalmozero, 5 = Ulyalega, 6 = Hautavaara, 7 = Shuya, 8 = Planshet 6-8, 9 = Chalka, 10 = Korbozero, 11 = Koikary, 12 = Bergaul, 13 = Severo-Savinskoye, 14 = Zolotoporozhskoye, 15 = Severo-Vozhminkoye, 16 = Parandovo, 17 = Idel, 18 = Kivguba).

Малосульфидный платино-палладиевой тип оруденения приурочен к ритмично-расчлененным и дифференцированным мафит-ультрамафитовым комплексам. Наиболее перспективными объектами являются Бураковский плутон и интрузии Олангской группы на севере Карелии, контролируемые субширотной зоной глубинных разломов.

В *Бураковском плутоне* оруденение малосульфидного платинометалльного типа связано с сульфидсодержащими горизонтами верхней части клинопироксенитовой зоны и полосчатым уровнем габбро-норитовой зоны (Ганин и др., 1995). Количество сульфидов (халькопирит, пентландит, пирит, пирротин) в них колеблется от 1 до 3 %. Минералы МПП представлены теллуридами и висмутидами платины и палладия - мончеитом, котульскитом, меренскитом, собольевскитом, фрудитом, сопчеитом, а также Pd-Pt-мелонитом, туламинитом, куперитом, сперрилитом, Pd-кобальтином, сульфидами Os, Ir, Rh и минералами серии изоферроплатина-аваруит. Содержание МПП в микрорасчлененных горизонтах достигает 3 г/т в клинопироксенитовой зоне

и до 6 г/т в полосчатой подзоне при постоянном преобладании Pd над Pt. Среднее содержание МПП – 0,42 г/т, золота – 0,49. Между содержаниями платиноидов и сульфидов отмечается прямая корреляционная зависимость. Повышенные содержания благородных металлов отмечаются и в хромитовых рудах, слагающих главный хромитовый горизонт, протягивающийся более чем на 25 км (Крупнейшее месторождение., 2009). Аганозерское месторождение – самое крупное в России. По запасам хромовой руды оно сопоставимо с крупнейшим на постсоветском пространстве Кемпирсайским месторождением в Казахстане. На Шалозерском месторождении отмечается положительная корреляционная связь между геометрическими параметрами горизонтов хромовых и платинометалльных с золотом руд, сопровождающихся появлением залегающего выше горизонта Cu-Ni малосульфидных руд. Средние мощности горизонтов платинометалльных и Cu-Ni руд возрастают в юго-западном направлении, достигая 20,6 м. на участке Кукручей.

Таблица 2. Запасы и прогнозные ресурсы хромовых руд, благородных металлов, меди и никеля в Бураковском плутоне (Крупнейшее месторождение., 2009)

Table 2 Expected chromium ore, noble-metal, copper and nickel reserves and resources of the Burakovsky pluton (The largest deposit., 2009)

Месторождения и руды	Ед. изм.	Запасы				Ресурсы		
		B	C1	C2	B+C1+C2	P1	P2	P1+P2
Аганозерское месторождение								
Хромовые руды	млн. т.	0,67	11,0	17,0	28,67	177	–	177
Платиноиды и золото	т.		3,8	5,04	8,84	140	155	295
Шалозерское месторождение								
Хромовые руды	млн. т.			1,6	1,6	110	330	440
Платиноиды и золото	т.		0,3	2,36	2,66	46	245	291,2
Медь	тыс. т.		0,489	3,9	4,39	75,3	404	479,3
Никель	тыс. т.		0,428	3,5	3,93	76,0	404	480

В *расчлененных интрузивах Олангской группы* платинометалльное оруденение приурочено к норитовой серии дифференциатов.

В массиве Луккулайсваара выявлено семь рудных зон мощностью 12-150 м и протяженностью до 5 км, содержащих бедную сульфидную вкрапленность (1-2%) с МПП (Клюнин и др., 1994 и др.). Платиноидное оруденение ассоциируется с медно-никелевой минерализацией (пентландит-пирротин-халькопирит) в средней и нижней части норитовой серии и в микрогабброноритах верхней части. Содержание МПП достигает 1,5-2 и 20 г/т соответственно. Наиболее широкий спектр сульфидов и минералов МПП (сперрилит, меренскит, котульскит, майченерит, мончеит, теларггалит, сопчеит, маяжит, мертиит-II, изомертиит, брэггит и др.) отмечается в пегматоидных разновидностях микрогабброноритов.

В массиве Кивакка продуктивна на МПП зона ритмично расчлененных норитов с вкрапленностью (до 1%) сульфидов (халькопирит, пентландит, пирротин, виоларит, пирит, сфалерит, борнит, халькозин, галенит). Аномальное содержание МПП приурочено к трем уровням. Первый связан с оливинсодержащими пироксенитами нижней части разреза зоны, второй – с горизонтом пироксенитов в ее средней части; третий – с прослоем меланократовых норитов в ассоциации с лейкократовыми норитами ее верхней части. Мощность этих горизонтов – 1-30 м. Наиболее перспективен из них первый, представленный пачкой переслаивания оливиновых норитов и пироксенитов и анортозитов. Содержание Σ МПП не превышает 4,6 г/т (Pt/Pd – от 0:3 до 2:1). Минералы МПП и золота (меренскит, мончеит, котульскит, сперрилит, сам. золото, серебро) образуют микровключения в сульфидах.

Общие прогнозные ресурсы благородных металлов по Олангской группе проявлений составляют $(P_1+P_2) \sim 200$ т, в т. ч., золота – ~ 20 т (Голубев и др., 2010).

Платино-палладиевый титаномагнетитовый с золотом и ванадием тип оруденения связан с Fe-Ti-V месторождениями Пудожгорской 1984±8 и Койкарско-Святнаволоцкой пластовых интрузий габбродолеритов (1983,4±6,5 млн лет), расположенных в краевых частях Онежской структуры (Трофимов и др., 2002). Платиноидное и золотое оруденение представлено теллуридами Pt и Pd – котульским, меренским, сопчеитом, кейконнитом, сперилитом, самородным золотом и электрумом, ассоциирующимися с сульфидами (халькопирит+борнит) в титаномагнетитовых рудах, слагающих псевдостратифицированный горизонт мощностью около 20 м между габбровой (нижней) и диоритовой (верхней) зонами интрузий.

Содержания $\Sigma Au, MPP$ достигают 1,0-2,0 г/т при среднем ~ 928 мг/т для Пудожгорского и $\sim 1,0$ г/т для Койкарско-Святнаволоцкого месторождений. В пределах титаномагнетитового горизонта имеются слои мощностью 5-7 м, обогащенные МПГ со средним содержанием 1,5-2 г/т. В Пудожгорском месторождении обогащена нижняя часть рудного горизонта, а в Койкарско-Святнаволоцком – верхняя. Суммарные ресурсы (т) и средние содержания (г/т) БЭ для Пудожгорского интрузива соответственно составляют: Пудожгорское месторождение ($P_1=293,9$, Pt – 0,17, Pd – 0,43, Au – 0,32, $\Sigma БЭ - 0,93$); Тубозерское проявление ($P_1=264,4$, Pt – 0,09, Pd – 0,22, Au – 0,09, $\Sigma БЭ - 0,40$); для Койкарско-Святнаволоцкого ($P_1=343,6$, Pt – 0,31, Pd – 0,41, Au – 0,37, $\Sigma БЭ - 1,09$) и в целом для Пудожгорского магматического комплекса – $P_1 - 901,1$ (табл. 3).

Таблица 3. Ресурсы титаномагнетитовой руды и БЭ в интрузивах Пудожгорского комплекса Онежского рудного района (Трофимов, 2010)

Table 3. Titanomagnetite ore and noble-element resources in the intrusive units of the Pudozhgora complex, Onega Ore Province (Trofimov, 2010)

Запасы и ресурсы руды, млн. т.	Содержание основных компонентов %			Категории и ресурсы БЭ т	Содержание сопутствующих элементов, г/т			
	TiO ₂	V ₂ O ₅	Fe _{вал}		Pt	Pd	Au	$\Sigma БЭ$
Пудожгорское месторождение								
V+C ₂ – 316,7	8,14	0,43	28,9	кат. P ₁ 293,9	0,173	0,434	0,321	0,928
Тубозерское рудопроявление								
P ₁ – 661,1	8,66	0,42	28,7	кат. P ₂ 264,4	0,086	0,224	0,09	0,40
Итого по Пудожгорскому интрузиву								
977,8				558,3	0,14	0,353	0,212	0,705
Койкарско-Святнаволоцкий интрузив								
C ₁ +C ₂ 314,1	6,00	0,32	22,95	кат. P ₂ 343,6	0,312	0,409	0,373	1,094
Итого по комплексу								
1291,9				кат. P ₁ +P ₂ 901,9 в т.ч.	208,9т	407,9т	285,1т	

Примечание: ресурсы меди по категории P₁+P₂ по Пудожгорскому комплексу составляют 1,68 млн. т, при содержании 0,13% – приняты по аналогии с Пудожгорским месторождением.

Платино-палладиевый с Ir, Ru, Rh сульфидно-медно-никелевый тип оруденения установлен в верхнеархейских (лопийских) зеленокаменных поясах (ЗП) в связи с плутоническими ультрамафитами дунит-гарцбургитовой формации. Наиболее широко он проявлен в Каменноозерской и Рыбозерской структурах Сумозерско-Кенозерского ЗП (рис), где известно несколько никеленосных дифференцированных массивов (Вожминский, Кумбуксинский и Западно-Светлозерский) с сопутствующей благороднометалльной минерализацией. Эпигенетическое сульфидное Cu-Ni оруденение (пирротин, пентландит, виоларит, саффлорит, миллерит, пирит, хизлевудит, годлевскит, полидимит) приурочено к зонам наиболее измененных пород (тремолитизация, хлоритизация, карбонатизация, серпентинизация, оталькование). Содержание в нем МПГ составляет для Восточно-Вожминского месторождения – Pt-0,15 г/т, Pd – 0,22 г/т, для Лебяжинского – $\Sigma Pt, Pd - 0,5$ г/т.

Полигенный Cu-U-Mo-V-платино-палладиевый с золотом тип в альбит-карбонатных метасоматитах зон СРД в черносланцевых толщах развит в Онежской структуре (рис.). Зоны СРД представляют собой серию узких (2-5 км) антиклинальных структур протяженностью в десятки км, ориентированных параллельно главной оси рифта. Они трассируются зонами метасоматитов, внешние части колонок которых в вулканических породах представлены щелочно-амфиболовыми пропилитами, а тыловые – кварц-альбитовыми и слюдисто-карбонатными метасоматитами, вмещающими комплексное оруденение. Установлено шесть зон СРД в восточной части Онежского прогиба и, предположительно, по геолого-геофизическим данным, еще пять – в западной. Комплексное МПГ-содержащее оруденение локализовано в шунгитсодержащих сланцах и алевролитах нижней подсвиты заонежской свиты, на крутопадающих и опрокинутых крыльях и в сводовых частях

осевых (падминская, царевская) и фланговых (саврозерская) антиклиналей. Продуктивные зоны месторождений представлены окolorудно измененными породами, развитыми вдоль продольных субгоризонтальных участков объемного дробления (катаклиз, брекчирование, трещиноватость) алевролитов и сланцев заонежской свиты. Выделяются дорудные и рудные метасоматиты, в совокупности образующие зональный ореол, центральные части которого вмещают наиболее богатое золото-уран-ванадиевое оруденение. По Гурской Л.И. (2000) метасоматиты во внешних зонах ореолов представлены рибекит-доломит-альбитовыми, сменяющимися последовательно к их центру карбонат-роскоэлит-хромфенгитовыми (карбонатно-слюдистые метасоматиты) и хромфенгит-флогопит-роскоэлитовыми (слюдиты) ассоциациями. На долю двух внутренних зон приходится 95% объемов ванадиевого и уранового оруденения, где сконцентрированы также МПГ и золото. В среднем содержания МПГ составляют не более 0,2-0,3 г/т (Pt/Pd - 10/1), но на отдельных участках мощностью до 1,5-2,5 м выявлены ураганские концентрации (в г/т): Pt - 56, Pd - 140, Rh - 1, Au - 126. Минеральные формы платиноидов представлены висмутидами, селенидами, селеносульфидами Pd и Pt, среди которых выявлены новые минералы: падмаит-PdBiSe и судовикит-PtSe. (Гурская, 2000). Прогнозные ресурсы МПГ и золота в черносланцевых толщах Онежской структуры по разным оценкам (Савицкий и др., 1999; Додин и др., 1999; Трофимов и др., 2002) ввиду недостаточной изученности сильно варьируют – 100-1100 т.

Широкое распространение в пределах Карелии рудных объектов охарактеризованных ведущих формационно-генетических типов платинометалльного оруденения определяют ее как новый перспективный платиноносный регион России с прогнозными ресурсами МПГ (по разным оценкам) 2000-4400 т, являющийся или самостоятельной благороднометалльной провинцией, или составной частью более крупной Карело-Кольской провинции. Платиноносность провинции обусловлена заложением и развитием в палеопротерозое рифтовой структуры и последующими этапами ее активизации в интервале 2,5-1,7 млрд лет.

В Карельской благороднометалльной провинции имеется ряд крупных объектов, относящихся к ведущим (по запасам и потенциалу ресурсов МПГ) мировым рудно-формационным типам платинометалльного оруденения: малосульфидному в расслоенных интрузиях (Бураковский массив, Олангская группа) и черносланцевому (Онежская и Пана-Куолаярвинская впадины, структура Ветреный пояс), а также к новому перспективному типу – «пудожгорскому». По масштабности процессов магматизма и благороднометалльного рудообразования на первый план выдвигается Онежская структура, являющаяся в настоящее время наиболее

изученной, и вместе с обрамлением определяющаяся в металлогеническом аспекте как Онежский рудный район. Потенциал ресурсов МПГ рудного района оценивается в 1800-4000 т, что составляет >80% от общей оценки ресурсов территории Карелии (Голубев, 2006).

Генетические типы и прогнозныe ресурсы золотометалльного оруденения Карелии

Золоторудные месторождения и проявления на территории Карелии сосредоточены преимущественно в неоархейских и палеопротерозойских зеленокаменных поясах и свекофеннидах (рис.), соответствующие рудные объекты в пределах которых в генетическом аспекте практически идентичны. Они относятся к нескольким генетическим типам, главными среди которых являются орогенический мезотермальный, порфиоровый (intrusion-related), колчеданный (VMS) и эпитеpmальный (табл. 4). Их формирование происходило в неоархейскую (2,8-2,5 млрд. лет) и свекофеннскую (1,9-1,8 млрд. лет) металлогенические эпохи, частично в рифейскую и вендскую. Большинство золоторудных объектов Карельского региона в генетическом, возрастном и металлогеническом (характер размещения, геодинамические обстановки) аспектах тождественны соответствующим месторождениям золота сопредельных территорий Фенноскандинавского щита, но уступают им по масштабам. Вследствие этого, представляется целесообразным при металлогеническом анализе золотоносности Карельского региона и оценке его золоторудного потенциала использовать все наиболее важные разработки скандинавских геологов в этой области, в первую очередь генетическую типизацию месторождений и геодинамические и структурные закономерности их нахождения, а также рассматривать карельские золоторудные объекты в постоянном сопоставлении с их наиболее близкими аналогами на территории Финляндии.

Ведущим генетическим типом золоторудной минерализации на территории Карелии, как и в других докембрийских регионах является орогенический мезотермальный в зонах сдвиговых дислокаций (Eilu, 1999; Groves et al., 2003). Наиболее значимые и изученные месторождения данного типа в архейских зеленокаменных поясах на зарубежной части Фенноскандинавского щита находятся в золоторудном районе Иломантси (Финляндия) зеленокаменного пояса Ялонвара-Хатту-Иломантси. Крупнейшим среди них является месторождение Пампало (Au - 8,1 т, 7,3 г/т; добыто 1784 кг). В пределах российской части этого зеленокаменного пояса выявлено (КГЭ, ИГ КарНЦ РАН) несколько мезотермальных рудопроявлений золота – Хатуноя, Соаньйоки, Синкори, Пролонваара, Юваньйоки и др. (Ивашенко и др., 2004, Юдин, 2007), наиболее изученными и перспективными из которых являются проявления уч. Хатуноя в Ялонварской структуре (рис.).

Таблица 4 Генетические типы золоторудной минерализации Карельского региона
Table 4. Genetic types of gold mineralization of the Karelian region

Генетический тип	Геологические структуры	Возраст млрд. лет	Месторождения рудопроявления
Орогенический мезотермальный (мезозональный)	AR зеленокаменные пояса: Ялонвара-Иломанси, Костомукша, Сумозеро, Хаутоваара	AR 2,7	Рыбозеро, Педролампи, Хатуноя, Соанйоки, Хюрсюля, Фаддейнкелья
	PR зеленокаменные пояса: Лапландский (на территории Карелии)	PR 1,9-1,85	Майское, Кайралы, Воицкое, Шапочка
	Свекофеннский складчатый пояс: Сев. Приладожье	PR 1,87-1,83	Пякюля, Алатту, Янис, Райконкоски
Порфировый (Intrusion-related)	AR зеленокаменные пояса: Авнеозеро-Парандовский, Ялонвара-Иломанси-Костомукша	AR 2,8-2,7	Лобаш-1, Ялонвара, Хатуноя, Кадди-лампи, Заломоевское, Таловейс
	Свекофеннский складчатый пояс: Сев. Приладожье	PR 1,9-1,85	Алатту-Пякюля
VMS (колчеданный)	AR зеленокаменные пояса: Сумозерско-Кенозерский, Хаутоваарский	1,92-1,87	С.-Вожминское, Рыбозерское, Няльмозеро
Эпитермальный (+метаморфизм)	Свекофеннский складчатый пояс: Сев. Приладожье	PR 1,9-1,85	Араминлампи, Райконкоски
Скарновый	Свекофеннский складчатый пояс: Сев. Приладожье	PR 1,9-1,5	Кварцитовое, В.Люпикко
Палеороссыпи	Тунгудская, Янгозерская, Нименьга	1,9-1,8, 0,6-0,55	Маймьярви, Ятулий-1, Нигалма, Нименьга

Проявление Хатуноя приурочено к золотоносущим пирит-кварц-серицитовым, серицит-кварцевым с турмалином, хлоритом и биотитом метасоматитам, развитым по агломератовым туфам средне-кислого состава в субмеридиональной крутопадающей (70°) зоне сдвиговых дислокаций мощностью ~50 м, прослеживающейся по простиранию в естественных обнажениях и расчистках на 400 м, а по геофизическим данным – на 1,5 км. Рудные минералы представлены обильным пиритом, в меньшей степени халькопиритом, пирротинном, молибденитом, кубанитом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом и шеелитом. Спороадический в рудах встречается также висмуитин, арсенопирит, самородные медь и свинец. Самородное золото размером до 1 мм отмечается в сростании с халькопиритом и в обособленных выделениях, ассоциируясь с пиритовой (в меньшей степени с медно-полиметаллической) минерализацией и редко с висмуитином и арсенопиритом. Его состав по данным микронзондового анализа приближается к электруму (Au-69,29-68,83%; Ag-29,88-30,63%). Содержание золота по результатам штучного опробования варьирует в пределах 0,16-4,75 г/т, бороздowego опробования – 0,53 г/т (1,01 с учетом штучных проб) на инт. 8,6 м, 1,08 г/т на инт 1,90 м. Характер распределения золота и его размерность, вероятно, сильно варьируют, о чем свидетельствуют данные опробования методом пунктирной борозды одного и того же двухметрового интервала метасоматитов (в г/т) – 100,0, 0,80, 0,48, 0,80 (пробир. ан.: ЦНИГРИ, ИГ КарНЦ РАН). Кроме золота метасоматиты содержат серебро – до 40 г/т (среднее – 1,89) и МПГ – 0,38 г/т (пробир. ан.: ЦНИГРИ). Прогнозные ресурсы золота на уч. Хатуноя по категории P₂ до глубины 100 м равны 4,05-7,8 т

(Ивашенко и др., 2004), а в целом по всем известным золоторудным проявлениям российской части архейского зеленокаменного пояса Ялонвара-Хатуноя-Иломанси – 50 т (Юдин и др., 2007).

Среди золоторудных объектов мезотермального типа в других архейских зеленокаменных поясах Карельского региона по масштабам и степени изученности выделяются месторождения Рыбозеро и Педролампи (Минерально-сырьевая..., 2005 и др.).

Месторождение Рыбозеро расположено в Южно-Выгозерском зеленокаменном поясе (рис.). Ранее (Минерально-сырьевая..., 2005 и др.) оно относилось к золото-сульфидно-кварцевой прожилково-вкрапленной стратиформной рудной формации в коматиитах, базальтах и алюмокремнистых породах и при геолого-промышленной типизации сопоставлялось с золоторудными месторождениями типа Шеба. Однако его геолого-генетические особенности и характеристические параметры полностью соответствуют золоторудным месторождениям мезотермального орогенического типа в зонах сдвиговых дислокаций по (Groves et. al., 2003), что и предопределило правомочность его соответствующей типизации в настоящее время (Ивашенко, 2006; сайт Карелнедра). Оруденение на месторождении Рыбозеро контролируется субмеридиональной зоной (протяженность ~5 км) расщепления и метасоматических преобразований (пропилитизация, лиственитизация, березитизация), приуроченной к ядерной части синформы, сложенной лопийскими вулканитами (Минерально-сырьевая..., 2005). В метасоматитах оконтурено два крутопадающих линзовидно-пластовых рудных тела с прожилково-вкрапленным оруденением. Первое – преимущественно среди лиственитизированных основ-

ных и ультраосновных метавулканитов хлорит-талк-карбонатного состава, имеет среднюю мощность 1,5 м, прослеживаясь по простиранию на 850 м и падению – 300 м. Второе – примыкающее к висячему боку серноколчеданной залежи в пропицитизированных и березитизированных вулканитах среднего и кислого состава, при мощности 0,8 м прослеживается на 340 м по простиранию и 150 м по падению. Оруденение первого рудного тела представлено золотоносным (до 14 г/т) пиритом, халькопиритом, реже сфалеритом и самородным золотом (Минерально-сырьевая..., 2005; Кулешевич, Костин, 2003 и др.). Содержание золота в нем варьирует от 1,4 до 3,87 г/т (средневзвешенное – 2,32 г/т). Минеральный состав руд второго рудного тела более сложен – пирит, пирротин, халькопирит, галенит, арсенопирит, сфалерит, бурнонит, висмутин, тетраэдрит, алтаит, ульманит, колорадоит и самородное золото. Содержание золота в рудах – 1,0-2,6 г/т (максимальное – 14,0 г/т; средневзвешенное – 1,8 г/т). Возраст оруденения 2,6-2,7 млрд. лет (Pb/Pb метод по галениту). Запасы золота на месторождении Рыбозеро по C_2 составляют 3,28 т, прогнозные ресурсы по P_2+P_3 – 15 т (Минерально-сырьевая..., 2005).

Золоторудное месторождение Педролампи расположено в северной части Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, в зоне сочленения архейских и палеопротерозойских супракристалльных пород (Минерально-сырьевая..., 2005 и др.). Рудная минерализация приурочена к региональной зоне сдвиговых дислокаций северо-западного – субмеридионального простирания. Вмещающими породами являются тектонически проработанные (в зависимости от субстрата) пропицитизированные, березитизированные, окварцованные и турмалинизированные серицит-кварцевые, кварц-карбонат-слюдистые, хлорит-серицитовые, кварц-карбонат-хлоритовые сланцы верхнего лопия. Ранее (Афанасьева и др., 1999) месторождение относилось к золото-сульфидной стратиформной рудной формации в вулканогенных толщах дацит-риолитового состава и сопоставлялось с месторождением Хемло на Канадском щите. Продуктивная зона, оконтуренная по ореолам пиритизации, представляет собой согласный с зоной расланцевания крутопадающий линейный кварцевый штокверк шириной 35-40 м, прослеженный по простиранию на 400 м, по падению на 350 м (Новиков и др., 1997). Выделяемые в ее пределах рудные тела варьируют по мощности (1-7,0 м) и протяженности (п м-70 м). Оруденение малосульфидное пиритовое с самородным золотом в виде обособленных выделений размером до 1 мм и тонкодисперсных включений в пирите. Рудная минерализация представлена пиритом, халькопиритом, борнитом, ковеллином, галенитом, сфалеритом, молибденитом, пирротинном, самородным золотом, серебром, медью и сурьмой, электрумом, аргентитом, энаргитом, стибии-

энаргитом, антимонитом, дискразитом, анимики-том, кобальтином, теннантитом, тетраэдритом, гетероморфитом, арсенопиритом, черновитом, платинитом, гуанохуатитом, кубанитом, меренскитом, тетраферроплатиной, сперрилитом (Полеховский и др., 2002).

Содержание золота в рудных телах крайне изменчиво (1-46 г/т), местами до 80 г/т, при среднем по месторождению – 2,35 г/т. Запасы золота на месторождении Педролампи (по категории C_1+C_2 составляют 2,5 т, прогнозные ресурсы (по P_1+P_2) – 10 т (Минерально-сырьевая..., 2005).

Среди палеопротерозойских зеленокаменных поясов Фенноскандинавского щита наиболее крупными и важными по насыщенности месторождениями золота являются Лапландский и Печенга-Варзугский, хотя и в других (Карасьйоки, Каутокейно, Кируна, Куусамо, Перяпохья) также отмечаются промышленно значимые золоторудные объекты (Eilu, 1999). Рудовмещающие породы в них имеют возраст 2,4-2,1 млрд. лет, а золоторудная минерализация, относящаяся к мезотермальному орогеническому типу, – 1,9-1,8 млрд. лет.

На продолжении Лапландского зеленокаменного пояса в Карелии (Pankka, Vanhanen, 1989) в зоне сочленения Карельского кратона и Беломорского мобильного пояса (рис.) по состоянию изученности известно несколько незначительных по размерам золоторудных проявлений (Голубев, Кулешевич, 2001; Минерально-сырьевая..., 2005 и др.), по своим особенностям в большинстве своем отвечающим мезотермальному орогеническому типу. Часть из них локализована в Лехтинской структуре, которая по размерам (100x50 км), строению разреза и составу слагающих пород (верхнеятулийские и людиковийские лавы базальтов с горизонтами туфогенных образований и ассоциирующихся с ними карбонатных пород, силицитов, железистых осадков, графитистых алевролитов) сопоставима с золотоносной структурой Киттиля в Финляндии. В ее пределах выявлено более двух десятков проявлений золота с содержаниями до 2-4 г/т, не представляющих практического интереса: Вильямлампи, Муезеро, Колгеавара, Хохлозеро и др. (Леонтьев и др., 2003)

Рудопроявления в кварцевых конгломератах Железные Ворота, Нигалма, Когу, Чурож, Лобаш-ручей также имеют признаки тектонического контроля, приурочиваясь к зонам расланцевания с интенсивным проявлением окварцевания, серицитизации, хлоритизации и пиритовой минерализации (1-10%), сопровождаемой золотом. Наиболее высокие содержания золота (до 2-4 г/т) отмечаются в зонах метасоматоза S_3 простирания.

В юго-восточной части российского продолжения Лапландского зеленокаменного пояса в зоне сочленения Карельского кратона и Беломорид известно несколько мелких мезотермальных золоторудных объектов, включая отработанное месторождение Воицкое (Минерально-сырьевая...,

2005), и выявлено в последние годы ряд новых рудопроявлений – Шапочка, Кенозерское, Нижневолошовское, Надвиговое (Коровкин и др., 2003; Шевченко и др., 2007).

Зеленокаменный пояс Куусамо, включающий на территории Финляндии несколько мелких (субэкономических) месторождений мезотермального типа, в своей российской части характеризуется наличием ряда рудопроявлений золота и отработывавшегося в конце прошлого века месторождения Майское.

Месторождение Майское расположено в Лоухском районе в восточной краевой части Куолярвинского синклиория (рис.) и приурочено к субмеридиональной сдвиговой дислокации. Золотоносными являются кварцево-жильные зоны протяженностью 2,5-3 км, залегающие в основных вулканитах, претерпевших тремолитизацию, биотитизацию, альбитизацию, карбонатизацию и по данным А.А.Вольфсона (2004) гумбеитизацию. Крутопадающие (50-80°) мощностью до 5-6 м пластинообразные и линзовидные кварцевые жилы, местами четковидные с раздувами и пережимами, протяженностью 50-200 м вмещают от семи рудных тел с размерами от 0,1x0,5 м до 43x3-5,5 м. Оруденение золото-кварцевого малосульфидного типа ассоциируется с мелкозернистым гранулированным кварцем. Содержание рудных минералов (халькопирит, пирротин, пирит, маккинавит, кобальтин, кубанит, галенит, галено-клаусталит, сфалерит, гринокит, тетрадимит, теллуриды Ni, Pb, Au, висмутин, цумоит, теллурувисмутит, борнит, гессит, гетит, электрум, самородные золото, серебро и теллур, клаусталит, вавринит, штютцит, глаукодит, кобальтин, ковеллин, костибит, пентландит (Со-разновидность), арсенопирит, каломелит, ильменит, магнетит, марказит, сидерит, зигенит) – 0,5-1%, в отдельных гнездах – 3-5%. Продуктивной является золотоносная теллуридно-галенитовая минеральная ассоциация. Золото в виде чешуек, кристаллов, дендритов размером 0,01-1,5 мм; пробность 840-960. Более мелкие его выделения показывают существенное уменьшение пробности – вплоть до электрума. Содержание золота – крайне варьирующее – от следов до сотен г/т. Элементы-спутники золота – Cu (до 1 %), Pb (до 0,3 %), Ag (0,008 %), As (0,015 %), Sb, Bi, Mo, W. Руда легкообогатима, свыше 90% золота извлекается гравитационным способом. Запасы по С₂ до глубины 30 м – 196,8 кг при среднем содержании 7,625 г/т Au. Прогнозные ресурсы – 537 кг P₁+P₂. В 1995-97 гг. велась старательская добыча золота (АОЗТ «Вуосна» ЛТД) – 53,3 кг. (Минерально-сырьевая..., 2005).

Промышленное оруденение золота **порфирового типа** (*intrusion-related*) распространено на территории Карелии также как и в пределах всего Фенноскандинавского щита незначительно. Обычно оно является комплексным с низкими содержаниями золота. В архее это месторождения Лобаш-1 (5,06 т Au, 4,71 г/т; или 34,4 т Au, 0,46 г/т), Ялон-

вара и, вероятно, Таловейс и Заломаевское; в протерозое – проявление Алатту-Пякюля.

Месторождение *Лобаш-1* расположено в Тунгудско-Воингозерской структуре Авнеозеро-Парандовского зеленокаменного пояса (рис.) (Кулешевич и др., 2004; Минерально-сырьевая..., 2005). Штокверковая золоторудная минерализация локализована в экзоконтактовом ореоле гранитоидов на удалении 300-400 м от их кровли. Непосредственно в эндо-экзоконтакте гранитного плутона развито молибденовое оруденение (месторождение Лобаш). Возраст лобашских гранитов по циркону (ТИЭ, U/Pb) оценивается в 2807,7±1,4 – 2595,3±7,5 млн. лет (Иваников и др., 2000 и др.), а рудной минерализации: молибденит (Re/Os) – 2815-1570±85 млн. лет (H.Stein ун. шт. Колорадо, США; Покалов, 1992); галенит (Pb/Pb) – 1,9-1,5 млрд. лет (Кулешевич и др., 2004). Граниты интродуцируют субгоризонтально залегающие метавулканиты пезозерской серии лопия, представленные пластовым чередованием пород разной кремнекислотности при ограниченном распространении их кислых разновидностей – кварцевых порфиров. Последние слагают пластовые тела мощностью 1,0-30,0 м. Золотонесущая минерализация сосредоточена в карбонатсульфидно-кварцевых прожилках, жилах и зонах прокварцевания мощностью до 1-2 м, сопряженных с рассланцеванием, биотитизацией и пропицитизацией, интенсивно проявленными вдоль контактов пород разной кремнекислотности и особенно вблизи кварцевых порфиров и риодацитов (Минерально-сырьевая..., 2005). Рудоносный пологозалегающий штокверк размером 800x800 м прослеживается до глубины 250-300 м и характеризуется на весь свой объем повышенными содержаниями золота – 0,01-0,1 г/т. Более высокие его концентрации – до 1 г/т зафиксированы в нескольких зонах мощностью >10 м. В рудных телах, имеющих преимущественно линзовидно-пластовую морфологию со средней мощностью 0,9-1,8 м и протяженностью 20-235 м, среднее содержание золота составляет 4,71 г/т, меди – 0,4%, серебра – 10 г/т. Руды мелкозернистые полисульфидные (галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, пирротин, висмутотеллуриды, электрум, самородные золото и висмут) (Кулешевич и др., 2004). Запасы золота на месторождении по категории С₂ оцениваются в 5,06 т, серебра – 10,7 т, меди – 4,3 тыс. т (Минерально-сырьевая..., 2005). По переоценке, произведенной в 2010 г (Протокол заседания..., 2010), месторождение Лобаш-1 переведено в разряд крупнообъемных комплексных золотосодержащих со следующими содержаниями, запасами и ресурсами: золото – 0,46 г/т, С₂ – 34,4 т, P₁+P₂ – 209,7 т; медь – 0,18%, С₂ – 126,2 тыс. т, P₁+P₂ – 771,8 тыс. т.

Комплексное золотосодержащее порфировое месторождение *Ялонвара* расположено в Ялонварской структуре зеленокаменного пояса Ялонвара-Хатту-Иломанси (рис.). Во многом оно

сходно с месторождениями Лобашской рудно-магматической системы, значительно уступая им по запасам и содержаниям полезных компонентов. Прогнозные ресурсы золота для Ялонварского рудного поля по категории P₂ составляют ~20 т, содержание – ~0,2 г/т (Иващенко и др., 2004).

Золотосодержащие порфировые месторождения Карелии, вероятно, могут представлять экономиче-

ский интерес и как потенциальный источник редкого и чрезвычайно дорогостоящего (~200000 долларов за 1 грамм) изотопа осмия – ¹⁸⁷Os. В этом аспекте наиболее перспективным представляется Ялонварское месторождение, содержание ¹⁸⁷Os в молибдените которого составляет 3,5–7,3 г/т и соответственно ресурсы этого изотопа по месторождению оцениваются в ~500 кг (100 млрд. дол).

Таблица 5. Сопоставление главных характеристических признаков золоторудных месторождений неархея и палеопротерозоя Фенноскандинавского щита

Table 5. Comparison of typical indications of Neoproterozoic and Palaeoproterozoic gold deposits on the Fennoscandian Shield.

Характеристические признаки	Архей	Протерозой
Орогенический мезотермальный тип		
Формационный тип	Золото-сульфидный (Пампало, Валкеасуо, Педролампи, Оленинское), Хатуноя, Рыбозеро,	Золото-арсенидный (Суурикуосикко, Осиконмяки, Пякюля) Золото-сульфидный (Пахтаваара, Юомасуо, Сааттопора) Золото-теллуридный (Райконкоски)
Минеральный тип	Золото-пирит-пирротинный Золото-пирротин-арсенопиритовый	Золото-арсенопиритовый Золото-пиритовый Золото-халькопиритовый
Формы нахождения и состав золота	Золото сам. Au – 70-100%, Ag – 0-25%, Cu – 0-0,53%, Sb – 0-2,8%, Hg – 0-5%	Invisible gold, Золото сам. Au – 40-100%, Ag – 0-60%, Hg – 0-23%, Se – 0-1,7%, Te-0-5%
Ресурсы/Добыча Au, т	200/1,8	870/130
Порфировый (intrusion-related) тип		
Формационный тип	Медно-золоторудный (Лобаш-1, Золото-редкометалльный (Ялонвара, Пеллапахк)	Медно-золоторудный (Айтик, Бьеркдал, Копса, Йохинева, Курула)
Минеральный тип	Золото-полисульфидный Золото-пиритовый	Золото-халькопиритовый Золото-арсенопиритовый
Формы нахождения и состав золота	Золото сам. Au – 65-100%, Ag – 0-35%, Cu – 0-0,5%	Золото сам. Au – 40-100%, Ag – 0-55%, Cu – 0-0,9%, Hg – 0-12%
Ресурсы/Добыча Au, т	60/0	270/70
Колчеданный (VMS) тип		
Формационный тип	Золото-сульфидный (С.-Вожминское, Няльмозерское), Талпус,	Золото-сульфидный (Оутокумпу, Пюхясалми, Хавери, Виханти, Фалун, Ренстром)
Минеральный тип	Золото-полисульфидный Золото-халькопирит-пиритовый	Золото-полисульфидный Золото-халькопирит-пирротинный
Формы нахождения и состав золота	Золото сам.	Золото сам., электрум.
Ресурсы/Добыча Au, т	5/0	150/90
Эпитермальный тип		
Формационный тип	Золото-кварцевый (Кюльмякангас)	Золото-теллуридный (Кутемаярви, Йарвенпаа) Золото-полисульфидный (Болиден)
Минеральный тип	Золото-пиритовый	Золото-алтаит-пиритовый Золото-арсенопирит-пиритовый
Формы нахождения и состав золота	Золото сам	Золото сам. 94.9% Au, 2.4%, Ag 2.1% Pb; Au-Ag-Hg
Ресурсы/Добыча Au, т	?/0	200/150
Ресурсы/Добыча золота (т) – всего	265/1,8	1490/440

Примечание: с использованием данных <http://geomaps2.gtk.fi/website/fodd/viewer.html>, <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/depositlist.html> и др.

Утверждение ГКЗ РФ в 2010 г. (Протокол заседания..., 2010) новых данных по запасам и ресурсам золота месторождения Лобаш-1 по существу переводит его в разряд золотосодержащих месторождений, которые в данной таблице не рассматриваются. Соответственно в таблице используются данные по месторождению Лобаш-1 только как собственно золоторудному (запасы – 5,06 т, содержание Au – 4,5 г/т).

Состояние изученности золотоносности территории Карелии не отражает с высокой достоверностью и объективностью как ее геолого-металлогенические аспекты, так и экономические, среди которых главными представляются содержания золота в рудах и его запасы и ресурсы по отдельным месторождениям и по региону в целом. Вследствие этого корректный металлогенический анализ Карельского региона на золото возможен только при условии вовлечения в объем данного анализа всего Фенноскандинавского щита, зарубежная часть которого исследована и опоискована на золото гораздо лучше и детальней, чем карельская территория. Соответственно такой анализ золотоносности щита (Ивашенко, 2010) показал его металлогеническое своеобразие в распределении запасов золота между археем и протерозоем (табл. 5) по сравнению с другими докембрийскими регионами. Из всего объема добытого в пределах Фенноскандинавского щита золота (~500 т), на долю архейских месторождений приходится ~ 2 т (м. Пампало, Финляндия). Протерозойские (свекофенские) месторождения Болиден (добыто 128 т Au, 411 т Ag), Айттик (активные запасы: Au – 140 т; Ag – 2800 т; годовая добыча 2 т Au) и Суурикуосикко (>150 т Au; годовая добыча 5 т Au) – самые крупные золоторудные объекты Европы.

Столь своеобразная архейская металлогения золота Фенноскандинавского щита, выделяющая его в этом плане среди других докембрийский регионов, вероятно, определяется его существенными отличиями от них, главными среди которых являются особенности глубинного строения щита, вещественный состав подстилающей его литосферы и доминирующих петрохимических типов вулканитов его зеленокаменных поясов, что в совокупности отражает не вполне благоприятные геодинамические факторы его эволюции в архее для формирования крупномасштабных золоторудных концентраций (Ивашенко, 2010).

На территории Карелии кроме собственно золоторудных объектов выделяются комплексные золотосодержащие, вклад которых в благороднометалльный потенциал региона представляется значительным – около 1000 т золота (Голубев и др., 2010). Они относятся к нескольким рудно-формационным типам, наиболее важными из которых являются платино-палладиевые с золотом малосульфидной, хромитовой и титаномагнетитовой с ванадием рудных формаций, охарактеризованных в разделе данной статьи, посвященном платинометалльному оруденению Карелии. Другие рудно-формационные типы золотосодержащего оруденения Карелии (медистые песчаники – Воронов Бор, Cu-Au-U кварцевые конгломераты – Маймъярви, Au-Cu-сульфидный кварцевожильный – Воицкое, медно-сульфидный жильный в альбититах – Шуезерское, Медные Горы, Падун, Светлое, Орчень Губа, Лебедева Гора),

выделяемые некоторыми исследователями, как имеющие значительный золоторудный потенциал (Кулешевич и др., 2010), ввиду крайней мелкомасштабности рудных объектов по основному виду полезного ископаемого (Cu) и низким средним содержаниям золота (<1 г/т) представляются неперспективными. Общие ресурсы золота в них для всей территории Карелии по самым оптимистическим прогнозам не превышают $n10$ т (P_2), достигая на некоторых рудных объектах всего лишь $n100$ кг.

Заключение

Прогнозные ресурсы МПГ (2000-4400 т) Карельской благороднометалльной провинции сопоставимы с таковыми для Кольского полуострова, где уже утверждены запасы платинометалльного оруденения по нескольким месторождениям. В пределах Карельской провинции, отличающейся от Кольской лучшими климатическими и географо-экономическими условиями, имеется ряд крупных объектов, относящихся к ведущим (по запасам и потенциалу ресурсов МПГ) мировым рудно-формационным типам платинометалльного оруденения: малосульфидному в ритмично расчлененных интрузиях (Бураковский массив, Олангская группа) и черносланцевому (Онежская и Пана-Куоляярвинская впадины, структура Ветреный пояс), а также к новому перспективному типу – «пудожгорскому».

Золоторудный металлогенический потенциал Карельского региона по аналогии с территориями Финляндии и Швеции связывается с протерозойскими структурами и Свекофенской эпохой рудообразования. Тем более что ряд установленных на зарубежной части щита протерозойских золоторудоконтролирующих структур (Раахеладжская, Лапландский зеленокаменный пояс и др.) прослеживается на его территорию.

По масштабности процессов магматизма и благороднометалльного рудогенеза на первый план выдвигается Онежская структура, являющаяся в настоящее время наиболее изученной, и вместе с обрамлением определяющаяся в металлогеническом аспекте как Онежский рудный район. Потенциал ресурсов МПГ рудного района оценивается в 1800-4000 т, золота – ~1200-1500 т, что составляет >80% от общей оценки благороднометалльных ресурсов территории Карелии. Освоение перспективных комплексных благороднометалльных месторождений несомненно будет важным экономическим вкладом в развитие горнопромышленного комплекса не только Карелии, но и Северо-Западного региона России в целом.

Литература

Афанасьева Е.Н., Михайлов В.А., Савицкий А.В. и др. Составление прогнозно-металлогенической карты золотоносности Республики Карелия масштаба 1: 500 000 с врезками масштаба 1:200 000 - 1:50 000. СПб: 1998. Отчет. ТГФ Р. Карелия.

Вольфсон А.А. Геолого-генетические особенности золото-кварцевого месторождения «Майское» (Северная Карелия) // Автореф. Канд. дисс. М: ИГЕМ РАН, 2004. 28 с.

Ганин В.А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Бураковско-Аганозерского массива и его обрамления. Петрозаводск: Отчет. 1995. Фонды КГЭ.

Голубев А.И. Комплексные платинометалльные месторождения Карелии и перспективы их освоения // Тр. КарНЦ РАН. вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 36–49.

Голубев А.И., Иващенко В.И., Трофимов Н.Н. Рудноформационные типы и перспективы золотосодержащего оруденения Карельского региона // Тр. Всерос. конф. «Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов». Апатиты: ИГ КНЦ РАН, 2010. С.19–30

Голубев А.И., Кулешевич Л.В. Перспективы золотоносности протерозойских образований Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. С. 15–25.

Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб: Наука, 2000. 208 с.

Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. и др. Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России на пороге XXI века // Платина России. Т.3. М.: Геоинформмарк, 1999. С. 9–21.

Иваников В.В., Богачев В.А., Левченков О. А. Архейский U-Pb цирконовый возраст рудоносной гранитной интрузии на молибденовом месторождении Лобаш (Карелия) // Вестник СПб. Университета. Сер. 7. 2000. Вып. 3 (№23). С. 60–64.

Иващенко В.И. Золото Фенноскандии – металлогения и перспективы золотоносности территории Карелии // Тр. КарНЦ РАН. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. вып. 9. С. 84–111.

Иващенко В.И. Проблемы и перспективы золотоносности Фенноскандинавского щита // Тр. Всерос. конф. «Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов». Апатиты: ИГ КНЦ РАН, 2010. С. 36–46.

Иващенко В.И., Ручьев А.М., Кондрашова Н.И. и др. по теме: Геолого-экономическое обоснование постановки оценочных работ на золото в пределах участка Хатуноя в Суоярвском районе. Отчет. Петрозаводск: 2004. ТГФ Р. Карелия. 194 с.

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 1987-1993г.г. Мончегорск: 1994. ТГФ Мурманской области.

Кожневников В.Н., Голубев А.И., Рыбаков С.И. О факторах контроля золотометалльного оруденения в раннем докембрии и типизации перспективных обстановок в Карелии // Проблемы золотоносности и алмазности севера европейской части России. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 1997. С. 8–17.

Коровкин В.А., Турьева Л.В., Руденко Д.Г. и др. Недра Северо-Запада Российской Федерации. СПб: ВСЕГЕИ, 2003. 520 с.

Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Зиннатуллин М.З. Долгосрочные тенденции использования и развития

мировой минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов и их влияние на инвестиционную привлекательность отечественных месторождений // Отечественная геология. 2002. №2. С. 12–32.

Крупнейшее месторождение хрома в России. Инвестиционная возможность. М: ЗАО Норит. 2009. 17 с.

Кулешевич Л.В., Голубев А.И., Лавров О.Б. «Палеопротерозойские золотосодержащие медные месторождения и проявления Карельского кратона» // Докл. РАН. 2010. т. 432. №3. С. 376–380.

Кулешевич Л.В., Костин В.А. Кислый магматизм и золоторудная минерализация Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2003. С. 127–130.

Кулешевич Л.В., Тытык В.М., Коротаева Н.Н. Золото-полиметаллическое месторождение Лобаш-1 в докембрии Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.7. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. С. 111–126.

Леонтьев А.Г., Голованов Ю.Б., Дегтярева Т.А. Составление карты полезных ископаемых Республики Карелия масштаба 1:500 000. Отчет. Петрозаводск: 2003. ТГФ РК.

Логинов В.Н., Гриневич Н.Г., Дегтярев Н.К. и др. Оценка рудного потенциала Бураковской расслоенной интрузии и ее обрамления // Тезисы симп. «Minex». Петрозаводск: 2007.

Минеральное сырье. Справоч. Ред. В.П.Орлов. М: ЗАО Геоинформмарк, 1999. 302 с.

Минерально-сырьевая база Республики Карелия. кн.1 // Ред. В.П.Михайлов и В.Н.Аминов. Петрозаводск: Карелия, 2005. 278 с.

Новиков Ю.Н. Курилко Д.В., Тихонов В.Б. и др. Отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на золото в Центральной Карелии на Эльмусской площади в 1992–1994 годах с подсчетом запасов золота месторождения Педролампи по категории С₂. СПб: Фонды ТФГИ. 1997.

О воспроизводстве минерально-сырьевой базы Российской Федерации в 2004 году и планах на 2005 год // Доклад министерства природных ресурсов РФ. ИАЦ "Минерал" ФГУНПП "Аэрогеология". 2005.

Покалов В.Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. М: Недра, 1992. 288 с.

Полеховский Ю.С. и др. Благороднометалльная минерализация месторождения Педролампи в Карелии // Науки о Земле и образование. СПб., 2002. С. 101–102.

Протокол заседания государственной комиссии по запасам полезных ископаемых Роснедра РФ №2129 от 17.02.2010 г.

Савицкий А.В., Былинская Л.В., Зайцев В.С. и др. Стратиформное комплексное оруденение в черных сланцах Онежского рудного района – новый перспективный нетрадиционный источник благородных металлов // Платина России. т.III. 1999. С.241–259.

Сафонов Ю.Г. Гидротермальные золоторудные месторождения: распространенность – генетические типы – продуктивность рудообразующих систем // Геология рудных месторождений. 1997. № 1. С.25–40.

Трофимов Н.Н. Золото в связи с титаномагнетитовой рудной формацией Онежской впадины и ее обрамления // Тр. Всерос. конф. «Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов». Апатиты: ИГ КНЦ РАН, 2010. С.172–185.

Трофимов Н.Н., Голубев А.И., Путинцева Е.В. и др. Оценка перспектив новых источников элементов платиновой группы в Республике Карелия. Отчет. 2002. ТГФ РК.

Шевченко С.С., Ахмедов А.М., Крупеник В.А. Золотоносность вендских отложений и подстилающих их метасоматитов структурной зоны Ветренный пояс / Матер. Всерос. Конф. Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минералогия Северо-Запада России. Петрозаводск. 2007. С. 439–443.

Юдин С.Н., Папулов В.Ф., Магницкая Т.Э. и др. Поисковые работы на золото на Соанлахтинской перспективной площади (Республика Карелия). Отчет. Петрозаводск. 2007. Фонды ТГФ РК.

Eilu P. Fingold – a public database on gold deposits in Finland. Geological Survey of Finland. Report of Investigation 146. Espoo. 1999. 224 p.

Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F. and Hart C.J.R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance// *Economic Geology*. 2003. v.98. pp.1–29.

Pankka H.S., Vanhanen E.J. Aulakogen related epigenetic Au-Co-U deposits in northeastern Finland // *Geol. Surv. Of Finland. Current Research*. 1988. Espoo. 1989. p. 91–94.