

УДК 551.72: [553.491+553.491.8+553.078+553.04]

## **ПЛАТИНОНОСНОСТЬ КАРЕЛИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С СОПРЕДЕЛЬНЫМИ РЕГИОНАМИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА, ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА, ПЕРСПЕКТИВЫ**

**А. И. Голубев, В. И. Иващенко**

*Институт геологии Карельского научного центра РАН*

В статье систематизированы и проанализированы оригинальные, литературные и фондовые материалы по металлогении платиноидов территории Карелии в сопоставлении с другими регионами Фенноскандинавского щита. Осуществлен сравнительный анализ их платиноносности для архея и протерозоя. Дана прогнозная оценка ресурсов благороднометалльного оруденения Карелии и обоснованы промышленные перспективы платиноносности ее территории.

**Ключевые слова:** Карелия, Фенноскандинавский щит, докембрий, архей, протерозой, металлогения платиноидов, типы благороднометалльного оруденения, сравнительный анализ, прогнозная оценка, перспективы.

### **A. I. Golubev, V. I. Ivashchenko. PLATINUM POTENTIAL OF THE KARELIAN REGION: COMPARATIVE ANALYSIS WITH ADJACENT REGIONS IN THE FENNOSCANDIAN SHIELD, PREDICTIVE ESTIMATION AND PROSPECTS**

Original data on the metallogeny of Karelian platinoids, as well as data from the relevant literature and archives, are classified and compared with evidence from other regions of the Fennoscandian Shield. Comparative analysis of their platinum potential for both the Archaean and the Proterozoic was carried out. A predictive estimate of Karelia's noble-metal mineralization resources was made, and the economic prospects of the platinum resources were substantiated.

**Key words:** Karelia, Fennoscandian Shield, Precambrian, Archaean, Proterozoic, platinoid metallogeny, types of noble-metal mineralization, comparative analysis, predictive estimate, prospects.

---

Месторождения и крупные перспективные проявления металлов платиновой группы (МППГ) в пределах Карелии и Фенноскандинавского щита в целом известны только в связи с магматическими и метасоматическими комплексами протерозойских эпох рудообразования (рис. 1). Для более ранних периодов геологического развития данного региона они малохарактерны.

#### **Архей**

К настоящему времени в архейских комплексах щита выявлено, и то преимущественно лишь в Карелии, незначительное число мелких МППГ-содержащих сульфидных Cu-Ni месторождений – Восточно-Вожминское, Лебяжинское, Светлозерское [Федюк и др., 1979 и др.; Тытык и др., 1997; Трофимов и др., 2002]

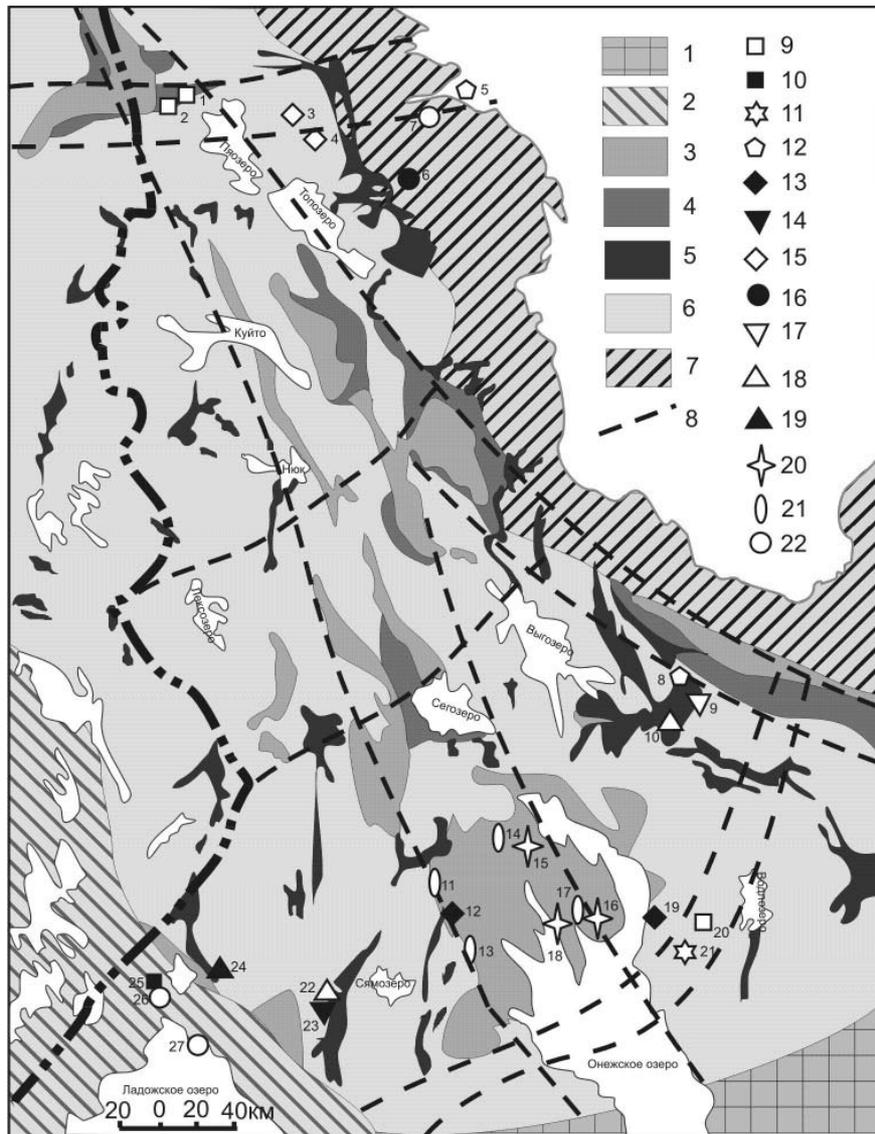


Рис. 1. Схема размещения платинометалльных рудных объектов на территории Карелии; с использованием данных: [Савицкий и др., 1990; Ганин и др., 1995; Трофимов и др., 2002]:

1 – платформенный чехол; 2 – Свеккофенский складчатый пояс; 3–6 – Карельская гранит-зеленокаменная область: 3 – ятулий, людиковий, калевий, вепсий нерасчлененные, 4 – сумий и сариолий нерасчлененные, 5 – логий, 6 – комплекс основания; 7 – Беломорский мобильный пояс; 8 – тектонические контуры и главные разломы Онежско-Лапландской палеопротерозойской рифтогенной системы; 9–22 – рудно-формационные типы платинометалльных месторождений и проявлений (9–16 – собственно-магматическая группа; 17–19 – постмагматическая группа; 20–22 – 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 – щелочно-ультраосновной, 16 – мафит-ультрамафитовый; 17 – платино-палладиевый с Ir, Ru мафит-ультрамафитовый; 18 – платино-палладиевый с Au коматит-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 – Cu-Ni-Au-палладиевый в апомафитовых метасоматитах; 1–27 – платинометалльные рудопроявления: 1 – Луккулайсваара, 2 – Кивакка, 3 – Тикшозеро, 4 – Елетьозеро, 5 – о-ва Илейка, 6 – Травяная Губа, 7 – Климовское, 8 – Вожминское, 9 – Лебяжинское, Светлоозерское, 10 – Золотопорожское, 11 – Черное, 12 – Койкарско-Святнаволоцкое, 13 – Красный ручей, 14 – В. Пигмозеро, 15 – В. Космозеро, 16 – Падма, 17 – Пургинское, 18 – Космозеро, 19 – Пудожгорское, 20, 21 – Бураковский массив, 22 – Хаутаваарское пироксенитовое, 23 – Хаутаваарское коматитовое, 24 – Хатунойское, 25 – Кааламское, 26 – Сури-суо, 27 – Велимякское

и проявлений, а также крайне слабо изученных рудопроявлений и пунктов благороднометалльной минерализации, большинство из которых являются, по-видимому, полигенно-полихронными. Их первичное происхождение, так же как и прогнозно-металлогеническая оценка, вследствие проявления ремобилизующих, реювенирующих и других процессов (часто многократных) трудно поддаются реконструкции и определению. Условно они подразделяются на три группы рудопроявлений с преимущественно комплексной рудной нагрузкой (МППГ, Au, Ag ± U), отличия которых, вероятно, обусловлены разной изначальной формационно-генетической принадлежностью. Одна группа пространственно ассоциируется с колчеданным оруденением и черными сланцами, являясь, вероятно, первично вулканогенно-осадочной (вулканогенно-гидротермальной?) по генезису, но впоследствии испытавшей метаморфо-метасоматические и гидротермально-метасоматические преобразования различной природы и возраста (региональный метаморфизм и воздействие гранитоидов в архее, тектоно-метасоматическая проработка в протерозое и др.). Другая (климовский тип) – представляется как сильно переработанные (метаморфизм, метасоматоз, тектоническая дезинтеграция и др.) офиолитовые магматические комплексы и рудоносные мафит-ультрамафитовые интрузивы, включая и расслоенные (?), единичные находки которых выявлены и датированы в последние годы [Пожиленко, 2009]. Третья – относится к хорошо известному на других докембрийских щитах (Камбалда, Унгава), но слабо проявленному на Фенноскандинавском МППГ-содержащему медно-никелевому типу оруденения в коматиитах.

**Полигенные платинометалльные концентрации, пространственно ассоциирующиеся с колчеданным оруденением и черными сланцами,** по уровню содержаний ( $\Sigma\text{МППГ} < 1$  г/т) в большинстве своем относятся к пунктам минерализации или геохимическим аномалиям [Леонтьев и др., 2003]. Они известны практически во всех архейских зеленокаменных поясах Фенноскандии [Гавриленко, 2003] и систематизированы для Карельского региона в соответствующем кадастре [Трофимов и др., 2002].

*Рудопроявление Черное* [Поликарпов, 1991] расположено в Ведлозерско-Сегозерском зеленокаменном поясе (рис. 1) в графитсодержащих биотитовых, биотит-амфиболовых и кварцсерицитовых сланцах. Оно приурочено к субмеридиональной зоне рассланцевания и милонитизации мощностью 5–10 м, разделяющей лопийские и ятулийские отложения. Максимальные содержания благородных металлов на ру-

допроявлении составляют (г/т): Pt – 1,34, Pd – 1,23, Au – 2,45, Ag – 20. В рудах также установлены высокие концентрации U (до 2,5 %) и повышенные – Pb (0,04 %).

В сходной обстановке в этом же зеленокаменном поясе находится *пункт минерализации «скв. 61»*, приуроченный к северо-западной зоне рассланцевания и брекчирования мощностью до 3 м и протяженностью 1,1 км, контролируемой серией взбросов и взбросо-надвигов аналогичного простирания. Сульфидное оруденение с содержаниями, г/т: Pt – до 0,58, Pd – 0,005, Au – 0,008 отмечается в локальных зонах березитизации, окварцевания и карбонатизации [Афанасьева и др., 1997].

*Рудопроявление Вичка* расположено в западном обрамлении Онежской впадины в углеродистых кварц-биотитовых и амфиболовых сланцах семчечеренской свиты верхнего лопия в субмеридиональной тектонической зоне их контакта с ятулийскими метатерригенными образованиями. Кварц-сульфидные жилы и прожилки согласного с зонами рассланцевания линейного штокверка содержат (г/т), по данным А. М. Ахмедова, – Au – до 17,3, Pt – до 0,3, Pd – до 0,7.

*Рудопроявление Кивач* приурочено к крутопадающим швам катаклазитов мощностью 0,5–6,0 м в верхней части разреза лопийских углеродсодержащих толщ пестрого состава Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Благороднометалльная минерализация тяготеет к участкам развития жильных метасоматитов березит-лиственитового ряда. Максимальные содержания полезных компонентов на рудопроявлении достигают, г/т: Au – 3,5–5,4 на мощность 0,3–1,5 м, 11,2 – в штучной пробе, Pt – 1,8, Pd – 2,6, Ag – 70 [Савицкий и др., 1990].

Рудопроявления золота и МППГ в Беломорском подвижном поясе, относящиеся, вероятно, также к рассматриваемому типу благороднометалльного оруденения, но испытавшие интенсивные преобразования свекофеннского времени, известны на побережье Белого моря с начала XX в. [Гинсбург, 1921], а позднее были выявлены и в других его частях [Ахмедов и др., 2001а; Ручьев, 2002 и др.].

На Кольском полуострове незначительные и малоисследованные платинометалльные концентрации, пространственно ассоциирующиеся с колчеданным оруденением и черносланцевыми толщами архейского возраста, известны в Южно-Варзугской, Вешьяурской и Нотозерской зонах – рудопроявления Ворговый, Фомкин ручей, Горелый бор и др. [Гавриленко, 2003].

**Полигенно-полихронное оруденение в сильно переработанных (метаморфизм, метасоматоз, тектоническая дезинтеграция и**

др.) **офиолитовых комплексах или мафит-ультрамафитовых интрузивах, включая и расслоенные (климовский тип)**, к настоящему времени установлено только в пределах Беломорского мобильного пояса (рис. 1).

Наиболее известные и крупные рудопроявления данного типа рассматриваются в составе Климовского рудного узла [Петров и др., 2007; Шевченко и др., 2009], характеризующегося широким распространением горизонтов апоультрамафитовых метасоматитов с комплексным золото- и МПГ-содержащим оруденением с суммарными прогнозными ресурсами категории P1 + P2: Au – 36,4 т, Pt – 19,5 т, Pd – 27,9 т, Cu – 316 тыс. т, Ni – 340 тыс. т.

**МПГ- и золотосодержащий сульфидный медно-никелевый коматиитовый тип оруденения** по состоянию изученности известен в зеленокаменных поясах Финляндии и Карелии. Представлен он мелкими, не имеющими промышленного значения рудопроявлениями. В Карелии это Золотопорожское, Лещевское, Западно-Рыбозерское и самое крупное из них Хаутаваарское (P2 – 1 т, Pt – 0,21–2,0, Pd – 1,65–6,0 г/т, Cu и Ni < 0,5 %) [Трофимов и др., 2002; Минерально-сырьевая..., 2005].

В Финляндии мелкие МПГ-Ni рудопроявления в коматиитах и коматиит-базальтах выявлены в архейских зеленокаменных поясах ее восточной части (Ваара, Хиетахарью, Пеура-Ахо и Кауниинлампи). Наиболее крупным из них является Пеура-Ахо в архейском зеленокаменном поясе Суомуссалми. МПГ-содержащее сульфидное Cu-Ni оруденение приурочено к линзе (100×300 м) массивных коматиитовых метабазальтов серпентин-хлорит-тремолитового состава. В наилучших пересечениях по результатам бурения содержания ΣМПГ + Au составляют 3,5 г/т на мощность 5 м и Ni – 0,95–2,22 % на мощность 5–12,7 м, Pd/Pt = 2,5 [Iljina, 2009].

## Протерозой

Работами многих исследователей [Митрофанов и др., 1994; Трофимов и др., 2002; Минерально-сырьевая..., 2005; Турченко и др., 2007; Alapieti, 2008 и др.] показано, что наиболее экономически значимые платинометалльные месторождения на Фенноскандинавском щите, так же как и в других докембрийских регионах, тяготеют к проторифтогенным структурам раннепротерозойского возраста. Согласно С. И. Турченко [2007], Ф. П. Митрофанову с соавторами [Митрофанов и др., 1994; Митрофанов, 2009], для платиновых расслоенных интрузий Карело-Кольского региона и Финляндии возможен единый мантийный источник (субконтинентальная ман-

тия, обогащенная LREE, с εNd от –2,4 до –1,1), связанный с длительно эволюционировавшим мантийным суперплюмом, рассматриваемым Д. А. Додиным и др. [2000] как гипотетический Балтийский плутон, сравнимый по масштабам с Бушвельдским в Южной Африке.

В расслоенных комплексах Фенноскандинавского щита (рис. 2) выделяются шесть типов платинометалльного оруденения [Alapieti, 2008]: 1) массивных и вкрапленных сульфидных руд (Cu, Ni) краевых серий плутонов (Penikat, Koillismaa Complex, Konttijarvi, Мончеплутон); 2) наложенный МПГ и Au-содержащий (Portimo Complex, Вуручайвенч в Мончеплутоне); 3) платиносодержащих сульфидных рифов расслоенных серий – тип рифа Меренского (Penikat, Kemi, Федорово-Панский, Бураковка); 4) платиносодержащих малосульфидных рифов расслоенных серий (Penikat, Portimo Complex, Мончеплутон, Бураковка); 5) платиносодержащих сульфидно-вкрапленных в микрогабброноритах расслоенных серий (Porttivaara, Lukkulaisvaara); 6) обогащенный МПГ и Au верхних хромититовых горизонтов (Koitelainen, Akanvaara). Вероятно, целесообразно выделить еще одного типа платинометалльного оруденения – в пегматоидных фациях расслоенной серии плутонов, отмечающегося в Олангской группе в Карелии и в некоторых расслоенных массивах Финляндии [Alapieti, 2008].

## Карельский регион

На территории Карелии за последние годы выявлен ряд месторождений и проявлений МПГ, что позволило обосновать ее в качестве нового перспективного платиносодержащего региона Карело-Кольской благороднометалльной металлогенической провинции России [Металлогения Карелии, 1999; Голубев и др., 2004; Голубев, Иващенко, 2011], характеризующегося значительным типовым разнообразием платинометалльного оруденения. В кадастре месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации элементов платиновой группы Республики Карелия зарегистрировано около 160 соответствующих рудных объектов, из которых 5 соответствуют рангу комплексных месторождений [Трофимов и др., 2002].

Наиболее перспективными типами МПГ оруденения Карельского региона являются: магматические – малосульфидный Pt-Pd в расслоенных плутонах (Бураковский, Олангская группа) и Pt-Pd с золотом в габбродолеритах (Пудожгорская и Койкарско-Святоволоцкая интрузии) и полигенный Cu-U-Mo-V платино-палладиевый с Au и <sup>187</sup>Os (падминский подтип) в альбит-карбонатных метасоматитах углеродисто-сланцевых толщ зон складчато-разрывных

дислокаций (СРД) и смятия (Падма, Весеннее, Царевское, Космозеро и др.) (рис. 1).

В Бураковском плутоне оруденение малосульфидного платинометалльного типа связано с сульфидсодержащими (1–3 %) горизонтами верхней части клинопироксенитовой зоны и полосчатым уровнем габроноритовой зоны [Ганин и др., 1995; Трофимов и др., 2004]. Минералы МПГ представлены теллуридами и висмутидами платины и палладия, а также Pd-Pt-мелонитом, туламинитом, куперитом, сперрилитом, Pd-кобальтином, сульфидами Os, Ir, Rh, изоферроплатиной и аварумитом. Содержание МПГ в микрорасслоенных горизонтах

достигает 3 г/т в клинопироксенитовой зоне и до 6 г/т в полосчатой подзоне при постоянном преобладании Pd над Pt. Среднее содержание МПГ – 0,42 г/т, Au – 0,49. Между содержаниями платиноидов и сульфидов отмечается прямая корреляционная зависимость. Повышенные содержания благородных металлов отмечаются и в хромовых рудах, слагающих главный хромитовый горизонт, протягивающийся более чем на 25 км [Крупнейшее..., 2009]. Прогнозные ресурсы благородных металлов в Бураковском плутоне, по данным ОАО «Норит», составляют ~600 т, по другим оценкам [Логинов и др., 2007] – ~2000 т.

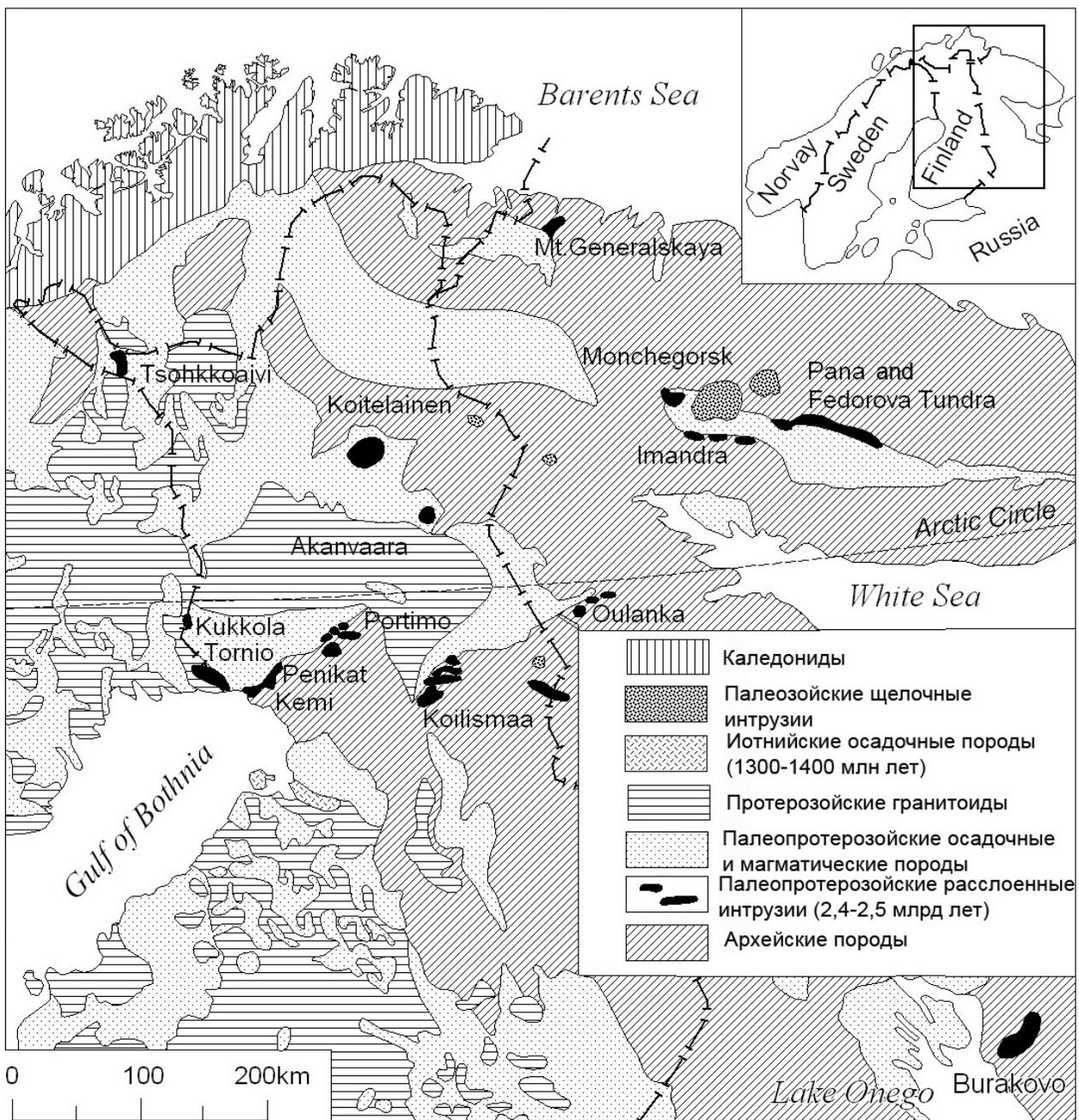


Рис. 2. Схема расположения протерозойских расслоенных интрузивных комплексов на территории Финляндии и России (Карело-Кольский регион) (по GSF Финляндии)

В *расслоенных интрузивах Олангской группы* (рис. 2) 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 МПГ [Клюнин и др., 1994 и др.]. Платиноидное оруденение ассоциируется с медно-никелевой минерализацией (пентландит-пирротин-халькопирит) в средней и нижней частях норитовой серии и в микрогабброноритах верхней части. Содержание МПГ достигает 1,5–2 и 20 г/т соответственно. Наиболее широкий спектр сульфидов и минералов МПГ отмечается в пегматоидных разновидностях микрогабброноритов.

В массиве Кивакка продуктивна на МПГ зона ритмично расслоенных норитов с вкрапленностью (до 1%) сульфидов (халькопирит, пентландит, пирротин, виоларит, пирит, сфалерит, борнит, халькозин, галенит). Аномальное содержание МПГ 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  $\Sigma$ МПГ не превышает 4,6 г/т (Pt/Pd – от 0 : 3 до 2 : 1). Минералы МПГ и золота (меренскит, мончеит, котульскит, сперрилит, сам. золото, серебро) образуют микровключения в сульфидах.

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

**Платино-палладиевый титаномагнетитовый с золотом и ванадием** тип оруденения связан с Fe-Ti-V месторождениями Пудожгорской и Койкарско-Святнаволоксской пластовых интрузий габбродолеритов (1983,4 ± 6,5 млн лет), расположенных в краевых частях Онежской структуры [Трофимов, Голубев, 2008] (рис. 1). Благороднометалльное оруденение представлено теллуридами Pt и Pd – котульскитом, меренскитом, сопчеитом, кейконнитом, сперрилитом, золотом самородным и электрумом, ассоциирующимися с сульфидами (халькопирит + борнит) в титаномагнетитовых рудах, сла-

гающих псевдостратифицированный горизонт мощностью ~20 м между габбровой (нижней) и диоритовой (верхней) зонами интрузий. Содержания  $\Sigma$ Au, МПГ достигают 1,0–2,0 г/т при среднем ~928 мг/т для Пудожгорского и ~1,0 г/т для Койкарско-Святнаволоксского месторождений. В титаномагнетитовом горизонте имеются слои мощностью 5–7 м, обогащенные МПГ со средним содержанием 1,5–2 г/т. В Пудожгорском месторождении это нижняя часть рудного горизонта, а в Койкарско-Святнаволоксском – верхняя. Суммарные ресурсы (т) и средние содержания (г/т) БЭ для Пудожгорского интрузива соответственно составляют: Пудожгорское месторождение ( $P_1 = 293,9$ , Pt – 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-Святнаволоксского ( $P_1 = 343,6$ , Pt – 0,31, Pd – 0,41, Au – 0,37,  $\Sigma$ БЭ – 1,09) и в целом для Пудожгорского комплекса –  $P_1 = 901,1$  [Голубев и др., 2010].

**Полигенный Cu-U-Mo-V-платино-палладиевый с золотом** тип в альбит-карбонатных метасоматитах зон СРД в черносланцевых толщах развит в Онежской структуре [Савицкий и др., 1990, 1999 и др.; Билибина и др., 1991 и др.] (рис. 1). Зоны СРД представляют собой серию узких (2–5 км) антиклинальных структур протяженностью в десятки км, ориентированных параллельно главной оси рифта. 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 околорудно измененными породами, развитыми вдоль продольных субгоризонтальных участков объемного дробления (катаклаз, брекчирование, трещиноватость) алевролитов и сланцев заонежской свиты. 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 ураганные концентрации (в г/т): Pt – 56, Pd – 140, Rh – 1, Au – 126 [Савицкий и др., 1990, 1999]. 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; Трофимов и др., 2002 и др.] ввиду недостаточной изученности сильно варьируют – 100–1100 т.

### Кольский полуостров

На Кольском полуострове известно около 10 экономически значимых платинометалльных рудных объектов в расслоенных магматических комплексах (Федорово-Панском, Мончегорском, г. Генеральской, Имандровском и др.), несколько МПГ-содержащих сульфидных медно-никелевых – в толеитовых интрузиях Печенги, единичные проявления в дифференциатах перидотит-габброноритовой формации (Ковдозерское) и обширное число пунктов благороднометалльной минерализации в метакоматиитах и углеродсодержащих сланцах [Митрофанов и др., 1994; Гавриленко, 2003 и др.] (рис. 2). Наиболее крупными из них с утвержденными запасами ΣМПГ п100 т являются месторождения Федорово-Панского и Мончегорского расслоенных массивов (~2,5 млрд лет) [Корчагин и др., 2009; Митрофанов, 2009].

В *Федорово-Панском массиве* малосульфидное платинометалльное оруденение представлено двумя типами [Корчагин и др., 2009; Митрофанов, 2009]. Мощные рудные залежи (в среднем 40 м) в приподошвенной части массива со средними содержаниями ΣPt, Pd, Rh, Au 2–3 г/т и Pd/Pt ~ 4,5 сопоставимы с Платрифом (Южная Африка), месторождениями Лак-дез-Иль (Канада) и Контиярви и Ахмаваара (Финляндия). Другой тип в маломощных (до 3 м) пологопадающих (L30–35°) рифах со средним содержанием ΣPt, Pd, Rh, Au > 3–4 г/т и Pd/Pt > 8 сходен с рифом Меренского, J-M рифом Стиллуотера, SK рифом месторождения Наркус в Финляндии. Балансовые запасы платиноидов на месторождении Федорова Тундра составляют 348 т с содержанием МПГ 1,37 г/т [О состоянии..., 2010].

Благороднометалльное оруденение в *Мончегорском плутоне* известно с прошлого века и совместно с Те и Се извлекалось попутно при добыче Cu-Ni-Co руд [Медно-никелевые..., 1985]. В настоящее время перспективное платинометалльное оруденение в плутоне известно в бедных Cu-Ni рудах месторождений Вуручайвенч и Пласт-330 и в хромитовых рудах Сопчезерского месторождения [Гавриленко, 2003], подготовленного к комплексной разработке.

В сульфидных рудах с содержаниями Ni и Cu, не превышающими долей процента, концентрация МПГ составляет 0,1–0,6 г/т, повышаясь до 1 г/т и более при увеличении содержания цветных металлов свыше 1 % (месторождение Пласт-330). Исключением является краевая зона плутона, где происходит гидротермально-метасоматическое концентрирование МПГ с образованием рифов малосульфидных платинометалльных руд (месторождение Вуручайвенч) с содержаниями Ni и Cu 0,1–0,3 % и МПГ до 2–20 г/т [Иванченко, Давыдов, 2009].

Среднее содержание ΣМПГ в хромитовых рудах Сопчезерского месторождения составляет, г/т: 0,7–0,8, Au – 0,03–0,05, Ag – до 4,8 [Гавриленко, 2003] с высокой долевой компонентой (~40 %) Rh и Ru в балансе МПГ [Чащин и др., 1999], характерной для всех хромитовых рудных объектов Кольского региона [Гавриленко, 2003]. Запасы МПГ на Сопче оцениваются в количестве 3–5 т [Гавриленко и др., 1999], а в целом для Мончегорского плутона – 93,4 т с прогнозными ресурсами категорий P1 + P2 472 т [О состоянии..., 2010].

*МПГ-содержащие сульфидные медно-никелевые месторождения Печенгского рудного поля* представлены преимущественно вкрапленными и прожилково-вкрапленными рудами в плагиоцерцолитах нижних частей массива. МПГ, золото и серебро попутно извлекались из руд с момента открытия месторождений финскими геологами в 40-е годы прошлого столетия [Медно-никелевые..., 1999 и др.]. Содержание ΣМПГ в сульфидной фазе печенгских руд обычно составляет 1–3 г/т (Pd>>Pt), достигая 7,5 г/т в карбонатно-сульфидных шлирах и «медистых» разновидностях руд Аллареченского месторождения [Гавриленко, 2003].

### Территория Финляндии

В настоящее время на территории Финляндии известно 34 платинометалльных рудных объекта (рис. 3) преимущественно протерозойского возраста, по 24 из которых подсчитаны запасы и в ряде случаев заложены тестовые рудники [Iljina, 2009]. Платинометалльное оруденение в них относится к следующим рудно-формационным типам: в расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузивах (возраст 2,4–2,45 млрд лет); МПГ-содержащий сульфидный медно-никелевый в ультрамафитовых интрузиях типа Кейвитс в возрасте 1,90–2,05 млрд лет); МПГ-содержащий сульфидный медно-никелевый в офиолитовых комплексах (Оутокумпу).

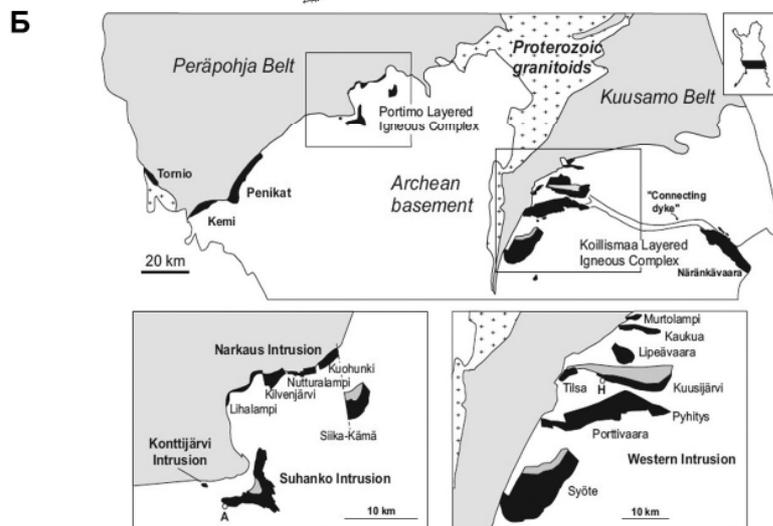
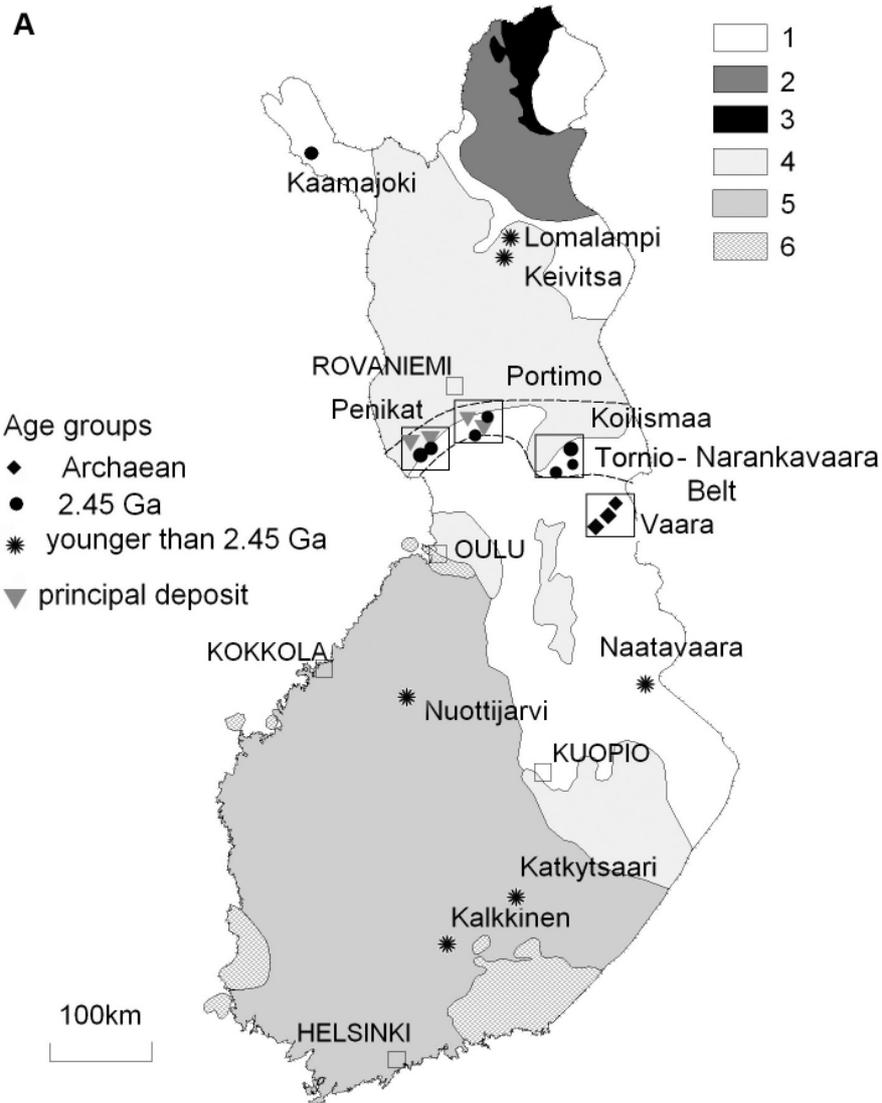


Рис. 3. (А) Схема размещения платинометалльных месторождений Финляндии [Iljina, 2009]

1 – архейский домен; 2 – Лапландский гранулитовый пояс; 3 – Инари комплекс; 4 – Карельский домен; 5 – Свекофенский домен; 6 – граниты рапакиви;  
 (Б) Геологическое положение и морфология расслоенных интрузивов пояса Торнио-Нярянкяваара

**Платинометалльное оруденение в расслоенных интрузивах** Финляндии представлено характерными для классических расслоенных комплексов типами: платиноносными малосульфидными рифами расслоенных серий, обогащенными МПГ сульфидными скоплениями в нижних частях интрузий и в краевых сериях (контактный тип), «оффсетные» (наложенные) МПГ-содержащие сульфидные концентрации.

Наиболее крупные и перспективные платинометалльные месторождения находятся на севере страны в расслоенных интрузивах субширотного палеорифтового пояса Торнио-Нярьянхваара длиной 300 км (рис. 3), прослеживающегося на территорию Карелии (Олангская группа расслоенных интрузий) (рис. 2).

В интрузивах Наркауз и Пеникат установлены три потенциально крупных платинометалльных месторождения рифового типа со средним содержанием ΣМПГ и Au до 4–9 г/т (табл. 1). Рифы Паасиваара, Сомпуярви и Сиика-Кямя были первыми МПГ-содержащими рифами из обнаруженных в начале 1980-х гг. за пределами Южной Африки и шт. Монтана (США). Позднее были открыты рифы Ала-Пеникка в интрузии Пеникат и Рюттикангас в интрузии Суханко [Iljina, 2009]. По соотношению средних содержаний МПГ в рудах и их запасами в этих интрузивах (рис. 4) наиболее экономически перспективными представляются большеобъемные месторождения с невысокими (<2 г/т) содержаниями суммы платиноидов и золота.

Таблица 1. Запасы и содержания рудных элементов в крупнейших благороднометалльных месторождениях Финляндии [Iljina, 2009]

Месторождение	Содержание рудных элементов в руде/запасы, т						Запасы руды в млн т
	Pt, г/т	Pd, г/т	Rh, г/т	Au, г/т	Cu, мас. %	Ni, мас. %	
	Рифовый тип						
Siika-Kama	0,72/31	2,70/116	–	0,11/5	0,21/90	0,08/34	43,1
Sompunarvi	3,08/21	5,36/36	0,38/3	0,10/1	–	–	6,7
Paasivaara	4,04/20	2,58/13	0,08/0,4	0,61/3	0,28/14	–	5,0
	Контактный тип						
Ahmavaara	0,17/32	0,82/154	–	0,10/19	0,17/319	0,07/131	187,8
Konttijarvi	0,27/20	0,95/71	–	0,07/5	0,10/75	0,05/38	75,2
Keivitsa	0,28/40	0,18/25	–	0,12/17	0,42/592	0,30/423	141,0
Всего запасов	164 т	415 т	3,4 т	50 т	1090 тыс. т	626 тыс. т	458,8

Примечание. Keivitsa – неклассифицированный тип. Запасы для Ni и Cu – в тыс. т.

В интрузии Пеникат, находящейся северо-восточнее хромитового месторождения Кеми [Halkoaho, 1991], установлено два маломощных (~1 м), но достаточно протяженных (15–23 км) и обогащенных ЭПГ (5–10 г/т) рифа – Сомпуярви и Паасиваара, разрабатываемых тестовыми рудниками.

Благороднометалльное оруденение комплекса Портимо представлено двумя типами – контактным массивных и вкрапленных сульфидных руд (Cu, Ni) краевой серии и малосульфидным рифовым расслоенных серий [Alapieti, 2008]. Наиболее значительные платинометалльные концентрации связаны с неравномерной сульфидной вкрапленностью (пирротин, халькопирит, пентландит) в перидотитовом горизонте мощностью 10–30 м краевой серии интрузий Ахмаваара, Суханко, Вааралампи и др. Средние содержания МПГ в рудном горизонте составляют ~2 г/т, максимальные – 50 г/т (Конттиярви, Ахмаваара). Проведенными с 2000 г. компаниями «Gold Fields Limited» и «Outokumpu Oy» геологоразведочными работами, сопровождавшимися тестовой добычей руды, подсчитаны запасы для бортового содержания 0,5 г/т

(ΣМПГ, Au) на месторождениях Конттиярви и Ахмаваара, равные 175,05 т (табл. 1), и ресурсы МПГ и Au в количестве 119,2 т на уч. Нуттуралампи, Куохунки и Сиика-Каме. Позднее [Iljina, 2009] запасы МПГ и Au в расслоенном комплексе Портимо были наращены до 447,8 т.

Расслоенные интрузии комплекса Койллисмаа во многом, включая и платинометалльное оруденение, сходны с таковыми комплексов Пеникат и Портимо. Наиболее минерализована краевая зона Западной интрузии комплекса Койллисмаа, прослеживаемая по всему ее простиранию (~100 км). Содержания ЭПГ и цветных металлов в ней сильно варьируют. Вследствие этого одни рудные объекты более обогащены цветными металлами (Лавотта, Куусиярви, Русамо), другие же представляются исключительно благороднометалльными (Каукуа, Муртолампи) [Iljina, 2009].

Типичными представителями «оффсетного» (наложенного) типа благороднометалльного оруденения, пространственно ассоциирующегося с расслоенными магматическими комплексами, являются Cu-Pd рудопроявления

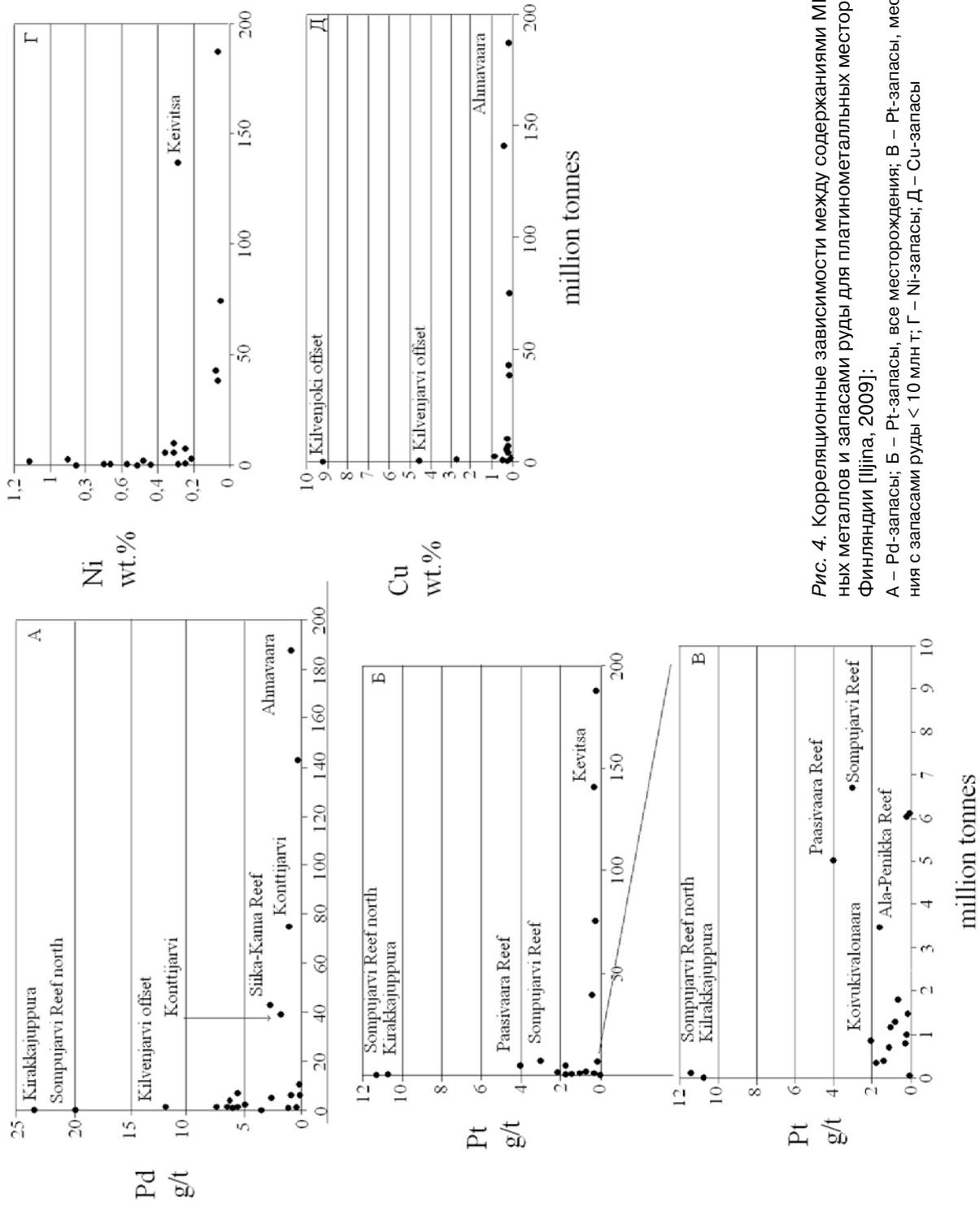


Рис. 4. Корреляционные зависимости между содержаниями МПГ, цветных металлов и запасами руды для платинометалльных месторождений Финляндии [Iljina, 2009]: А – Pd-запасы; Б – Pt-запасы, все месторождения; В – Pt-запасы, месторождения с запасами руды < 10 млн т; Г – Ni-запасы; Д – Cu-запасы

(Кильвенярви и Кильвенйоки), установленные ниже подошвы интрузии Наркаус комплекса Портимо. Они представлены халькопиритовыми жилами с содержаниями ΣМПГ + Au до 100 г/т и бедными сульфидными вкрапленными рудами [Iljina, 2009].

**МПГ-содержащий сульфидный медно-никелевый в ультрамафитовых интрузиях (возраст 1,90–2,05 млрд лет) тип платинометалльного оруденения** представлен месторождениями в интрузиях Кейвитса и Нуоттиярви (рис. 3), открытых в середине 1980-х гг. Это типичные большеобъемные месторождения с низкими содержаниями полезных компонентов, повышающимися в отдельных рудных столбах (Ni – 1,01%, Cu – 0,21%, ЭПГ – 2,4 г/т). Ресурсы месторождения Кейвитса до глубины 300 м оценены канадской компанией Scandinavian Minerals Ltd на начало 2006 г. в размере (при бортовом содержании никеля 0,2 %) 86 млн т руды, содержащей в среднем 0,31 % Ni, 0,44 % Cu, 0,01 % Co, 0,15 г/т Au, 0,21 г/т Pd и 0,32 г/т Pt (или 266,6 тыс. т Ni, 378,4 тыс. т Cu, 8,6 тыс. т Co, 12,9 т Au, 18,1 т Pd и 27,5 т Pt). До глубины 1000 м ресурсы подсчитаны для бортового содержания никеля – 0,1 % и 0,2 %. По первому варианту ресурсы составили 831 млн т руды с 0,22 % Ni (1828,2 тыс. т Ni), 0,31 % Cu (2576,1 тыс. т Cu), 0,01 % Co, 0,15 г/т Pd (83,1 т Pd) и 0,13 г/т Pt (108 т Pt); по второму – 432 млн т руды с 0,29 % Ni (1252,8 тыс. т Ni), 0,45 % Cu (1944 тыс. т Cu), 0,01 % Co (43,2 тыс. т Co), 0,1 г/т Au (43,2 т Au), 0,12 г/т Pd (51,8 т Pd) и 0,16 г/т Pt (69,1 т Pt). Ежегодно на месторождении планируется добывать открытым способом ~3,5 млн т руды с максимальной глубиной карьера 300 м.

Благороднометалльная минерализация, ассоциирующаяся с сульфидной медно-никелевой, отмечается также в некоторых свекофенских (~1,90 млрд лет) ультрамафитовых интрузиях Южной Финляндии (Ваммала, Кюльмякски, Калккинен, Кяткитсаари), но ее масштабы по состоянию изученности представляются крайне незначительными.

**МПГ и Au-содержащее оруденение в VMS-месторождениях (Cu, Co, Ni, Zn, Ag, Au) офиолитового комплекса Оутокумпу (~1,96 млрд лет).** За все время эксплуатации этих месторождений (1910–1989 гг.) было добыто 28 т золота, присутствовавшего преимущественно в самородном виде. Содержание золота в рудах составляло 0,8 г/т, серебра – 8,9 г/т. Кроме этого, в рудах, по данным В. Кнауфа, установлен целый ряд минералов МПГ (эрликманит, лаурит, ирар-

сит, осарсит, сперрилит, андуоит и др.), а также содержащие Os, Ir, Ru и Rh в сумме до 15 мас. % (Ru – до 1,7, Os – до 9,3, Ir – до 3,2, Rh – до 0,5) герсдорфит и Со-герсдорфит.

### Территория Швеции

В Швеции собственно платинометалльных месторождений нет, но в последние десятилетия открыто большое число (~80) расслоенных интрузивов протерозойского возраста (2,44 и ~1,9 млрд лет), с которыми связаны благороднометалльные рудопроявления [Filen, 2001]. Среди них наиболее крупными (до 50–60 км<sup>2</sup>) являются массивы Kukkola, Nottrask, Nasberg, Noting, Kljpsio, Bottenbasken и Flinten (рис. 5).

В интрузиве Kukkola (2,44 млрд лет, S – ~60 км<sup>2</sup>), характеризующемся четким расслоенным строением, установлены 4 хромитовых горизонта мощностью 0,10–2,7 м с содержаниями (г/т) Pt – 0,6, Pd – 1,1, Au – 0,08, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 7,0–22,8 %. В сульфидсодержащих метапироксенитах и метаперидотитах отмечаются более высокие содержания Au – 0,84 и 3,6 г/т, соответственно.

В массиве Nottrask (6×4 км), имеющем концентрически зональное центробежное строение от оливиновых габбро с ультрамафитовыми слоями к магнетитовым габбро, норитам и диоритам, содержания Pt достигают 2,74, Pd – 1,33, Au – 0,68 и Ag – 20 г/т.

В интрузиве Nasberg (9×4,5 км) – в сульфидсодержащих габбропироксенитах с кумулятивной структурой, перемежающихся с горнblendитами, содержания Pt (г/т) – до 1,2–1,3, Pd – 3,9–4,5, Au – 0,2–0,3.

Для массива Kljpsio наиболее высокие концентрации рудных компонентов (Pt – до 21 г/т, Ni – 0,63–0,85%, Cu – 0,37–1,03%) отмечаются в контактовой зоне гарцбургитов и пироксенитов расслоенной серии.

### Сравнительный анализ платиноносности Карельского региона и сопредельных территорий

Рудно-формационная систематизация платинометалльного оруденения территории Карелии и сопредельных ей регионов [Иващенко, Голубев, 2011] свидетельствует о следующих главных металлогенических закономерностях размещения и формирования месторождений МПГ на Фенноскандинавском щите и соответствующих перспективах Карельского региона.

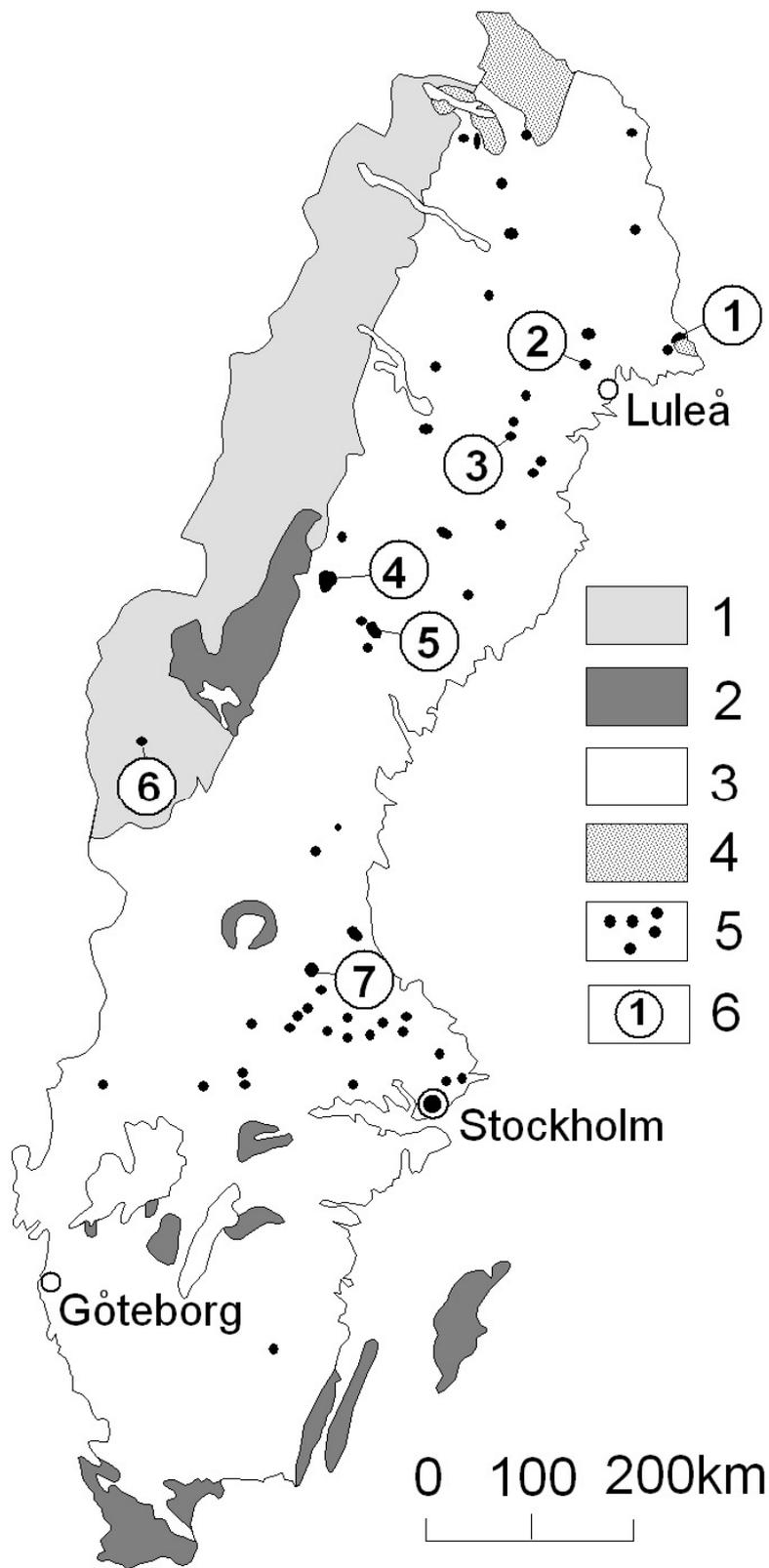


Рис. 5. Схема расположения расслоенных мафических интрузий на территории Швеции [Filen, 2001]:

1 – каледониды; 2 – фанерозойские осадочные породы; 3 – протерозойские породы; 4 – архейские породы; 5 – свекофенские расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии; 6 – наименование интрузий: 1 – Куккола, 2 – Ноттраск, 3 – Насберг, 4 – Нотинг, 5 – Клаппсйо, 6 – Боттенбаккен, 7 – Флинтен

## Архей

Из четырех генетических групп платинометалльного оруденения в архее Фенноскандинавского щита по состоянию изученности наиболее перспективным представляется климовский тип (полигенно-полихронный в метасоматитах по офиолитам и изначально рудоносным мафит-ультрамафитовым интрузиям). Другие типы МПГ-содержащего архейского оруденения крайне незначительны по масштабам и бедны по содержаниям благородных металлов. Кроме того, согласно данным геохимических, петрологических и геохронологических исследований в совокупности с результатами геодинамических реконструкций обстановок проявления коматиитового магматизма в Карело-Кольском регионе [Кожевников, Светов, 2001; Кожевников, 2007; Сорохтин и др., 2009], на Фенноскандинавском щите в целом не стоит ожидать открытий экономически значимых Cu-Ni месторождений коматиитового типа, а следовательно, и платинометалльных промышленных объектов, ассоциирующихся с ними. Для архея щита промышленно перспективным типом МПГ-оруденения остается только один – полигенно-полихронный климовский, область распространения которого связывается с субширотной зоной (Кирунаваара – Чупа) свекофеннской активизации архейских доменов, идентифицируемой проявлением галоидного метасоматоза, минералами-индикаторами которого служат турмалин и скаполит [Frietsch, 1997; Петров и др., 2007; Шевченко и др., 2009].

Благороднометалльное оруденение в архейских углеродсодержащих сланцах представлено несколькими мелкими проявлениями и пунктами минерализации, являющимися преимущественно золоторудными с попутными платиноидами. Все они по состоянию изученности не имеют промышленных перспектив. Вследствие этого лопийский уровень углеродонакопления в осадочно-вулканогенных толщах в пределах Карельского региона представляется в настоящее время малоперспективным на стратиформное платинометалльное оруденение.

## Протерозой

Детальная типизация платинометалльного оруденения в расслоенных магматических комплексах щита, выполненная преимущественно на базе хорошо исследованных расслоенных интрузий Финляндии [Alapieti, 2008; Iljina, 2009], в приложении к аналогичному или родственному магматизму Карело-Кольского региона приведет, по всей вероятности, к открытию здесь новых месторождений. Приоритетным в этом аспекте является МПГ-ору-

денение двух типов – малосульфидного и наложенного. При прогнозе малосульфидного платинометалльного оруденения надо учитывать его избирательную приуроченность, согласно мировой практике, к двум формационным типам расслоенных плутонов. Благороднометалльный потенциал первого – норит-ортопироксенит-гарцбургитового мезоабиссальной и абиссальной фаций глубинности определяется протяженными малосульфидными платинометалльными горизонтами – «Риф Меренского» в Бушвельде, «J-M Риф» в интрузиве Стиллуотер, в Мончегорском плутоне. Богатое сульфидное Cu-Ni оруденение в связи с ним распространено мало. Со вторым типом, представленным гипабиссальными дифференцированными массивами габбро-пироксенит-верлитовой формации и маломасштабными расслоенными габброноритовыми интрузиями внутриконтинентальных рифтогенных обстановок, связаны крупные месторождения пояса Томпсон в Канаде, приуроченные к лейконорит-анортозитовым горизонтам расслоенных серий. Подобные интрузивы с соответствующим типом платинометалльного оруденения прогнозируются на севере Карелии в связи с субширотными трансформными разломами в пределах Лапландско-Онежской проторифтогенной системы.

Кроме платиноносных расслоенных интрузивов возраста 2,45–2,50 млрд лет, на территории Финляндии в конце прошлого века выявлены рудоносные интрузии (Кейвитса, Нуоттиярви) с возрастом 1,90–2,05 млрд лет [Iljina, 2009 и др.]. С ними связаны одноименные комплексные (Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Au) большеобъемные месторождения с низкими содержаниями полезных компонентов, пригодные для открытой разработки. В Карело-Кольском регионе рудоносные расслоенные комплексы такого возраста неизвестны, но перспективы их выявления, учитывая пространственную приуроченность интрузий Кейвитса и Нуоттиярви к проторифтогенным структурам раннепротерозойского возраста, прослеживающимся на российскую территорию, представляются достаточно высокими.

Положительные перспективы Карельского региона на **МПГ-содержащее сульфидное медно-никелевое оруденение Печенгского типа** основываются на результатах разработки новой модели глубинного строения Онежской впадины и сравнительного ее сопоставления с Печенгской структурой и Норильским рудным районом [Трофимов, Голубев, 2010]. Наиболее перспективной площадью в этом аспекте является восточный борт Онежской структуры, где по геофизическим данным мощность протерозоя 0,5–1,0 км, что позволяет прогнозировать наличие здесь флексурного перегиба – предполагаемого места локализации рудоносных

МПГ-содержащих Cu-Ni интрузий в эвапоритовой формации (тулозерская свита).

Сравнительный анализ платиноносности **черных сланцев** Карельского региона в сопоставлении с сопредельными территориями Фенноскандинавского щита показал, что относительно наиболее значимые проявления МПГ этого типа выявлены преимущественно только в Карелии.

Платиноносные углеродсодержащие сланцы людиковийского возрастного уровня распространены в пределах трех депрессионных структур – Онежского прогиба (заонежская свита), Куолярвинского прогиба (куолярвинская свита), Саволадожской зоны (соанлахтинская свита), характеризующихся наиболее полным нижнепротерозойским вулканогенно-осадочным разрезом. К настоящему времени наиболее изучены в аспекте их платиноносности черные сланцы Онежского прогиба, где сконцентрирована подавляющая часть МПГ-рудных объектов от их общего числа в нижнепротерозойских углеродистых сланцах Карельского региона. Пространственно ассоциирующееся с ними платинометалльное оруденение Онежской структуры по комплексу признаков подразделяется на 4 типа [Савицкий и др., 1999], из которых только (Падминский) уран-благороднометалльно-ванадиевый в метасоматитах зон СРД представлен реальными рудными объектами с достоверными запасами V и попутных компонентов (U, МПГ, Au, Mo, Re). Промышленная оценка этого типа благороднометалльного оруденения может существенно возрасти в связи с выявлением комплекса признаков, свидетельствующего об участии в его образовании процессов глубинного гипергенеза [Черников, 2001 и др.] и вследствие этого возможного масштабного концентрирования МПГ и Au вне уран-ванадиевых рудных тел. Подтверждением этого является установление максимальных концентраций благородных металлов на месторождении Падма (по единичным анализам) за пределами уран-ванадиевых руд в нижних частях приповерхностной зоны окисления (Au –  $n10$  г/т, Pd > 100 г/т, Ag > 1000 г/т) и в глубокой (гематитизированной) зоне окисления (Pd – 22 г/т, Au – 2,5 г/т, Pt – 1,1 г/т, Ag – 330 г/т) [Черников, 2001]. Представляется также, что большое влияние на рудоотложение и локализацию платинометалльной минерализации мог оказывать в силу своих восстановительных свойств метан, экстрагируемый растворами из богатых углеродистым веществом пород. При этом место локализации рудных концентраций будет зависеть не от мест залегания богатых углеродистым веществом пород, а от структурных условий.

С платиноидным оруденением остальных трех типов в черных сланцах Онежского прогиба остается много неясностей и нерешенных вопросов, несмотря на то что ряд их особенностей и характеристических признаков, как полагается [Савицкий и др., 1999], достаточно точно определены и систематизированы, а прогнозные ресурсы подсчитаны. Вместе с тем очевидно, что Онежский рудный район специализирован на стратиформное платинометалльное оруденение в черносланцевых комплексах (Толвуйский тип) и отвечает общим закономерностям размещения и особенностям формирования такого типа оруденения [Яцкевич и др., 1994]. Этот тип оруденения в Онежской структуре является одним из необходимых условий для формирования платиноносных комплексных месторождений в метасоматитах зон СРД и пространственно ассоциирующихся с ними. В совокупности по закономерностям проявления платинометалльное оруденение Онежского рудного района сопоставимо с известными в мире (Южный Китай, США, Канада, Австралия) промышленными месторождениями полиметалльно-платиновых руд в черных сланцах [Coveney, Chen, 1991 и др.].

Углеродсодержащие сланцы людиковия *Куолярвинской* (куолярвинская свита) и *Саволадожской* (питкьярантская и соанлахтинская свиты) структур изучены на предмет их платиноносности, по сравнению с Онежской впадиной, крайне недостаточно. Однако даже результаты небольшого числа аналитических определений МПГ и золота в черных сланцах этих структур однозначно демонстрируют их вероятную перспективность на благороднометалльное оруденение, аналогичное установленному в Онежской структуре.

В *Куолярвинской* структуре выявлено значительное число проявлений (Алакертти, Алим-Курсунъярви) и пунктов минерализации МПГ, ассоциирующихся с углеродсодержащими сланцами [Афанасьева и др., 2004]. Аналитические данные по черным сланцам этой структуры [Ахмедов и др., 2001б] показали их отчетливую платинометалльную специализацию и, судя по отдельным ураганым концентрациям платиноидов (Pt – 5,91 г/т, Pd – 80,69 г/т), высокую вероятность открытия в них промышленного стратиформного МПГ-оруденения.

В *Саволадожской* структуре для черных сланцев соанлахтинской свиты (М. Янисъярви, Леппяскюрья, Райконкоски, Ковадъярви) отмечаются высокие содержания, г/т, Au (до 1,3) и МПГ (до 1), сопровождающиеся повышенными концентрациями V, Mo, Zn, Ag, Se [Иващенко, Лавров, 1997; Попов и др., 1997]. В углеродсо-

держащих сланцах питкьярантской свиты также отмечаются повышенные содержания (г/т) ΣМПГ (до 1), Au (до 2 г/т) и Ag (до 32 г/т) – проявления Поткулампи и Нутъярви [Попов, Торицын, 1995]. В целом же черные сланцы сортавальской серии более отчетливо геохимически специализированы на золото, чем на МПГ [Иващенко, Лавров, 1997].

В последние годы в Восточной Карелии (структура Ветреный Пояс) и на примыкающей к ней территории Архангельской области выявлено благороднометалльное оруденение палеороссыпного типа в вендских конгломератах – проявления Нименьга [Медведев, 2003] и Шапочка [Шевченко и др., 2007], а также в четвертичных отложениях. Содержание ΣМПГ + Au составляет 2–4 г/м<sup>3</sup>. Из них на долю МПГ, среди которых резко преобладает платина (Pt – 85,5, Ir – 2,7 %, Os – 1,4 %, Rh – 1,0 %, Pd, Ru – <1), приходится 15–20 %. Коренным источником благородных металлов в вендских конгломератах могли быть только неизвестные рудные объекты в пределах проторифтогенной структуры Ветреный Пояс. Судя по размерности платиновых зерен в конгломератах (до 2 мм) и очень высокому Pt/Pd отношению (>100), их коренной источник характеризовался богатым платинометалльным оруденением уральского типа и представлял собой, по-видимому, крупный дифференцированный дунит-клинопироксенитовый массив (или несколько массивов), удаленность которого от палеороссыпи не превышала нескольких десятков километров. С меньшей вероятностью источником благороднометалльного оруденения в конгломератах могли быть рудоносные черносланцевые горизонты, геохимически сходные с нежданским типом оруденения.

### **Прогнозная оценка платиноносности и перспективы территории Карелии на крупные месторождения МПГ**

Основу мировой базы металлов платиновой группы составляют месторождения малосульфидной рудной формации в расслоенных раннепротерозойских ультрабазит-базитовых интрузивах (90 % мировых запасов) и сульфидной медно-никелевой [Додин и др., 2000]. Для Карелии характерны те же закономерности, но с существенно возрастающей ролью платиносодержащих рудных формаций – хромитовой и титаномагнетитовой с сопутствующими ЭПГ при крайне незначительном проявлении сульфидной медно-никелевой. В связи с этим большое прогнозное значение в металлогеническом аспекте МПГ

региона приобретает формационный и геодинамический анализ соответствующего интрузивного магматизма.

Раннепротерозойский магматизм и связанное с ним платинометалльное оруденение контролируются в Карельском регионе Онежско-Беломорско-Лапландской рифтогенной системой и процессами, связанными с ее неоднократной активизацией. Главная осевая зона рифта приурочена к Беломорскому подвижному и Лапландскому гранулитовому поясам (рис. 6), в пределах которых закартировано большое число мелких массивов, принадлежащих в основном к габбро-лерцолит-пироксенитовой и вебстерит-габброноритовой формациям. U-Pb возраст наиболее крупного из них – Ковдозерского массива – равен  $2436 \pm 9$  млн лет [Баянова, 2002]. Известны также габбро-анортозитовые массивы с возрастом  $2450 \pm 10$  млн лет (Колвицкий) [Магматизм..., 1995]. С отдельными интрузивами этих формационных типов связано син- и эпигенетическое сульфидное Cu-Ni оруденение [Медно-никелевые..., 1985]. Главная зона рифтогенной системы, вероятно, соответствует отдельной благороднометалльной субпровинции – Беломорской, перспективы и масштабы которой пока не ясны. По аналогии с классическими рифтогенными обстановками, наиболее важными в металлогеническом аспекте представляются плечи рифта. Им соответствуют платинометалльные субпровинции – Кольская (северо-восточное плечо) и Карельская (юго-западное плечо).

На северо-восточном плече рифта развита система нижнепротерозойских палеорифтовых прогибов, образующая протяженный пояс Полмак-Пасвик-Печенга-Имандра-Варзуга (рис. 6). Приуроченные к ним расслоенные массивы Кольской металлогенической субпровинции (Мончегорский, г. Генеральской, Федорово-Панский) являются наиболее ранними – ~2500 млн лет [Баянова, 2002]. На юго-западном плече, представляющемся менее эродированным, система палеорифтовых прогибов имеет большую площадь и протяженность. С юго-востока вдоль оси рифта она представлена структурами – Онежской, Ветреный Пояс, Лехтинско-Шомбозерской, Пана-Куолаярвинской (Россия), Сала-Соданкюля (Финляндия) и Карасйок (Норвегия). Возраст расслоенных массивов Карельской и Беломорской металлогенических субпровинций, а также Имандровского лополита на 50–60 млн лет моложе вышеназванных в Кольской субпровинции (рис. 6).

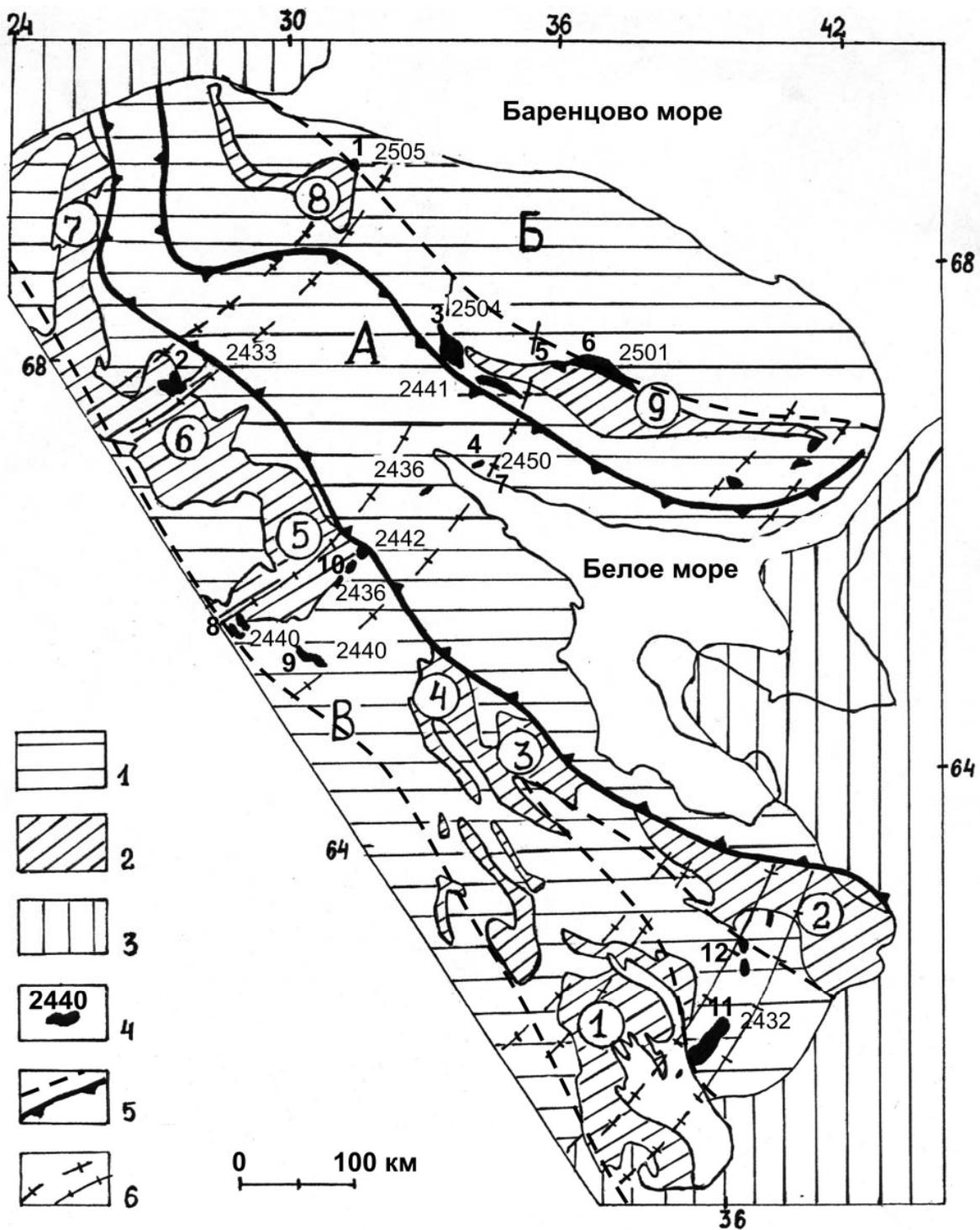


Рис. 6. Раннепротерозойская Онежско-Лапландская внутриконтинентальная рифтогенная структура, по: [Трофимов и др., 2002] с использованием данных: [Щеглов и др., 1993; Баянова, 2002; Турченко, 2007]:

1 – архейские нерасчлененные образования; 2 – нижнепротерозойские вулканогенно-осадочные комплексы; 3 – фанерозойские отложения; 4 – расслоенные интрузии и их изотопный возраст в млн лет (цифры на схеме: 1 – г. Генеральская, 2 – Койтилайнен, 3 – Мончегорская, 4 – Имандровская, 5, 6 – Федорово-Панский, 7 – Колвицкая, 8 – Койлисмаа, 9 – Нярянкяваара, 10 – Олангская группа, 11 – Бураковский, 12 – Монастырская группа); 5 – границы осевой зоны рифта и главные разломы; 6 – поперечные зоны растяжения, контролирующие внедрение расслоенных интрузий: А – главная осевая зона рифта (Беломорская платиноносная субпровинция – потенциальная), Б – северо-восточное плечо рифта (Кольская платиноносная субпровинция), В – юго-западное плечо рифта (Карельская платиноносная субпровинция); 1–9 (O): 1 – раннепротерозойские компенсационные структуры прогибания: 1 – Онежская, 2 – Ветренный Пояс, 3 – Лехтинская, 4 – Шомбозерская, 5 – Пана-Куоляярвинская, 6 – Сала-Соданкюля, 7 – Карасйок, 8 – Печенгская, 9 – Имандра-Варзугская

Анализ пространственной ориентировки рас- слоенных интрузивов Карело-Кольского региона показывает [Трофимов и др., 2002], что имеются разновозрастные группы, ориентированные вдоль главной оси рифта – Койлисмаа (Нярянкя- ваара – Портиваара) (2436–2446 млн лет), Имандра, Федорово-Панский, Мончегорский (~2500 млн лет), и ряд практически одновозра- стных массивов, группирующихся в поперечные пояса: 1 – Бураковско-Монастырско-Шидмо- зерский; 2 – Кеми-Контярви-Олангский и, воз- можно, другие. И если первый трассируется в пределах Карельского плеча, то во второй дос- таточно хорошо вписываются и массивы глав- ной оси рифта – Ковдозерский перидотит-габб- роноритовый и Колвицкий габбро-анортозито- вый, а также ориентированные вкрест пояса Имандровский (Кольская субпровинция) и Кой- лисмаа (Карельская субпровинция), имеющие очень узкий временной интервал формирова- ния – 2436–2450 млн лет.

Закономерности размещения расслоенных интрузий, их возрасты и ряд других особеннос- тей свидетельствуют о том, что мы, вероятно, имеем дело лишь с фрагментом крупной, види- мо, трехлучевой рифтовой системы – Лапланд- ско-Беломорско-Онежской, развивающейся по границе с Русской платформой и перекрытой ее отложениями. Поперечные пояса (раздвиговые зоны) – Бураковско-Монастырско-Шидмозер- ский и Кеми-Контярви-Олангский – развивают- ся параллельно предполагаемому Онежскому лучу рифта север-северо-восточного простира- ния. Такая схема развития рифтогенеза из всех нижнепротерозойских прогибов выводит по пер- спективности на первый план две структуры – Ветренный Пояс и Онежскую. Последнюю в этом случае следует относить к перикратонной, а не к интракратонной, как это считалось ранее [Тро- фимов и др., 1999].

Наличие расслоенных массивов, параллель- ных главной оси Онежско-Беломорско-Лапланд-

ского рифта в Имандра-Варзугской и Пана-Куо- лаярвинской структурах, предопределяет воз- можность нахождения таковых в структурах Вет- ренный Пояс и Лехтинско-Шомбозерской. Кроме того, по северному обрамлению Онежской впа- дины предполагается наличие еще одной попе- речной раздвиговой зоны трансформного ха- рактера (направление Суоярви – Медвежье- горск – Вирандозеро), в юго-западной части ко- торой имеется мощная, протяженностью около 30 км, дайка Кивач-Сямозеро, относимая к фор- мации расслоенных интрузий, и предполагается наличие ее аналогов на участках Виетукка-лампи и Святнаволок. Возможно, к формации ранне- протерозойских расслоенных интрузий относит- ся и Хюрсюльский дифференцированный гипер- базитовый массив. Таким образом, для террито- рии Карелии не исключается вероятность нахо- ждения новых расслоенных интрузивов, что су- щественно расширяет перспективы МПГ-оруде- нения малосульфидного типа.

Металлогеническая специализация ранне- протерозойского этапа рифтогенной активиза- ции Кольской субпровинции определяется Ni, Cu, Cr, ЭПГ с платинометалльным оруденением двух формаций – сульфидной и малосульфид- ной. Для Карельской субпровинции к этому набору элементов с подчиненным значением Ni и Cu добавляются Ti, V (Муставаара, Пудожгора и др.). Основные рудно-формационные типы ЭПГ – ма- лосульфидный, титаномагнетитовый, хромито- вый (табл. 2).

## Выводы

1. Территория Карелии является перспек- тивным платиноносным регионом северо-запа- да России с прогнозными ресурсами ЭПГ ~2000 т и преобладанием в них ресурсов сопут- ствующих платинометалльных типов орудене- ния (>60%) – титаномагнетитового с ванадием и хромитового.

Таблица 2. Сводная таблица прогнозных ресурсов МПГ и сопутствующего золота для Карельского региона

Рудно-формационные типы	Прогнозные ресурсы БЭ, т					Au
	ЭПГ по категориям				Всего	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	Всего		
Собственно платинометалльный тип						
Малосульфидный платинометалльный	258,0	420,0	402,0	1080,0		3,0
Сопутствующие платинометалльные типы						
Платиносодержащий хромитовый	–	10,0	110,0	120,0		*
Платиноидносодержащий титаномагнетитовый	191,9	429,0	50,0	670,9		295,0
Сульфидный платиноидно-медно-никелевый	1,6	11,0	3,0	15,6		*
Платино-полиметалльный онежского типа	5,0	1,0	95,0	101,0		70,0
Итого ресурсов сопутствующих ЭПГ	198,5	451,0	258,0	907,5		365,0
Всего ресурсов ЭПГ по Республике Карелия	456,5	871,0	660,0	1987,5		368,0

Примечание. \* – ресурсы не оценивались; с использованием данных [Савицкий и др., 1990, 1999; Ключин, 1994; Ганин и др., 1995; Тытык и др., 1997; Трофимов и др., 2002; Крупнейшее месторождение..., 2009 и др.].

2. Наиболее экономически значимым и перспективным рудно-формационным типом собственно платинометалльного оруденения является малосульфидный, связанный с расслоенными интрузивами перидотит-габброноритовой формации.

3. Имеются реальные предпосылки для выявления расслоенных перидотит-габброноритовых массивов, ориентированных вдоль Лапландской ветви Онежско-Лапландского рифта и в поперечных раздвиговых зонах, субпараллельных предполагаемой Онежской ветви.

4. Кроме платиноносных расслоенных интрузивов возраста 2,45–2,50 млрд лет, в пределах Карелии прогнозируются подобные же интрузии, но с возрастом 1,90–2,05 млрд лет, с которыми по аналогии с территорией Финляндии (Кейвитса и Нуоттиярви) могут быть связаны комплексные (Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Au) большеобъемные месторождения с низкими содержаниями полезных компонентов, пригодные для открытой добычи.

5. Огромные ресурсы БЭ – ~1000 т (Pt, Pd, Au), сконцентрированные в дифференцированных интрузивах габбродолеритов пудожгорского комплекса в пределах контуров подсчета запасов двух ванадий-титаномагнетитовых месторождений – Пудожгорском и Койкарско-Святнаволоцком, определяют вероятность выявления более глубоких магнезиальных фаций (гипабиссальных), не уступающих им по запасам БЭ, но с более богатым платиновым оруденением.

6. Согласно новой модели глубинного строения Онежской структуры прогнозируется открытие в ее пределах сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений печенгского типа в связи с гипербазитами трапповой формации.

## Литература

*Афанасьева Е. Н. и др.* Проведение поисков месторождений золота в пределах Лежневской площади Республики Карелия. Отчет // Фонды ВСЕГЕИ. СПб., 1997.

*Афанасьева Е. Н. и др.* Составление прогнозно-металлогенической карты на благороднометалльное оруденение Пана-Куоляярвинского прогиба м-ба 1 : 200 000. Отчет // Фонды ВСЕГЕИ. СПб., 2004.

*Ахмедов А. М., Воинова О. А., Калабашкин С. П. и др.* Компьютерная карта золотоносности докембрия Карельского региона масштаба 1 : 1 000 000: Анализ перспектив // Регион. геол. и метал. 2001а. № 13–14. С. 84–104.

*Ахмедов А. М., Голубев А. И., Шурыгин В. Н.* Геохимические аномалии благородных металлов в черных сланцах Салла-Куоляярвинского прогиба (Северная Карелия) // Геология и полезные ископае-

мые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001б. С. 26–32.

*Баянова Т. Б.* Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. М., 2002. 46 с.

*Билибина Т. В., Мельников Е. К., Савицкий А. В.* О новом типе месторождений комплексных руд в Южной Карелии // Геол. рудн. месторожд. 1991. № 6. С. 3–14.

*Гавриленко Б. В.* Минерагения благородных металлов и алмазов северо-восточной части Балтийского щита: Дис. ... докт. геол.-минер. наук. Апатиты, 2003. 399 с.

*Ганин В. А. и др.* Геологическое строение и полезные ископаемые Бураковско-Аганозерского массива и его обрамления. Отчет // ФГУ «ТФИ по Республике Карелия». Петрозаводск, 1995.

*Гинсбург И. И.* Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива Белого моря // Труды Северной научно-промысловой экспедиции. Петрозаводск, 1921. В. 7. 64 с.

*Голубев А. И., Иващенко В. И.* Карельская благороднометалльная провинция – минерально-сырьевой потенциал XXI века северо-запада России // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. С. 135–148.

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

*Голубев А. И., Трофимов Н. Н., Лавров М. М., Филиппов Н. Б.* Рудно-формационные типы платиновых объектов Карелии // Платина России. Т. V. М., 2004. С. 335–344.

*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.* Платинометалльные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 755 с.

*Иванченко В. И., Давыдов П. С.* Основные черты геологического строения месторождений и проявлений МПГ южной части Мончегорского рудного района // Сб. материалов проекта Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. В. II. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 70–78.

*Иващенко В. И., Голубев А. И.* Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 368 с.

*Иващенко В. И., Лавров О. Б.* Благороднометалльное оруденение Юго-Западной Карелии // Проблемы золотоносности и алмазоносности Севера европейской части России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1997. С. 44–51.

*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. // ТГФ. Мончегорск, 1994.

Кожевников В. Н. Термальные условия в архейской мантии и алмазоносность кратонов // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. (Петрозаводск, 12–15 ноября 2007 г.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 168–170.

Кожевников В. Н., Светов С. А. Мантийные и коровые термальные аномалии в архее и раннем протерозое: региональный анализ, глобальные корреляции, металлогенические следствия // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 4. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2001. С. 3–17.

Корчагин А. У., Субботин В. В., Митрофанов Ф. П., Минеев С. Д. Платинометалльное месторождение Киевей в Западно-Панском расслоенном массиве: геологическое строение и состав оруденения // Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 12–33.

Крупнейшее месторождение хрома в России. Инвестиционная возможность. ЗАО «Норит». 2009. 17 с.

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

Логовинов В. Н., Гриневич Н. Г., Дегтярев Н. К. и др. Оценка рудного потенциала Бураковской расслоенной интрузии и ее обрамления: Тез. симпозиум «Міпех». Петрозаводск, 2007.

Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. Апатиты: КНЦ РАН, 1995. 254 с.

Медведев Л. В. Разведка и добыча золота и металлов платиновой группы на Нименьгской площади: Инвест. проект. Архангельск, 2003.

Медно-никелевые месторождения Балтийского щита / Отв. ред. Г. И. Горбунов, Х. Папунен. Л.: Наука, 1985. 330 с.

Медно-никелевые месторождения Печенги / Отв. ред. Н. П. Лаверов. М.: ГЕОС, 1999. 236 с.

Металлогения Карелии / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. 340 с.

Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 1 / Под. ред. В. П. Михайлова и В. Н. Аминова. Петрозаводск: Карелия, 2005. 278 с.

Митрофанов Ф. П. Раннедокембрийская геодинамика, магматизм и металлогения Кольской провинции // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, № 4. С. 567–570.

Митрофанов Ф. П., Яковлев Ю. Н., Балабонин Н. Л. и др. Кольский регион – новая платинометаллическая провинция // Геология и генезис платиновых металлов. М.: Наука, 1994. С. 65–79.

О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2009 г. // Гос. докл. Министерства природных ресурсов РФ / Гл. ред. С. Е. Донской. ИАЦ «Минерал», ФГУНПП «Аэрогеология». М., 2010.

Петров О. В., Шевченко С. С., Ахмедов А. М. Новые промышленные типы комплексных руд благородных и цветных металлов в докембрии восточной

части Балтийского щита // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 292–296.

Пожиленко В. И. Позднеархейский расслоенный диорит-базит-гипербазитовый массив Оспе-Лувтуайвенч (Кольский Полуостров) // Сборник материалов проекта Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. В. II. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. С. 89–96.

Поликарпов В. И. Отчет Центральной экспедиции № 2 о результатах специализированного геологического картирования м-ба 1 : 50 000, проведенного по геологическому заданию 2-44 на Гирвасской площади в 1988–1991 гг. // Фонды ГП «Невскгеология». Л., 1991.

Попов В. Е., Торицын А. Н. Благородные металлы (Au, Ag, МПГ) в стратиформных редкометалльно-полиметаллических рудах Северного Приладожья // Благородные металлы и алмазы севера Европейской части России: Тез. докл. регион. симпозиум. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1995. С. 135–137.

Попов В. Е., Робонен В. И., Стромов В. А., Торицын А. Н. Золотоносность южной части зеленокаменного пояса Иломанси // Проблемы золотоносности и алмазоносности Севера европейской части России. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1997. С. 41–44.

Ручьев А. М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс, Северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2002. С. 47–58.

Савицкий А. В., Петров Ю. В., Зайцев В. С. и др. Оценка перспектив северо-западной части Онежского прогиба и его обрамления на выявление крупных месторождений комплексных руд. Отчет по геологическому заданию 311 // Фонды ВСЕГЕИ, ГП «Невскгеология». Л., 1990.

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. М., 1999. С. 241–259.

Сорохтин Н. О., Козлов Н. Е., Козлова Н. Е., Мартынов Е. В. Позднеархейские коматииты и глобальные особенности их рудоносности // Докл. РАН. 2009. Т. 425, № 2. С. 237–239.

Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Пудожгорское благороднометаллическое титаномагнетитовое месторождение. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2008. 120 с.

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

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

Трофимов Н. Н., Голубев А. И., Лавров М. М., Ганин В. А. Перспективные типы платинометалльного оруденения в расслоенных интрузиях Карелии // Платина России. Т. V. М., 2004. С. 205–225.

Турченко С. И. Металлогения тектонических структур палеопротерозоя. СПб.: Наука, 2007. 175 с.

Тытык В. М. и др. Отчет о результатах геолого-разведочных работ первого этапа (предварительная разведка), проведенных на Лебяжинском, Светлозерском, Восточно-Вожминском Cu-Ni и Северо-Вожминском Cu-Zn месторождениях в Сегежском и Медвежьегорском районах РК в 1990–1994 гг. по договору с Текобанком (объект Кивиярви) // Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1997.

Федюк А. В., Морозов С. А., Фурман В. И. Отчет о результатах поисковых работ на никель в пределах центральной части Вожминского массива ультрамафитов и прилегающих площадей за 1978–1979 гг. // Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1979.

Чащин В. В., Галкин А. С., Озерянский В. В., Дедюхин А. Н. Сопчеозерское месторождение хромитов и его платиноносность, Мончегорский плутон (Кольский п-ов) // Геол. рудн. месторожд. 1999. Т. 41, № 6. С. 507–515.

Черников А. А. Глубинный гипергенез, минералогия и рудообразование. М.: Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, 2001. 99 с.

Шевченко С. С., Ахмедов А. М., Крупеник В. А., Свешникова К. Ю. благороднометалльные метасоматиты позднего архея Чупино-Лоухского фрагмента Беломорской подвижной зоны // Регион. геол. и метал. 2009. № 37. С. 106–120.

Шевченко С. С., Ахмедов А. М., Крупеник В. А. и др. Золотоносность вендских отложений и подстилающих их метасоматитов структурной зоны Ветре-

ный пояс // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 439–443.

Яцкевич Б.А., Глухоедов Н.В., Филько А.С. и др. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов России // Платина России. Т. 2. М., 1994. С. 227–248.

Alapieti T. T. Classification of the Fennoscandian early Palaeoproterozoic (2,5–2,4 Ga) layered intrusion and related PGE deposits / Kola-Karelia GIS. Mineral Deposits of the Eastern Part of the Fennoscandian Shield. NavigaSIG CD-ROM v. 1.0. Moscow: Russian-French Metallogenic Laboratory, 2008.

Coveney R. M., Chen N. Ni-Mo-PGM-Au rich ores in Chinese black shales and speculation on possible analogues on the United States // Mineral Deposita. 1991. Vol. 26, N 2. P. 83–88.

Filen B. Swedish layered intrusions anomalous in PGE-Au // Weihed P. (ed.). Economic geology research. Vol. 1. 1999–2000. Uppsala: Sveriges geologiska undersokning, 2001. C 833. P. 33–45.

Frietch R., Tuisku P., Martinson O. et al. Early proterozoic Cu-Au and Na-Cl metasomatism in Northern Fennoscandia // Ore geology reviews. 1997. Vol. 12, N 1. P. 1–34.

Halkoaho T. A. A. Platinum-group minerals in the lower part of megacyclic unit IV of the Penikat layered intrusion, northern Finland // GFF. 1991. Vol. 113. P. 49–51.

Iijina M. Platinum-group element database of Finland // Project publication An Interreg-Tacis Project: Strategic Mineral Resources of Lapland – Base for the Sustainable Development of the North. Vol. II. Apatity: KSC RAS, 2009. P. 6–11.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### **Голубев Анатолий Иванович**

зав. лаб. магматизма, палеовулканологии и металлогении, канд. геол.-минер. наук  
Институт геологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: golubev@krc.karelia.ru  
тел.: (8142) 769824

### **Иващенко Василий Иванович**

ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук  
Институт геологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: ivashche@krc.karelia.ru

### **Golubev, Anatoly**

Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: golubev@krc.karelia.ru  
tel.: (8142) 769824

### **Ivashchenko, Vasily**

Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: ivashche@krc.karelia.ru