

УДК 553.491(470.21)

DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-5-731-751

## Главные месторождения и проявления платинометалльных руд Кольского пояса расслоенных интрузий (Кольский полуостров, Россия)

П. В. Припачкин

Геологический институт КНЦ РАН, 184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14,  
e-mail: paul@geoksc.apatity.ru

Поступила в редакцию 15.07.2018 г., принята к печати 01.02.2019 г.

*Объект исследований.* В работе приведены данные о главных платинометалльных рудопоявлениях и месторождениях Кольского пояса расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузий (Кольский полуостров). *Материалы и методы.* Выполненный анализ базировался на многолетних собственных исследованиях автора в пределах большинства объектов и проработке внушительного объема опубликованной и фондовой литературы в данной области. *Результаты.* Составлены своеобразные “паспорта” главных платинометалльных объектов Кольского полуострова, включающие максимально допустимое количество характеризующих их параметров (геолого-структурных, изотопно-геохимических, минералогических). *Заключение.* Образование ЭПГ оруденения соотнесено с возрастными характеристиками крупных расслоенных комплексов и последовательностью внедрения отдельных магматических фаз внутри них. По заданным параметрам исследованные объекты характеризуются спецификой, которая позволяет выделять среди них более и менее промышленно значимые. Приведенные материалы также подчеркивают важность понимания этих специфических черт при дальнейшей эксплуатации месторождений.

**Ключевые слова:** платинометалльные месторождения, расслоенные интрузии, Кольский пояс

## Major deposits and occurrences of platinum ores of the Kola belt layered intrusions (Kola Peninsula, Russia)

Pavel V. Pripachkin

Geological Institute KSC RAS, 14 Fersman st., Apatity, 184209 Russia,  
e-mail: paul@geoksc.apatity.ru

Received 15.07.2018, accepted 01.02.2019

*Research subject.* This paper presents data characterizing major occurrences and deposits of platinum group elements (PGE) of Kola belt layered mafic-ultramafic intrusions (Kola Peninsula). *Materials and methods.* The study was based on extensive experimental data collected by the author over a long-term period and a comprehensive analysis of published and archive literature pertaining to this field. *Results.* Certificates (so-called passports) were compiled for all major PGE objects in the Kola Peninsula, which include diverse characterization parameters (geological, structural, isotope-geochemical, mineralogical). The formation of PGE mineralization was compared with both the age characteristics of large layered complexes and the sequence of intrusion of individual magmatic phases. *Conclusion.* The proposed parameters can be used to determine specific features of PGE objects, thus allowing identification of objects promising in terms of industrial development. The obtained results demonstrate the importance of taking into account these specific features during mineral deposit exploitation.

**Keywords:** PGE deposits, layered intrusions, Kola belt

### Acknowledgements

The author expresses sincere gratitude to his colleague T. Rundqvist, without her valuable comments and much help this article would be impossible.

The studies were carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (project No. 11-05-00061-a) and within the framework of the research topic of the Scientific Center of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences AAAA-A16-116022610109-3.

**Для цитирования:** Припачкин П.В. (2019) Главные месторождения и проявления платинометалльных руд Кольского пояса расслоенных интрузий (Кольский полуостров, Россия). *Литосфера*, 19(5), 731-751. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-5-731-751

**For citation:** Pripachkin P.V. (2019) Major deposits and occurrences of platinum ores of Kola belt layered intrusions (the Kola Peninsula, Russia). *Litosfera*, 19(5), 731-751. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-5-731-751

© П.В. Припачкин, 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Долгое время расслоенные палеопротерозойские мафит-ультрамафитовые интрузии Кольского полуострова рассматривались в основном как потенциальные источники руд цветных металлов (меди и никеля). Однако открытые в 30-х гг. прошлого века богатые жильные руды Мончегорского плутона смогли обеспечить бесперебойную работу комбината “Североникель” не более чем на три десятилетия. Объекты других подобных массивов, и в первую очередь Федорово-Панского, призванные прирастить ресурсы медно-никелевого сырья региона, оказались бесперспективными. Ситуация резко изменилась в 1990-е гг., когда мафит-ультрамафитовые интрузивы стали интенсивно изучаться на предмет их платинометаллической специализации.

В ходе поисково-оценочных работ и детальных научных исследований выяснилось, что эти объекты в пределах северо-восточной части Балтийского щита могут быть объединены в Кольскую платинометаллическую провинцию [Митрофанов и др., 1994], в рамках которой к настоящему времени поставлено на баланс ГКЗ уже семь месторождений платинометаллических руд. Учеными ГИ КНЦ РАН было отмечено, что сумийские расслоенные массивы гипербазит-базит-анортозитового состава формируют так называемый Кольский пояс (рис. 1), Pt-Pd месторождения которого весьма сходны по геологии, металлогении и запасам с финскими из пояса Торнио-Ньянкаваара [Митрофанов, 2008]. Дальнейшие исследования в этом направлении привели к включению массивов Кольского пояса (Кольской платинометаллической провинции), совместно с финскими, в состав более крупной – Восточно-Скандинавской плюмовой базитовой обширной изверженной провинции (ВСПБОИП) [Митрофанов и др., 2013].

Месторождениям и проявлениям ЭПГ, связанным с расслоенными интрузиями Кольского пояса, посвящена многочисленная литература. Сведения о них содержатся в сборниках, изданных в рамках государственной программы “Платина России” [Платинометаллические месторождения..., 1994; Платина России..., 1994, 1999; Додин и др., 2000], сборниках материалов совместного российско-финско-шведского проекта “Interreg-Tacis” (2008, 2009 гг.), а также в обобщающих работах по ВСПБОИП [Митрофанов и др., 2013; Чашин, Митрофанов, 2014]. Тем не менее достаточно полной сводки о главных платинометаллических объектах Кольского региона до сих пор не было опубликовано.

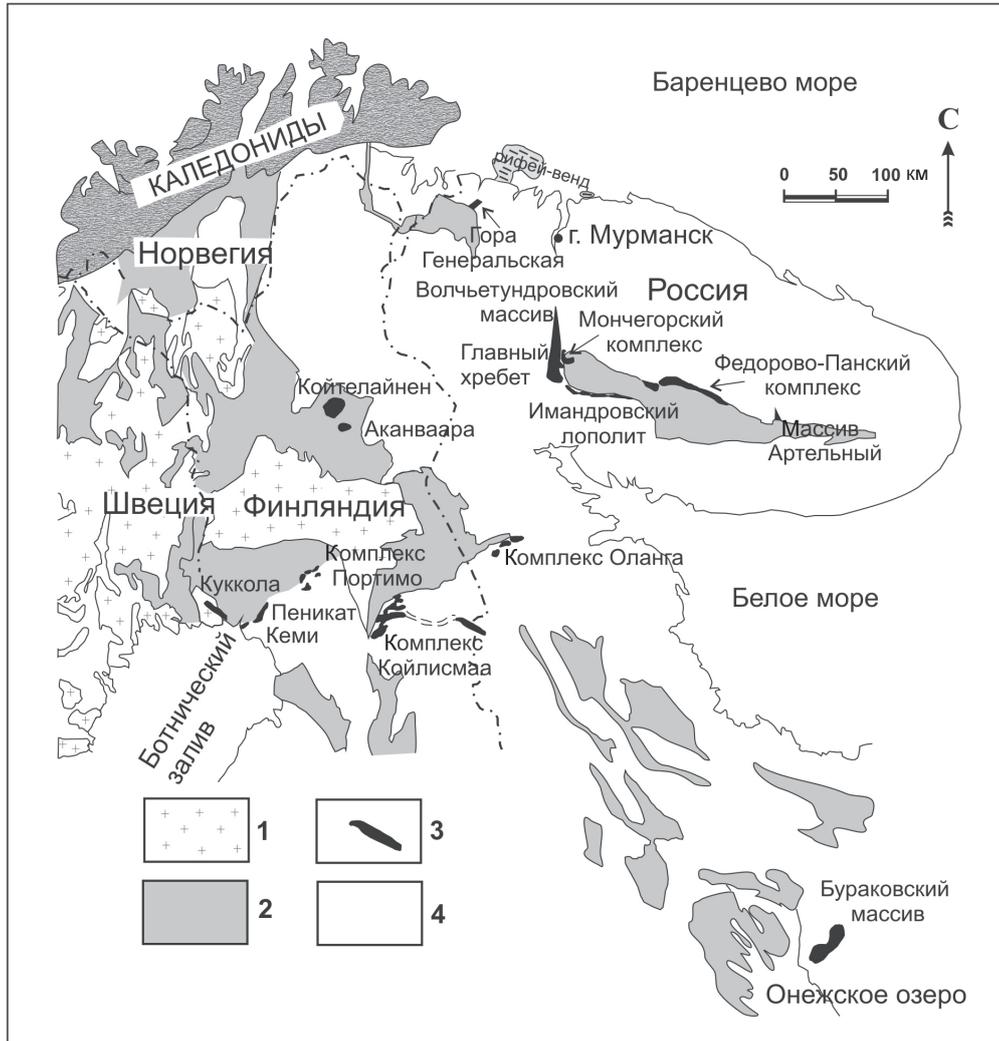
ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Многолетние собственные исследования и изучение опубликованной и фондовой литературы легли в основу большого объема вновь полученной инфор-

мации. Основным результатом стало сведение этой информации в таблицу в формате Microsoft Excel и написание к ней объяснительной записки для итогового отчета РФФИ (проект № 11-05-00061-а, завершившийся в 2013 г.). К сожалению, из-за большого объема опубликовать таблицу, даже частично, не представляется возможным. Некоторым выходом из положения при подготовке этого обширнейшего материала к публикации явилось сокращение ряда параметров (например, пришлось убрать сведения о второстепенных рудных минералах, морфологии и размерах рудных залежей) и объектов (например, участков Пентландитовый ручей, Восточно-Мончетундровский и Морошковое озеро; несмотря на высокие содержания ЭПГ, они приурочены к тектоническим зонам, а их оруденение не выдержано по простиранию и падению). Также для описания объектов были оставлены только данные, опубликованные в открытой печати и источниках, не содержащих грифы об ограничении использования информации. В итоге в настоящей статье приводятся данные о наиболее значимых месторождениях и рудопроявлениях ЭПГ Кольского региона. Отметим также, что ключевым моментом стало изменение формата подачи данных: вместо объемных таблиц было решено ограничиться составлением своеобразных “паспортов” объектов, включающих максимально допустимое количество характеризующих их параметров. Эти данные частично отражены в ряде наших публикаций, однако в таком объеме они публикуются впервые.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемые объекты принадлежат к раннепротерозойским (2.5–2.45 млрд лет) [Баянова, 2004; Баянова и др., 2010; Ниткина, 2006; Рундквист и др., 2014; и др.] мафит-ультрамафитовым расслоенным комплексам, локализованным в центральной и северо-западных частях Кольского полуострова (см. рис. 1). Тектоническое положение их в целом однотипно – на границе пород архейского фундамента и вулканогенно-осадочных образований свиты Имандра-Варзуга (за исключением Волчьегундровского массива, отдельных фрагментов интрузий или участков в тектонических зонах). Заметим, что принадлежность тех или иных объектов к тому или иному интрузивному комплексу в ряде случаев до сих пор служит предметом дискуссии (например, Южносопчинский массив). Тем не менее главным параметром, объединяющим все исследованные объекты, является наличие в их пределах различных типов сульфидного и связанного с ним ЭПГ оруденения. Далее мы приводим основные сведения, касающиеся геологии, геохронологии и минералогии этих интрузивов в порядке их пространственного расположения в пределах Кольского пояса – в направлении с северо-запада



**Рис. 1.** Геологическая схема северо-востока Балтийского щита с расположением расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузий с возрастом около 2.45–2.52 млрд лет [Илжина, 1994], с дополнениями.

1 – свежкокарельские гранитоиды, 2 – палеопротерозойские осадки и вулканические породы, 3 – основные расслоенные интрузии с возрастом 2.5–2.4 млрд лет, 4 – архейские породы.

**Fig. 1.** Geological scheme of the northeast of the Baltic shield with the location of layered mafic-ultramafic intrusions, about 2.45–2.52 Ga in age [Илжина, 1994], with additions.

1 – Sveko-Karelian granitoids, 2 – Paleoproterozoic sediments and volcanic rocks, 3 – mafic layered intrusions 2.5–2.4 Ga, 4 – Archean rocks.

на юго-восток – от массива горы Генеральской до Восточно-Панского (см. рис. 1). Положение объектов внутри расслоенного комплекса Главного хребта (РКГХ), Мончегорского расслоенного плутона (Мончеплутона) и Федорово-Панского расслоенного комплекса (ФПРК) показано на рис. 2 и 3.

#### Массив горы Генеральской (массив Луостари)

**Интрузивный комплекс.** Самостоятельный массив в северо-восточном обрамлении Печенгской структуры.

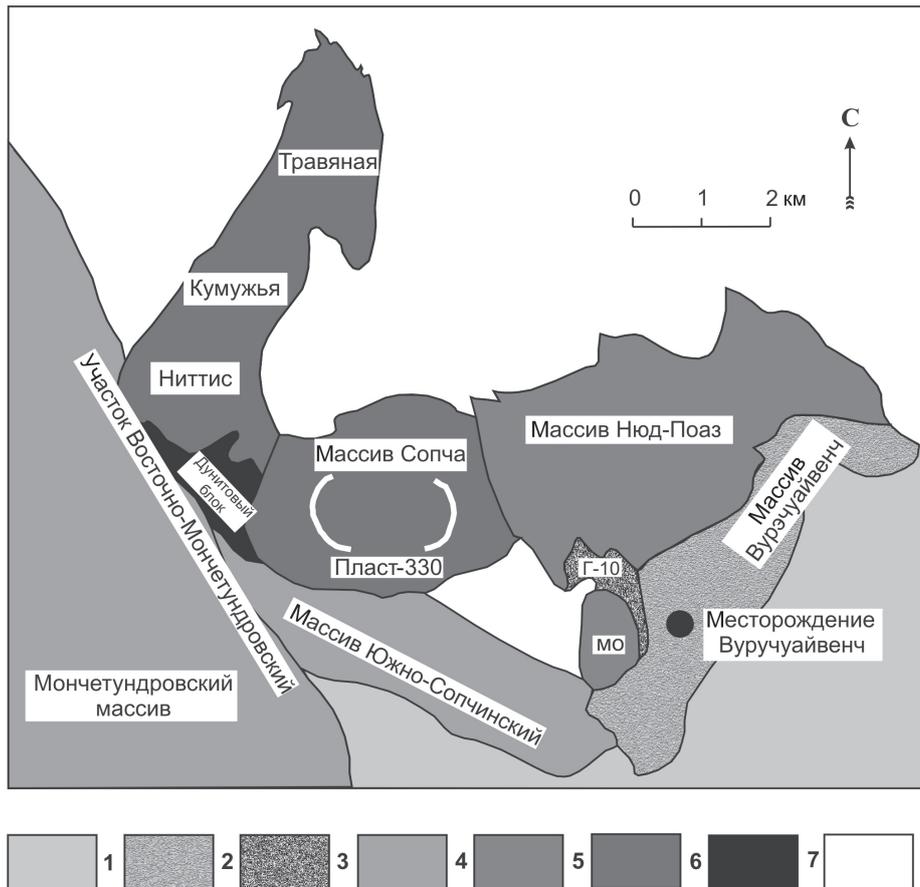
**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Мульдообразная с крутым падением контактов навстречу друг другу [Медноникелевые месторождения..., 1999].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – гнейсы кольской серии (AR), перекрывающие – осадочно-вулканогенные породы печенгской серии (PR).

**Породы интрузии.** Габбронориты, троктолиты, оливковые пироксениты, оливковые нориты, оливковые габбронориты [Гроховская и др., 1999].

**Возрастные характеристики.** Габбронориты верхней зоны  $2493 \pm 6.5$  млн лет [Bayanova,



**Рис. 2.** Геологическая схема Мончегорского комплекса и зоны его контакта с Мончетундровским массивом (интрузией).

1 – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга, 2 – метагабброиды массива Вурэчуайвенч, 3 – габбро и диориты массива Габбро-10, 4 – габброиды Мончетундровского и Южно-Сопчинского массивов, 5 – нориты массива Нью-Поаз, 6 – пироксениты и перидотиты массивов Н-К-Т и Сопча, 7 – дуниты, 8 – архейские гнейсы.

**Fig. 2.** Geological scheme of the Monchegorsk complex and its contact zone with the Monchetundra massif (intrusion).

1 – Volcanic-sedimentary rocks of the Imandra-Varzuga zone, 2 – metagabbroids of the Vurechuaivench massif, 3 – gabbro and diorites of the Gabbro-10 massif, 4 – gabbroids of the Monchetundrovsky and South-Sopchinsky massifs, 5 – norites of the Nyud-Poaz massif, 6 – pyroxenites and peridotites of the N-K-T and Sopcha massifs, 7 – dunites, 8 – Archaean gneisses.

Smolkin, 1996], возраст интрузива – от  $2496 \pm 10$  до  $2447 \pm 10$  млн лет [Вауанова, Митрофанов, 1999].

**Тип оруденения.** Рифовый, малосульфидный (?).

**Структурно-литологический контроль оруденения.** Связь с ритмами (циклическими пачками пород) ритмично-расслоенной зоны, в пределах ритмов – с плагиоклазовыми и плагиоклаз-оливиновыми кумулатами [Гроховская и др., 1999].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** Минералы платиновых металлов (МПМ) связаны с сульфидами, содержание сульфидов в породах с вкрапленным оруденением не превышает 15–20%, размер зерен – 3–7 мм, редко до 1–2 см; длина прожилков – 5–10 см (в единичных случаях до 1.2 м), мощность – 2–5 мм (в еди-

ничных случаях до 3.5 см) [Бакушкин, 1979].

**Главные рудные минералы.** Пентландит, пирротин, халькопирит, пирит [Бакушкин, 1979; Гроховская и др., 1999].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** Сперрилит, меренскиит, холлингвортит, теллуropаладинит, майченерит, котульскит, размер зерен от 5–25 до 100 мкм [Бакушкин, 1979; Барков и др., 1994; Гроховская и др., 1999].

**Содержания Cu, Ni.** 0.2–2.0% [Гроховская и др., 1999].

**Содержания ЭПГ.** Сумма ЭПГ – 3.0–19.3 [Бакушкин, 1979], 0.5–4.0 [Гроховская и др., 1999] г/т.

**Отношение Pd/Pt.** 6.0 [Бакушкин, 1979], 4.0–15.0 [Гроховская и др., 1999].

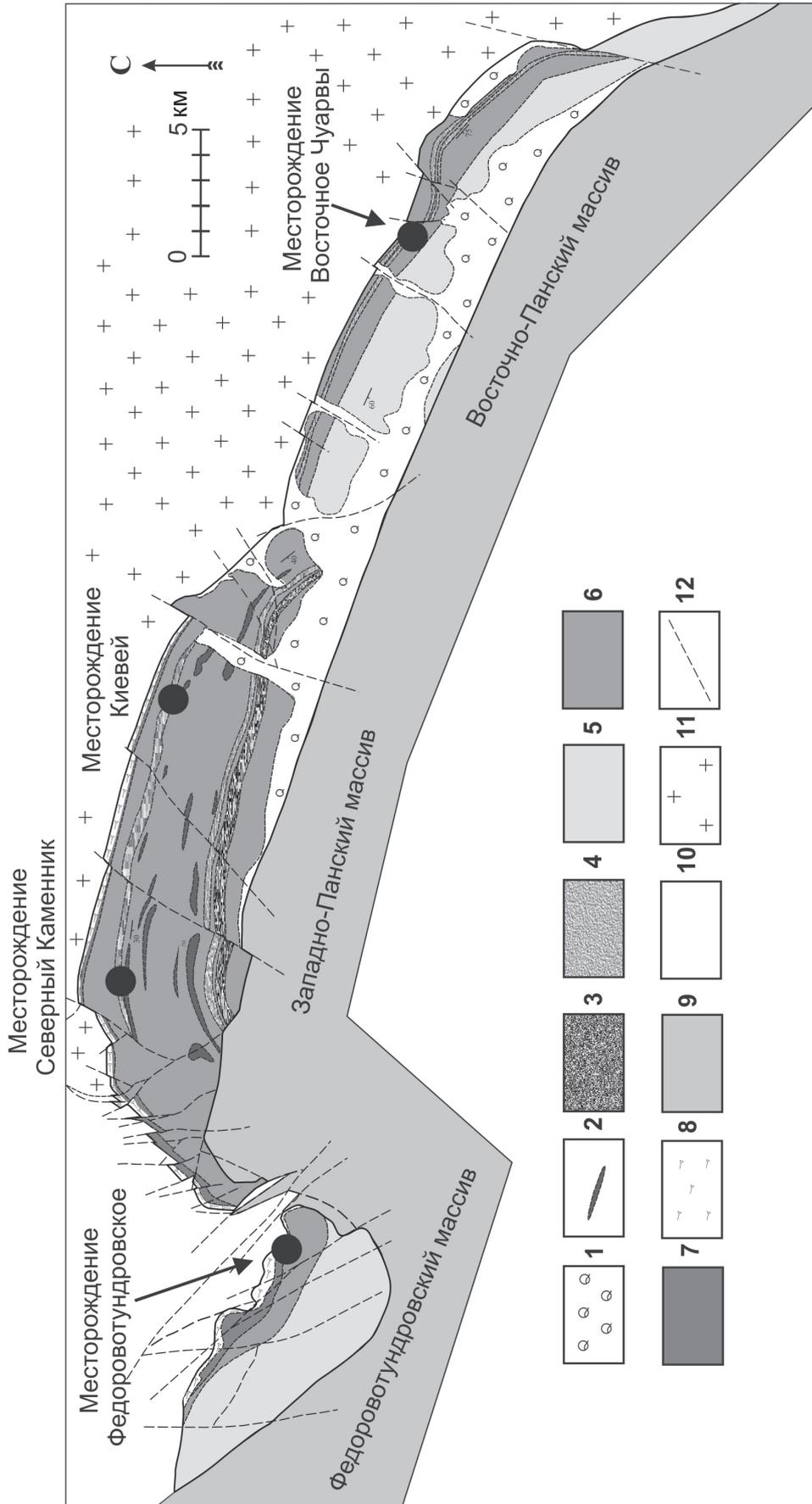


Рис. 3. Геологическая схема Федорово-Панского расслоенного комплекса [Карпов, 2004], с изменениями и дополнениями.

1 – четвертичные отложения, 2 – тела магнетитовых габбро, 3 – оливиновый горизонт, 4 – расслоенные горизонты, 5 – габбро, 6 – габбронориты, 7 – нориты, 8 – породы краевой зоны, 9 – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга, 10 – породы архейского основания (гнейсы, сланцы, амфиболиты, гранитоиды), 11 – щелочные граниты Белых тундр, 12 – разрывные нарушения.

Fig. 3. Geological scheme of the Fedorova-Pana layered complex [Karpov, 2004], with changes and additions.

1 – Quaternary deposits, 2 – magnetite gabbro bodies, 3 – olivine horizon, 4 – layered horizons, 5 – gabbro, 6 – gabbrohorites, 7 – norites, 8 – rocks of the marginal zone, 9 – volcanic-sedimentary rocks of the Imandra-Varzuga zone, 10 – rocks of the Archean basement (gneisses, schists, amphibolites, granitoids), 11 – alkaline granites of the Belaya tundra, 12 – faults.

**Статус объекта.** Объект на поисково-оценочной стадии.

### Массив Волчьегундровский

**Интрузивный комплекс.** Расслоенный комплекс Главного хребта.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия (?), фрагмент расслоенной интрузии (?).

**Форма интрузии.** Ныне – крутопадающий пласт (посттектоническая форма), первично – мульда [Чашин и др., 2012], дайкообразное тело (?) [Расслоенные интрузии..., 2004].

**Вмещающие породы.** Подстилающие (?) (тектонический контакт) – биотитовые гнейсы, амфиболиты, гнейсоплаггиограниты, гнейсодиориты Беломорского подвижного пояса (AR), перекрывающие (?) (интрузивный контакт) – основные и кислые гранулиты, амфиболиты, плагиогнейсы гранат-биотитовые, кварциты магнетитовые, гнейсодиориты и эндербиты Кольского блока (AR) [Чашин и др., 2012].

**Породы интрузии.** Мелко- и среднезернистые мезо- и лейкократовые нориты и габбронориты, плагиоклазиты, ортопироксениты, крупнозернистые габбро-анортозиты, лейкогаббро и габбро-нориты, средне- и крупнозернистые анортозиты, троктолиты, пегматоидные габбронориты, жилы магнетитового габбро [Назимова, Райан, 2009; Чашин и др., 2012].

**Возрастные характеристики.** Лейконориты краевой зоны –  $2473 \pm 7$  и  $2463 \pm 2.4$  млн лет, анортозиты главной зоны –  $2407 \pm 3$  млн лет [Чашин и др., 2012]; лейкогаббро главной зоны –  $2467 \pm 8$  млн лет [Чашин, Петров, 2013].

**Тип оруденения.** Контактный (1) рифовый, малосульфидный (2).

**Структурно-литологический контроль оруденения.** 1. Связь с телами норитов, габброноритов, плагиоклазитов Краевой зоны [Назимова, Райан, 2009; Чашин и др., 2012]. 2. Связь с границами мегациклов Главной зоны (аналогично финским интрузиям Ахмаваара и Контиярви) [Назимова, Райан, 2009].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** 1. МПМ связаны с сульфидами, сульфиды представлены в основном мелкой (1–2 мм) вкрапленностью, содержание сульфидов – 1–2, редко – до 5–20% [Назимова, Райан, 2009], содержание сульфидов – 2–5% [Чашин, Петров, 2013]. 2. Тесная корреляция МПМ с сульфидами отсутствует, сульфидная вкрапленность в рудных участках составляет менее 1% или вообще отсутствует [Назимова, Райан, 2009]; содержание сульфидов – 1–3% [Чашин, Петров, 2013].

**Главные рудные минералы.** Пентландит, пирит, халькопирит, пирротин [Чашин, Петров, 2013].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** Брэггит, ку-

перит, сперрилит, мончеит висоцкит, котульскит, меренскиит, палладоарсенид, арсенопалладинит, размер зерен – 10–150, в среднем – 20–50 мкм [Назимова, Райан, 2009; Чашин, Петров, 2013].

**Содержания Cu, Ni.** 1. Содержания Cu – 0.07–0.25, Ni – 0.05–0.027% [Чашин, Петров, 2013]. 2. Содержания Cu – 0.04–0.4, Ni – 0.01–0.067% [Чашин, Петров, 2013].

**Содержания ЭПГ.** 1. ЭПГ + Au составляют 0.3–2.2 г/т [Назимова, Райан, 2009]; ЭПГ + Au – от 1–2 до 3–5, в среднем – 1.37 г/т [Чашин, Петров, 2013]. 2. ЭПГ + Au 1.9–14.3 г/т [Назимова, Райан, 2009]; ЭПГ + Au 1–6, в среднем – 1.61 г/т [Чашин, Петров, 2013].

**Отношение Pd/Pt.** 1. 2.0–5.0 [Назимова, Райан, 2009], в среднем – 3.1 [Чашин, Петров, 2013]. 2. 0.8 [Назимова, Райан, 2009], в среднем – 1.3 [Чашин, Петров, 2013].

**Статус объекта.** Объект на поисково-оценочной стадии.

### Массив Мончетундра (Мончетундровская интрузия)

**Интрузивный комплекс.** Расслоенный комплекс Главного хребта.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Лополитообразная с крутым падением пород на контактах и пологим – в центральных частях [Расслоенные интрузии..., 2004].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – плагиогнейсы, гиперстеновые диориты (AR).

**Породы интрузии.** Анортозиты, габбро и лейкогаббро, мезо- и лейкократовые габбронориты, меланократовые габбронориты, нориты, меланократовые нориты, ортопироксениты, плагиопироксениты (иногда кварцсодержащие), оливиновые габбронориты, перидотиты, дуниты (иногда с линзами хромитита), гарцбургиты, плагиогарцбургиты, троктолиты, жилы гранофилов [Гроховская и др., 2003; Расслоенные интрузии..., 2004; Назимова, Райан, 2009; Баянова и др., 2010].

**Возрастные характеристики.** Лейкогаббронориты верхней части разреза –  $2471 \pm 9$  млн лет, габбро-анортозиты –  $2476 \pm 17$  млн лет, метагаббро нижней части разреза –  $2521 \pm 8$  млн лет [Баянова и др., 2010].

**Тип оруденения.** Рифовый, малосульфидный (на двух уровнях разреза – 1 и 2).

**Структурно-литологический контроль оруденения.** 1. Ритмично-расслоенная зона (нижняя часть разреза): связь с макроритмами (пироксениты, нориты, габбронориты с подчиненным развитием перидотитов и дунитов с разлинзованными пластами хромитового оруденения) [Гроховская и др., 2003]. 2. Породы средней и верхней зоны: связь с телами габброноритов, анортозитов, троктолитов лейкогаббро (гранат, амфибол, магнетит) без четкого контроля [Нерович и др., 2009].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** 1. МПМ связаны с сульфидами, представленными в основном мелкой (1–2 мм) вкрапленностью, содержание сульфидов – от долей до 1–2% [Войтехович и др., 2002]; содержание сульфидов – от 0.5–2 до 30% [Назимова, Райан, 2009]. 2. МПМ связаны с сульфидами, представленными в основном мелкой (1–2 мм) вкрапленностью, содержание сульфидов 0.5–1% [Корчагин и др., 2004]; содержание сульфидов – 1–1.5% [Нерович и др., 2009].

**Главные рудные минералы.** 1. Пентландит, халькопирит, пирротин [Войтехович и др., 2002]. 2. Пентландит, халькопирит, пирротин [Войтехович и др., 2002].

**Главные рудные минералы ЭПГ (Au, Ag).** 1. Котульскит, меренскиит, мончеит, брэггит, куперит, висоцкит, сперрилит, палладоарсенид, холлингвортит, звягинцевит, электрум, самородные Au и Ag, размер зерен – 10–40, реже – до 70–100 мкм [Войтехович и др., 2002; Гроховская и др., 2003, 2009]. 2. Брэггит, висоцкит, стиллуотерит, самородное золото, мончеит, электрум, минералы ряда меренскиит-мелонит, размеры зерен от 1–2 до 10 мкм [Нерович и др., 2009].

**Содержания Cu, Ni.** 1. Содержания Cu – 0.01–0.15, среднее – 0.07%, содержания Ni – 0.017–0.16, среднее – 0.06% [Войтехович и др., 2002]; среднее содержание Ni + Cu – 0.18% [Чашин, Митрофанов, 2014]. 2. Содержания Cu – 0.01–0.5%, среднее – 0.03%, содержания Ni – 0.01–0.02, среднее – 0.014% [Корчагин и др., 2004].

**Содержания ЭПГ.** 1. ЭПГ + Au – от 0.85 до 4.27 г/т [Назимова, Райан, 2009]; ЭПГ + Au – от 0.46 до 4.64, в среднем – 1–1.5 г/т [Войтехович и др., 2002]; средняя сумма ЭПГ – 1.36 г/т [Чашин, Митрофанов, 2014]. 2. ЭПГ + Au – 0.06–0.3, в среднем – 0.1 г/т [Корчагин и др., 2004].

**Отношение Pd/Pt.** 1. 1.5–3.0 [Назимова, Райан, 2009]; 1.5–4.5, в среднем 2.5–3.0 [Войтехович и др., 2002]; 1.8 [Чашин, Митрофанов, 2014]. 2. 0.6–1.5, в среднем – 1.0 [Корчагин и др., 2004].

**Статус объекта.** 1. Месторождение на балансе ГКЗ (название Лойпишнюн) [Чашин, Митрофанов, 2014].

#### Участок (массив) Южносопчинский

**Интрузивный комплекс.** Расслоенный комплекс Главного хребта (?).

**Тип объекта.** Фрагмент расслоенной интрузии (в зоне сочленения РКГХ и Мончеплутона).

**Форма интрузии:** Крутопадающий пласт (?) [Войтехович и др., 2002; Иванченко, Давыдов, 2009], зона контакта двух интрузивных фаз [Prigachkin et al., 2016].

**Вмещающие породы:** Подстилающие – диоритогнейсы (AR).

**Породы интрузии.** Перидотиты, оливиновые пироксениты, нориты, метапироксениты, метагаббронориты, габбро, габбро-пегматиты, плагиоклаз-пироксеновые жилы [Войтехович и др., 2002; Иванченко, Давыдов, 2009; Рундквист и др., 2011, 2012; Гроховская и др., 2012].

**Возрастные характеристики.** Метанориты нижней краевой зоны –  $2504 \pm 1$ , метагаббро верхней зоны –  $2478 \pm 20$  млн лет [Чашин и др., 2016].

**Типоруденения.** Рифовый, малосульфидный (?); жильный (?); контактовый (?).

**Структурно-литологический контроль руденения.** Породы расслоенной серии (пироксениты, перидотиты, нориты, габбронориты) [Гроховская и др., 2012]; крутопадающие жилы плагиоклаз-пироксенового состава [Рундквист и др., 2011, 2012].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** МПМ связаны с сульфидами, сульфиды представлены мелкой и тонкой вкрапленностью (<1 мм), реже – мелкими гнездами (1–2 мм). Содержание сульфидов – 1–3, до 5–10% в пегматоидных разностях [Войтехович и др., 2002].

**Главные рудные минералы.** Пирротин, халькопирит, миллерит, борнит, пентландит [Войтехович и др., 2002; Гроховская и др., 2012].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** Арсениды и висмутотеллуриды палладия, сульфиды платины и палладия: паларстанид, изомертиит, сперрилит, холлингвортит, ирарсит, звягинцевит, лафламмеит, торнрусит, нильсенит, электрум, самородное серебро, котульскит, меренскиит, палладийсодержащий кобальтин, не имеющие названия фазы ( $\text{Cu}_3\text{Pt}$ ), ( $\text{Pd}_6\text{AgTe}_4$ ) ( $\text{Pd}_6\text{HgTe}_4$ ),  $[(\text{Pd}, \text{Ag})_2\text{S}]$ ; размер зерен – от субмикронных до 40–100 мкм [Гроховская и др., 2003, 2012].

**Содержания Cu, Ni.** Cu – 0.03–0.5, среднее – 0.2%, Ni – 0.01–0.2, среднее – 0.1% [Рундквист и др., 2011].

**Содержания ЭПГ.** ЭПГ + Au – от 1–2 до 5–6.5 г/т (по данным [Иванченко, Давыдов, 2009]) до 10 г/т и более), среднее – 2–3 г/т [Иванченко, Давыдов, 2009; Рундквист и др., 2011, 2012; Гроховская и др., 2012].

**Отношение Pd/Pt.** 1.8–6.4 [Иванченко, Давыдов, 2009], 3.0–8.0 [Гроховская и др., 2012].

**Статус объекта.** Проявление ЭПГ [Иванченко, Давыдов, 2009].

#### Массив Сопча

**Интрузивный комплекс.** Мончеплутон.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Мульдообразная с пологим падением расслоенности от краев к центру [Нерадовский и др., 2002; Расслоенные интрузии..., 2004].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – диоритогнейсы (AR), катаклазиты по габброидам Мончетундры (PR).

**Породы интрузии.** Перидотиты, пироксениты, оливиновые пироксениты; тонкорасслоенная часть (“Пласт-330”): оливиниты, гарцбургиты, пироксениты, оливиновые пироксениты, дуниты [Нерадовский и др., 2002; Расслоенные интрузии..., 2004].

**Возрастные характеристики.** Гарцбургиты “Пласта-330” –  $2451 \pm 64$  млн лет (Sm-Nd) [Чашин и др., 2016].

**Тип оруденения.** Рифовый, малосульфидный.

**Структурно-литологический контроль оруденения.** Тонкорасслоенная часть разреза (“Пласт-330”), удаленная от подошвы: наиболее высокие концентрации МПМ наблюдаются в пегматоидных пироксенитах, иногда – в верхних частях “Пласта-330”, а также в породах с меньшим содержанием оливина [Нерадовский и др., 2002]; максимум сульфидов приурочен к верхней части зоны полосчатых гарцбургитов-ортопироксенитов “Пласта-330” [Расслоенные интрузии..., 2004]; незначительные по мощности и протяженности уровни сульфидной (и ЭПГ?) минерализации развиты также выше и ниже “Пласта-330”.

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** Распределение МПМ четко связано с распределением сульфидов Ni. Сульфиды представлены интерстициальной вкрапленностью и субграфическими сростками с метаморфическими минералами. Размеры вкрапленников – от сотых долей до 1–2 мм, содержание сульфидов – до 10% [Нерадовский и др., 2002; Расслоенные интрузии..., 2004].

**Главные рудные минералы.** Пентландит, халькопирит, пирротин, пирит [Нерадовский и др., 2002].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** Меренскиит, интерметаллические соединения (Pd, Pb) и (Pd, Rh, Cu), и другие неопределенные фазы в виде мелких (до 5 мкм) зерен в главных сульфидных минералах [Нерадовский и др., 2002].

**Содержания Cu, Ni.** Ni – 0.1–0.8%, среднее – 0.5%, Cu – 0.02–0.4, среднее – 0.2% [Нерадовский и др., 2002].

**Содержания ЭПГ.** ЭПГ + Au – от 0.2 до 7.5 (в пегматоидных пироксенитах), среднее – 1–1.5 г/т [Войтехович и др., 2002; Нерадовский и др., 2002].

**Отношение Pd/Pt.** 1.0–10.0 (1.0 – в перидотитах, 10.0 – в пироксенитах) [Нерадовский и др., 2002].

**Статус объекта.** Месторождение второй группы сложности на балансе ГКЗ (название “Пласт-330”) [Иванченко, Давыдов, 2009].

### Массив Вурэчуайвенч

**Интрузивный комплекс.** Мончеплутон.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Пластовая с пологим падением контактов и расслоенности [Войтехович и др., 2002; Припачкин, Рундквист, 2008; Рундквист и др., 2009].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – диориты (AR), нориты массива Нюд-Поаз (PR), перекрывающие – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга (PR).

**Породы интрузии.** Метагаббронориты, метаанортозиты, метагаббро, метанориты [Войтехович и др., 2002; Припачкин, Рундквист, 2008; Рундквист и др., 2009; Гребнев и др., 2014].

**Возрастные характеристики.** Метагаббронориты расслоенного горизонта  $2498.2 \pm 6.7$ ,  $2504.2 \pm 8.4$ ,  $2504.3 \pm 2.2$  млн лет; метаанортозиты расслоенного горизонта  $2507.9 \pm 6.6$ ,  $2496 \pm 4$  млн лет [Рундквист и др., 2014; Чашин и др., 2016].

**Тип оруденения.** Рифовый, малосульфидный.

**Структурно-литологический контроль оруденения.** Верхняя, расслоенная часть разреза (расслоенный горизонт) и связь с телами анортозитов [Войтехович и др., 2002; Припачкин, Рундквист, 2008; Иванченко и др., 2008; Иванченко, Давыдов, 2009; Рундквист и др., 2009; Гребнев и др., 2014].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** 90 % МПМ связаны с сульфидами, сульфиды представлены интерстициальной и эмульсионной вкрапленностью (менее 1 мм), реже – мелкими гнездами и прожилками (1–2мм), содержание сульфидов – 1–3, реже – до 5–10% [Гроховская и др., 2000; Войтехович и др., 2002].

**Главные рудные минералы.** Миллерит, халькопирит (пентландит, пирротин, пирит – в подчиненном количестве) [Гроховская и др., 2000; Войтехович и др., 2002].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** Арсениды и висмутотеллуриды палладия, реже – маякит, сперилит, холлингвортит, ирарсит, меньшековит, изомертиит; размер зерен – от субмикронных до 50–100 мкм [Гроховская и др., 2000; Войтехович и др., 2002].

**Содержания Cu, Ni.** 0.1–0.3% [Иванченко и др., 2008].

**Содержания ЭПГ.** ЭПГ + Au – от 1 до 20, в среднем – 3–5 г/т [Войтехович и др., 2002; Иванченко и др., 2008].

**Отношение Pd/Pt.** 7.0–8.0 [Войтехович и др., 2002; Иванченко и др., 2008].

**Статус объекта.** Месторождение на балансе ГКЗ (название “Вурэчуайвенч”) [Иванченко и др., 2008; Иванченко, Давыдов, 2009].

### Массив Федоровотундровский

**Интрузивный комплекс.** Федорово-Панский расслоенный комплекс.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Первично – лополитообразная, ныне – клиновидная в целом с крутым падением пород, в ряде случаев с выполаживанием на глубине [Митрофанов и др., 2004; Дубровский, Рундквист, 2008; Грошев, 2010].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – гранито-гнейсы, диорито-гнейсы (AR) перекрывающие – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга (PR).

**Породы интрузии.** Такситовые габбронориты, меланократовые мелкозернистые нориты, пироксениты, плагиопироксениты, габбронориты, плагиоклаз-амфиболовые породы (кварц, биотит, эпидот), амфиболовые габбро, лейкогаббро-нориты, лейкогаббро, анортозиты, гарцбургиты, плагиогаббуриты, оливиновые пироксениты, оливиновые нориты, оливиновые габбро, троктолиты [Митрофанов и др., 2004; Дубровский, Рундквист, 2008; Грошев, 2010].

**Возрастные характеристики.** Плагиоклазовый ортопироксенит (ультрамафитовая зона [Ниткина, 2006], оливиновый лейкогаббронорит (верхняя базитовая зона) –  $2507 \pm 11$  млн лет, лейкогаббро (нижняя базитовая зона, С-риф) –  $2518 \pm 9$  млн лет, оливиновый лейкогаббронорит (нижняя базитовая зона, С-риф) –  $2515 \pm 12$  млн лет, такситовый мелагаббронорит (низы краевой серии) –  $2493 \pm 8$  млн лет [Грошев и др., 2009].

**Тип оруденения.** Контактный (1), рифовый, малосульфидный (2).

**Структурно-литологический контроль оруденения.** 1. Связь оруденения с зоной такситовых габброноритов [Schissel et al., 2002; Митрофанов и др., 2004]. 2. Связь оруденения с породами Расслоенной серии: связь С-рифа с переходной зоной между ультрамафитовой и верхней базитовой зонами (ритмичное чередование гарцбургитов, троктолитов, оливиновых лейкогабброноритов и лейкогаббро), связь Н-рифа с первым горизонтом тонкого ритмичного чередования (мезо- и меланократовые троктолиты, гарцбургиты) в верхней базитовой зоне (лейкогаббронориты и метагаббро) [Грошев, 2010].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** 1. МПМ связаны с сульфидами, сульфиды распространены крайне неравномерно, содержание сульфидов – 2–5% [Schissel et al., 2002; Митрофанов и др., 2004]. 2. В породах С-рифа МПМ связаны с сульфидами, содержание сульфидов низкое (от единичных зерен до 1%), размеры зерен от нескольких мкм до 1–1.5 мм, в среднем – 0.7 мм, редко – вкрапленники до 0.5 см; в породах Н-рифа МПМ также связаны с сульфидами, хотя макроскопически в породе сульфиды не отмечаются (по содержаниям серы предположительно их менее 0.5%) размеры зерен 2–400 мкм, в среднем  $50 \times 80$  мкм [Грошев, 2010].

**Главные рудные минералы.** 1. Халькопирит, пирротин, пентландит [Грошев, 2010]. 2. С-риф халькопирит, пирротин, пентландит; Н-риф: халькопирит, пирротин, пентландит [Грошев, 2010].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** 1. Брэггит, котульскит, меренскиит золото, высокоцит, сперри-

лит, стиллуотерит, мончеит соболевскит; размеры зерен от 20 до 750 мкм, в среднем  $100 \times 100$  мкм [Грошев, 2010]. 2. С-риф: сперрилит, стиллуотерит,  $Pd_mAs_n, m > n$ , размеры зерен от 30–80 до 110–130 мкм; Н-риф: изоферроплатина, брэггит; размеры зерен 0.5–10, в среднем 3 мкм [Грошев, 2010].

**Содержания Cu, Ni.** 1. Ni – 0.1–0.2, среднее – 0.08%, Cu – 0.15–0.35, среднее – 0.14% [Митрофанов и др., 2004]. 2. С-риф: Cu – 0.02–0.04, среднее – 0.03%, Ni – 0.01–0.04, среднее – 0.02%; Н-риф: Cu – ниже порога обнаружения, Ni – 0.02–0.04, среднее – 0.03% [Грошев, 2010].

**Содержания ЭПГ.** 1. ЭПГ + Au – 1.88–6.58, в среднем – 3.72 г/т [Митрофанов и др., 2004]. 2. С-риф: ЭПГ + Au – 1.1–1.9 (ед. проба – 45), в среднем – 1.5 г/т; Н-риф: ЭПГ + Au – 0.2–0.9, в среднем – 0.5 г/т [Грошев, 2010].

**Отношение Pd/Pt.** 1. 3.7–5.0, в среднем – 4.0–4.5 [Митрофанов и др., 2004; Грошев, 2010]. 2. С-риф: 2.0–3.0, в среднем – 2.0; Н-риф: 0.5 – 1.0, в среднем – 1.0 [Грошев, 2010].

**Статус объекта.** 1. Месторождение на балансе ГКЗ (название “Федоровотундровское”) [Корчагин и др., 2009]. 2. Объект на поисково-оценочной стадии.

## Массив Западно-Панский

**Интрузивный комплекс.** Федорово-Панский расслоенный комплекс.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Пластообразная с пологим падением контактов и расслоенности [Корчагин и др., 2009].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – гранито-гнейсы (AR), щелочные граниты (AR) перекрывающие – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга (PR).

**Породы интрузии.** Метагабброиды, нориты, плагиопироксениты, габбронориты, анортозиты, лейкогаббро, магнетитовые габбро, оливиновые габбронориты, троктолиты, оливиновые нориты [Корчагин и др., 2009].

**Возрастные характеристики.** Габбронорит (ниже НРГ) –  $2500 \pm 4$  млн лет [Карпов, 2004], магнетитовое габбро –  $2498 \pm 5$  млн лет [Баянова, 2004], габбронорит (НРГ) –  $2496 \pm 7$  млн лет, норит (Краевая зона)  $2497 \pm 3$  млн лет [Ниткина и др., 2006; Серов, 2006], габбронорит (НРГ)  $2491 \pm 1.5$  млн лет, габбро-пегматит (НРГ) –  $2470 \pm 9$  млн лет, анортозит (ВРГ) –  $2447 \pm 12$  млн лет [Баянова, 2004].

**Тип оруденения.** Рифовый, малосульфидный.

**Структурно-литологический контроль оруденения.** Связь оруденения с нижним и верхним расслоенными горизонтами (НРГ и ВРГ) – соответственно Северный (связь с телами анортозитов, пироксенитов) и Южный (связь телами анортозитов) рифы, частично – с оливиновым горизонтом (ОГ) [Корчагин и др., 2009; Габов, 2009].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** МПМ связаны с сульфидами, содержание сульфидов – 1–2%, размеры зерен – от тысячных долей до 1–2 мм в слабоизмененных породах до гнезд 2–3 см в измененных разностях [Корчагин и др., 2009].

**Главные рудные минералы.** Северный риф – халькопирит, пентландит, пирротин [Корчагин и др., 2009]; Южный риф – халькопирит, пентландит, пирротин [Габов, 2009].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** – котульскит, мончеит, висоцкит, меренскит, брэггит, сперрилит, золото, стиллуотерит, соболевскит, теларгпалит, сопчеит,  $Pd_3As_{0.5}Te_{0.5}$ , размер зерен – до 300 мкм, чаще – 5–20 мкм [Корчагин и др., 2009; Габов, 2009]; Южный риф – висоцкит, звягинцевит, брэггит, сперрилит, стиллуотерит, винцентит, мончеит, кейтконнит, теллурупалладинит, котульскит, размер зерен – в основном 5–20 мкм [Габов, 2009].

**Содержания Cu, Ni.** Северный риф: – Cu – 0.01–0.64, среднее – 0.15%, Ni – 0.02–0.38, среднее – 0.13% [Корчагин и др., 2009]; Южный риф: Cu – 0.02–0.58, Ni – 0.02–0.43%; Оливиновый горизонт: Cu – 0.03–0.18, Ni – 0.06–0.40% [Карпов, 2004].

**Содержания ЭПГ.** Северный риф: ЭПГ + Au – 0.8–18.2, в среднем – 3 г/т [Корчагин и др., 2009], ЭПГ + Au – 2.7–5.9, в среднем – 3.8 г/т [Габов, 2009]; Южный риф: ЭПГ + Au – 0.6–40 г/т; Оливиновый горизонт: ЭПГ + Au – 5.0 – 15.0 г/т [Карпов, 2004].

**Отношение Pd/Pt.** Северный риф: 5.8 – 6.8, в среднем – 6.4 [Корчагин и др., 2009], 5.4 – 6.6, в среднем – 6.4 [Габов, 2009]; Южный риф: 9.0–10.0, в среднем – 9.5; Оливиновый горизонт: 5.0 – 8.0, в среднем – 6.5 [Карпов, 2004].

**Статус объекта.** Северный риф – месторождения на балансе ГКЗ (название “Киевей” [Корчагин и др., 2009], название “Северный Каменник” [Корчагин и др., 2016]); Южный риф – объект на поисково-оценочной стадии.

### Массив Восточно-Панский

**Интрузивный комплекс.** Федорово-Панский расслоенный комплекс.

**Тип объекта.** Расслоенная интрузия.

**Форма интрузии.** Пластообразная с крутым падением контактов и расслоенности [Митрофанов и др., 2004].

**Вмещающие породы.** Подстилающие – щелочные граниты (AR), перекрывающие – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга (PR).

**Породы интрузии.** Плаггиоклаз-хлорит-амфиболовые породы, габбронориты, нориты, пижонитовые габбронориты, оливиновые габбронориты, гарцбургиты, оливиновые нориты, троктолиты, оливиновые габбро, лейкогаббро, габбро, анортзиты [Карпов, 2004].

**Возрастные характеристики.** Габбро габбровой зоны –  $2487 \pm 10$  млн лет [Карпов, 2004].

**Тип оруденения.** Контактный (1) рифовый, малосульфидный (2, 3).

**Структурно-литологический контроль оруденения.** 1. Связь оруденения с такситовыми габброноритами, придонными норитами (часто пегматоидной текстуры) краевой зоны [Карпов, 2004]. 2. Связь оруденения с расслоенными горизонтами (РГ – 1, 2, 3, оливиновый горизонт – ОГ) переслаивания габброноритов, норитов ( $\pm$ оливин?), габбро, лейкогаббро, оливиновых габброноритов [Карпов, 2004]. 3. Связь оруденения с “продуктивным пластом” или горизонтом (зоной) В (граница GNZ1 и GNZ2): смена плаггиоклаз-клинопироксенового (GNZ1) на ортопироксен-плаггиоклазовый (GNZ2) кумулат [Казанов, Калинин, 2008; Уорд и др., 2008].

**Содержание, форма и размеры сульфидных выделений.** 1. МПМ связаны с сульфидами, содержание сульфидов – 1–3%, размеры зерен (гнезд) – 0.5–2.0 см [Карпов, 2004]. 2. МПМ связаны с сульфидами, содержание сульфидов – 1–2, редко – до 5–10%, размер зерен – 1–2, редко – до 5 мм [Митрофанов и др., 2004]. 3. МПМ связаны с сульфидами, содержание сульфидов – 0.1–0, реже – до 0.5%, размер зерен – от долей до 1–2 мм, в грубозернистых измененных породах – до 2–3 см [Габов, 2009].

**Главные рудные минералы.** 1. Пирротин, халькопирит [Карпов, 2004]. 2. Халькопирит, пентландит, титаномагнетит, пирротин [Карпов, 2004; Митрофанов и др., 2004]. 3. Пентландит, халькопирит, пирротин [Габов, 2009].

**Главные минералы ЭПГ (Au, Ag).** 1. Нет данных. 2. Сперрилит, котульскит, мончеит, изомертит, меренскиит, размер зерен – 5–10 мкм, максимально – до 100 мкм [Карпов, 2004; Митрофанов и др., 2004]. 3. Брэггит, висоцкит, сперрилит, котульскит стиллуотерит, палладоарсенид, мончеит, электрум, размер зерен – до 20, реже – 30–50 мкм, максимально – до  $120 \times 680$  мкм [Габов, 2009].

**Содержания Cu, Ni.** 1. Ni – 0.04–0.1%, Cu – 0.03–0.56% [Карпов, 2004]. 2. РГ-1: Ni – 0.13–0.24, среднее – 0.16%, Cu – 0.1–0.18%, среднее – 0.14%; ОГ: Ni – 0.06–0.12, среднее – 0.1%, Cu – 0.06–0.39, среднее – 0.2%; РГ-2, 3: Ni – до 0.3%, Cu – до 0.4–0.9% [Карпов, 2004]. 3. Ni – 0.03–0.07, среднее – 0.04%, Cu – 0.06–0.11, среднее – 0.08% [Габов, 2009].

**Содержания ЭПГ.** 1. ЭПГ + Au – менее 0.6 г/т [Карпов, 2004]. 2. РГ-1: ЭПГ + Au – 1.25–41.85, в среднем – 12.6 г/т; ОГ: ЭПГ + Au – 1.0–23.8, в среднем – 6.5 г/т; РГ-2,3: ЭПГ + Au – 1.2–13.1 г/т [Карпов, 2004]; зона А (аналог РГ-1-?): ЭПГ + Au – 1.83–16.2, в среднем – 7.1 г/т [Казанов, Калинин, 2008]. 3. ЭПГ + Au – 5.37–12.66, в среднем – 7.21 г/т [Габов, 2009]; зона В: ЭПГ + Au – в среднем 7.89 г/т [Уорд и др., 2008].

**Отношение Pd/Pt.** 1. Нет данных. 2. РГ-1: 6.2–8.2; ОГ: 0.99–3.6, в среднем – 2.7; РГ-2, 3: 1.0–2.0, в сред-

нем – 1.3 [Карпов, 2004]; зона А (аналог РГ-1-?): 3.2–6.9, в среднем – 5.1; зона С: 1.0 [Казанов, Калинин 2008]. З. 2. 19–2.56, в среднем – 2.45 [Габов, 2009]; зона В: в среднем – 1.5–2.2 [Казанов, Калинин, 2008].

**Статус объекта.** “Продуктивный пласт” или зона В: месторождение на балансе ГКЗ (название “Восточное Чуарвы”) [Казанов, Калинин, 2008; Уорд и др., 2008; Корчагин и др., 2009], остальные объекты на поисково-оценочной стадии.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Типы ЭПГ-минерализации

Согласно приведенным данным, в исследуемых объектах выделяется три типа ЭПГ-минерализации: рифовый, контактовый и жильный. В исследуемых объектах в основном распространен рифовый тип (массивы горы Генеральской, Вурэчуайвенч, Сопча, Волчъетундровский; Мончетундровская интрузия, массивы Федоровотундровский, Западно-Панский и Восточно-Панский), далее по степени встречаемости следуют контактовый (массивы Волчъетундровский, Федоровотундровский и Восточно-Панский) и жильный (массив Южносопчинский). Нередко в пределах одной интрузии могут быть одновременно развиты два типа ЭПГ-оруденения. Для интрузий РКГХ и ФПРК характерны главным образом рифовый и контактовый типы оруденения, для интрузий Мончеплутона – рифовый и жильный.

Относительно рифового типа отметим, что в интрузиях горы Генеральской, РКГХ и ФПРК чаще отмечается разнопорядковая ритмическая расслоенность в горизонтах, несущих ЭПГ-оруденение, тогда как для объектов Мончеплутона ритмическая расслоенность менее характерна. Возможно, это обстоятельство связано с большими размерами камер в этих комплексах относительно объектов Мончеплутона. В целом рифовый тип во всех интрузивах связан с расслоенными зонами в габброноритах (реже – на их границе с габбро), представленных чередованием: норитов и пироксенитов ( $\pm$  лейкогаббро-анортозиты), лейкогаббро и анортозитов ( $\pm$  норит-пироксениты), оливиновых пород ( $\pm$  норит-пироксениты и лейкогаббро-анортозиты).

Контактный тип оруденения проявлен в приподошвенных частях массивов (их краевых зонах) или на границах внедрения различных интрузивных фаз, которые нередко маркируются зонами брекчирования.

### Минералогия ЭПГ

Минералы платиновых металлов (МПМ) в большинстве объектов обнаруживают тесную связь с

сульфидами (кроме некоторых уровней в массивах РКГХ). В рифовом типе это в основном мало-сульфидные руды с содержаниями сульфидов 1–3, до 5–10% при размере зерен 1–2 мм, редко (в гнездах) – до 2–3 см. Размер зерен и содержание сульфидов часто возрастают в пегматоидных разностях пород. Это характерно для всех интрузий Мончеплутона, Западно-Панского массива и частично Восточно-Панского массива, хотя в последнем минерализация распределена менее равномерно.

По разбросу значений содержаний сульфидов выделяются интрузии РКГХ и Федоровотундровского массива (принадлежит ФПРК). В рифовом типе здесь практически не заметна связь МПМ с сульфидами при содержании последних менее 1%. В контактовом типе наблюдаются очень большие вариации содержания сульфидов – от 1 до 20–30%, а в Федоровотундровском массиве для этого типа характерны и сплошные массивные руды.

Для всех объектов свойствен сквозной сульфидный парагенезис – халькопирит-пентландит-пирротин с различным соотношением этих минералов. Меньше распространены пирит, миллерит и борнит (два последних отмечены в пределах участка Южносопчинский). Следует отметить специфику Восточно-Панского массива – появление в ассоциации с сульфидами титаномагнетита (контакт габброноритовой и габбровой зон).

МПМ в изучаемых объектах представлены в основном сульфидами, сульфоарсенидами, арсенидами и висмутотеллуридами платины и палладия. Подробный анализ распределения МПМ в указанных массивах приведен в работах [Балабонин и др., 2000; Гроховская и др., 1999, 2000, 2003; Габов, 2009; Чашин, Петров, 2013; и др.]

### Содержания цветных металлов

Содержания Cu и Ni в пределах исследуемых объектов в целом невелики и в среднем не превышают 0.1–0.2 %. В таких объектах, как риф массива Вурэчуайвенч, Мончетундровская интрузия, Краевая зона Волчъетундровского массива, рифы Федоровотундровского массива, Северный риф Западно-Панского массива, содержания Cu и Ni в общем случае невысоки и сопоставимы. Достаточно сильно выделяется на этом фоне массив горы Генеральской, в котором содержания Cu и Ni могут достигать 2%.

Наиболее никеленосными являются “Пласт-330” массива Сопча, участок Восточно-Мончетундровский, краевая серия Федоровотундровского массива и, в меньшей мере, оливиновый горизонт Западно-Панского массива. В какой-то степени это связано с наличием в некоторых массивах (“Пласт-330”, оливиновый горизонт Западно-Панского массива) оливиновых пород, имеющих повышенные содержания никеля в силикатах (главным образом в оливине).

Наиболее богаты медью породы жильного комплекса массива Южносопчинский, породы Главной зоны Волчьетундровского массива, а также оливиновый горизонт и расслоенный горизонт-2 (зона С, по [Казанов, Калинин, 2008]) и, в меньшей степени, так называемый “продуктивный пласт” Восточно-Панского массива. Здесь следует отметить, что Восточно-Панский массив оказался более медистым, чем другие массивы ФПРК. Необходимо также подчеркнуть неоднозначную позицию по указанному параметру массива горы Генеральской. По данным Е.М. Бакушкина [1979], в его породах медь преобладает над никелем, что связывается с изначальным обогащением ею магматического расплава. Однако в более поздней работе [Гроховская и др., 1999] указывается уже на незначительное преобладание Ni.

Таким образом, среди исследованных интрузий преобладают объекты с паритетным соотношением Cu и Ni, далее по распространенности следуют медистые, а потом, никелистые.

### Содержания ЭПГ и Au

По содержаниям суммы ЭПГ и Au интрузии подразделяются на три группы: 1) с высокими содержаниями (в среднем от 3–7 до 10–12, максимум – до 20–40 г/т), 2) с содержаниями, представляющими промышленный интерес (в среднем 1.5–2, максимум – до 7–8 г/т), и 3) с содержаниями менее 1 г/т.

В первую группу (высоких содержаний) по мере убывания значений входят: а) все горизонты Восточно-Панского массива, включая месторождение Восточное Чуарвы, б) Южный риф Верхнего расслоенного горизонта и Оливиновый горизонт Западно-Панского массива, в) массив Южносопчинский, месторождение Вуручуайвенч, Северный риф Нижнего расслоенного горизонта Западно-Панского массива (включая месторождение Киевей), краевая серия Федоровотундровского массива (включая месторождение Федоровотундровское), Главная зона Волчьетундровского массива, а также массив горы Генеральской. Подчеркнем, что в эту группу входят практически все объекты ФПРК (за исключением минерализованных зон рифового типа Федоровотундровского массива). Также следует отметить, что в эту группу входит большинство значимых месторождений ЭПГ, находящихся на сегодняшний день на балансе ГКЗ (Вуручуайвенч, Федоровотундровское, Киевей, Северный Каменник, Восточное Чуарвы). Очевидно, что в ближайшей перспективе наиболее важными ЭПГ-содержащими объектами в центральной части Кольского полуострова станут все горизонты Восточно-Панского массива, Верхний расслоенный и оливиновый горизонты Западно-Панского массива, зона сочленения РКГХ и Мончеплутона

на и, возможно, Главная зона Волчьетундровского массива. Особое внимание следует обратить на объекты в пределах Мончеплутона и массив горы Генеральской, поскольку они расположены в районах с хорошо развитой инфраструктурой и в непосредственной близости от комбинатов “Североникель” и “Печенганикель”.

Во вторую группу входят объекты более отдаленной перспективы: месторождение “Пласт-330” массива Сопча, нижняя часть разреза Мончеплутонской интрузии (включая месторождение Лойпишню), Краевая и Главная зоны Волчьетундровского массива, а также С-риф массива Федоровотундры. Подчеркнем, что в эту группу входят в основном массивы РКГХ и Мончеплутона. Следует отметить, что нижняя часть разреза Мончеплутонской интрузии не может считаться перспективным ЭПГ-объектом из-за глубокого залегания рудных тел. Таким образом, в отдаленной перспективе наиболее важными ЭПГ-содержащими объектами являются “Пласт-330” массива Сопча и массив Южносопчинский. Вслед за ними следует обратить внимание на ЭПГ-оруденение Краевой (и Главной) зоны Волчьетундровского массива и С-риф Федоровотундровского массива.

В третью группу с непромышленными содержаниями ЭПГ + Au вошли: зона контактового оруденения Восточно-Панского массива, Н-риф Федоровотундровского массива и средняя часть разреза Мончеплутонской интрузии. Возможно, для более точной оценки их потенциала требуются более детальные разведочные работы.

### Отношения Pd/Pt

По Pd/Pt отношению выделяются следующие группы месторождений. В первую группу вошли объекты, где Pd/Pt больше 2 (от 2–3 до 6–8 и выше). Это массив горы Генеральской, практически все массивы и участки Мончеплутона и зоны его сочленения с РКГХ (месторождение Лойпишню Мончеплутонского массива, массив Южносопчинский, массив Вуручуайвенч), а также все ЭПГ-уровни Западно-Панского массива. Массив Вуручуайвенч и Западно-Панский (особенно его Северный риф) имеют сходные условия формирования оруденения. Для оруденения зоны сочленения Мончеплутона и РКГХ, где представлены различные его типы, первичный генезис пока неочевиден в силу сложной тектонической обстановки (оруденение может быть переотложено из других горизонтов, например из различных частей разреза Мончеплутонской интрузии).

Вторая группа включает в себя объекты, где наряду с высокими Pd/Pt отношениями (5–8, до 10) отмечаются отношения, близкие или равные 1 (т.е. с более “платиновым” оруденением). Из этой группы сразу следует выделить “Пласт-330” массива

Сопча. В этом случае мы имеем уникальную ситуацию, когда различные типы пород в пределах маломощного (около 5 м) расслоенного горизонта характеризуются рудами с различным Pd/Pt отношением (1 – в перидотитах и 10 – в пироксенитах, [Нерадовский и др., 2002]). Эти данные также интересны для сравнения с син- и эпигенетическими геохимическими типами оруденения в “Пласте-330” (высоконикелистый – слабоплатиновый и низконикелистый – высокоплатиновый [Рундквист и др., 2007]). Четыре других объекта с различными Pd/Pt отношениями внутри них – это Мончетундровская интрузия и Волчьетундровский массив, Федоровотундровский и Восточно-Панский массивы. В пределах этих массивов горизонты с Pd/Pt отношением, близким к 1, расположены выше по разрезу относительно горизонтов, характеризующихся высокими значениями. Практически всегда это горизонты среди (или на границе) толщ лейкогаббро (лейкогаббро-норитов) и анортозитов, часто с присутствием оливиновых пород (троктолиты, оливиновые габбронориты, гарцбургиты). Уровни с высокими Pd/Pt отношениями, как правило, располагаются в нижних частях разреза, нередко в так называемых “краевых сериях” (Волчьетундровский и Федоровотундровский массивы).

#### Сравнительная характеристика расслоенных комплексов

Если принять позицию ряда авторов [Шарков, 2006; Гроховская и др., 2012] о том, что Мончегорский расслоенный комплекс (МРК) включает в себя Мончеплутон и массивы расслоенного комплекса Главного хребта (РКГХ), то можно констатировать, что в ходе настоящего исследования охарактеризованы особенности геологического строения, распределения и состава ЭПГ-минерализации в пределах 9 объектов, принадлежащих двум крупным расслоенным интрузивным комплексам в центральной части Кольского полуострова. Первый, в который объединены массивы РКГХ и Мончеплутона, условно можно назвать Мончегорским (МРК), второй – Федорово-Панским (ФПРК). Массив горы Генеральской, по самой приближенной оценке по ряду параметров (наличие мощной габброноритовой зоны, приуроченность оруденения к ритмично-расслоенной зоне, содержания и состав сульфидов и МПМ, Pd/Pt отношение и др.), обнаруживает некоторое сходство с месторождениями Западно-Панского массива (ФПРК).

В самом общем виде отличия МРК (Мончеплутон + РКГХ) от ФПРК заключаются в больших размерах (общая площадь около 500 км<sup>2</sup> против 400 км<sup>2</sup> у ФПРК), более сложном геологическом строении, более интенсивной тектонической и метаморфической проработке пород и большем разнообразии типов ЭПГ-минерализации (контакто-

вый, рифовый, жильный и связанный с тектоническими зонами). В ФПРК жильный тип (и тип в тектонических зонах) минерализации практически отсутствует, а рифовый развит более широко, чем контактовый. При этом стоит подчеркнуть, что массивы ФПРК отличаются от таковых МРК более высокими содержаниями суммы ЭПГ и золота. Не случайно 4 из 7 поставленных на баланс ГКЗ месторождений ЭПГ (кроме месторождения Вурчуйвенч) были открыты именно здесь. Часто уровни ЭПГ-минерализации в массивах ФПРК приурочены к границам разнопорядковых ритмов [Корчагин и др., 2009]. Более тонкие различия оруденения отдельных массивов различных комплексов наблюдаются в содержании сульфидов или в различных ассоциациях МПМ, чему посвящены отдельные детали исследования [Балабонин и др., 2000; Гроховская и др., 2003; Чашин, Петров, 2013; и др.]. Например, отмечается, что для ряда массивов и зон МРК (массивы Волчьетундровский, Южносопчинский) более характерны сульфиды Pt и Pd, тогда как для массивов ФПРК – висмутотеллуриды этих металлов [Чашин, Петров, 2013]. Если говорить об уникальных объектах, то необходимо выделить “Пласт-330” массива Сопча (МРК). Здесь, в пределах маломощного расслоенного горизонта (не более 5 м), наблюдается довольно отчетливая связь разных пород с различными типами как сульфидной (различные содержания Ni и S), так и платинометалльной (содержания суммы ЭПГ, Pd/Pt отношения) минерализации [Нерадовский и др., 2002].

Если рассматривать сходство различных частей двух изучаемых расслоенных комплексов, то стоит указать, что Федоровотундровский и Восточно-Панский массивы (ФПРК) более близки к массивам той части МРК, которая принадлежит РКГХ (Мончетундровская и Волчьетундровская интрузии). В свою очередь, Мончеплутон (особенно его верхняя, габброноритовая часть) обнаруживает некоторые аналогии с нижней частью разреза Западно-Панского массива. Например, Северный риф Западно-Панского массива достаточно близок по геологическому строению, связи платиноносного рифа с телами анортозитов и содержаниям ЭПГ + Au к рифу массива Вурчуйвенч. Мончетундровская и Волчьетундровская интрузии, Федоровотундровский и Восточно-Панский массивы близки и по характеру распределения платино-палладиевой минерализации. Главное их отличие от Западно-Панского массива, платиноносных уровней Мончеплутона и зоны его сочленения с РКГХ заключается в том, что помимо высоких Pd/Pt отношений (5–8, до 10) они имеют уровни со значениями, близкими или равными 1. В пределах этих массивов горизонты с Pd/Pt отношением, близким к 1, расположены выше по разрезу относительно горизонтов, характеризующихся высокими значения-

ми. Уровни с высокими значениями Pd/Pt отношений, как правило, располагаются в нижних частях разреза, нередко в так называемых “краевых сериях” интрузий. Возможным объяснением близости этих массивов по такому параметру является наличие фазности их формирования – когда разные части разрезов с различным характером сульфидной и ЭПГ-минерализации являются результатами поступления импульсов магмы различного состава.

Обычно сульфидная и ЭПГ-минерализация развита на разных уровнях разреза интрузий (часто в одном массиве развиты ее различные типы). В горизонтах, удаленных от подошвы массивов, она связана с единицами контрастного чередования пород, часто без четкого литологического контроля. Определенная связь оруденения с конкретными породными разновидностями отмечается лишь для “Пласта-330” массива Сопча [Нерадовский и др., 2002]. В некоторых расслоенных горизонтах (Западно- и Восточно-Панский массивы, Мончетундровская интрузия, Волчьетундровский массив, гора Генеральская) рядом исследователей [Казанов, Калинин 2008; Корчагин и др., 2009; Назимова, Райан, 2009; Гроховская и др., 1999] отмечается связь ЭПГ-минерализации с определенными частями ритмов или циклов расслоенности. Для оруденения контактового типа характерна связь с породами краевых зон (такситовыми габброноритами, придонными норитами и др.), жильного – с жилами (в случае изученных месторождений – амфибол-плаггиоклазового состава [Рундквист и др., 2012]).

### Изотопные данные

Прежде чем перейти к вопросам происхождения рудовмещающих структур и самого ЭПГ-оруденения, представляется важным кратко рассмотреть возрастные изотопные характеристики исследуемых объектов. Нужно отметить, что на сегодняшний день изотопно-геохимические данные получены для всех исследуемых массивов.

U-Pb и единичные Sm-Nd возрастные определения показывают разброс значений от  $2526 \pm 6$  до  $2407 \pm 3$  млн лет, что свидетельствует о достаточно длительном (порядка 100 млн лет) времени формирования расслоенных интрузий Кольского пояса, что в целом установлено для сумийского этапа формирования Восточно-Скандинавской плюмовой базитовой изверженной провинции [Митрофанов и др., 2013]. В случае исследованных массивов (весьма приближенно) последовательность их образования можно оценить по следующим объектам. Наиболее “древним” из платиноносных интрузивов, согласно приведенным данным, следует считать Федоровотундровский массив (с возрастом ортопироксенитов ультрамафитовой зоны  $2526 \pm 6$  млн лет [Ниткина, 2006]), затем идет “промежуточный” по возрастным характери-

кам (около 2.5–2.45 млрд лет) массив горы Генеральской, а наиболее позднее проявление процессов сумийского магматизма отмечено формированием Волчьетундровского массива (около 2.45–2.4 млрд лет).

В пределах крупных расслоенных комплексов (РКГХ, ФПРК и Мончеплутона) обращает на себя внимание массив Вурэчуайвенч с многочисленными датировками, укладывающимися в весьма узкий временной интервал – от  $2496 \pm 4$  [Чашин и др., 2016] до  $2507.9 \pm 6.6$  [Рундквист и др., 2014] млн лет, охватывающий как вмещающие габбронориты, так и анортозиты платинометалльного рифа. В совокупности с другими данными это позволило нам сделать вывод о том, что и сам массив и его ЭПГ-минерализация формировались в условиях внутрикамерной дифференциации вещества без дополнительных инъекций магматического расплава [Рундквист и др., 2014].

Вместе с тем приведенные геохронологические данные еще раз наглядно подтверждают полихронность образования крупных расслоенных комплексов, отмеченную многими исследователями [Митрофанов и др., 2013; Чашин и др., 2016]. Более того, как хорошо видно из указанных датировок, в целом ряде отдельных массивов (Федоровотундровский, Мончетундровская интрузия, массивы Сопча, Южносопчинский, Волчьетундровский) также наблюдается полифазность их формирования, что в целом подтверждается и другими геолого-геохимическими данными.

### Механизмы образования ЭПГ-минерализации

Механизмы формирования рудовмещающих структур (расслоенных горизонтов, краевых серий, жильных полей, тектонических зон) и ЭПГ-минерализации могут быть различными. Формирование расслоенных горизонтов может быть как связано с дополнительными инъекциями магмы, так и являться результатом фракционной кристаллизации расплава в камерах больших объемов. Образование краевых серий, как правило, вызвано внедрением отдельных магматических фаз, нередко с образованием магматической брекчии (Федоровотундровский массив [Грошев, 2010]) и контаминацией расплава коровым веществом (Волчьетундровский массив [Чашин и др., 2012]).

Сульфидное и ЭПГ-оруденение “рифового типа” массива Вурэчуайвенч, по-видимому, формировались в процессе отделения сульфидной жидкости от силикатного расплава в результате накопления рудогенных элементов (Ni, Cu, S) в ходе его кристаллизации [Рундквист и др., 2014]. Относительно платинометалльных рифов массивов Сопча, Западно- и Восточно-Панского практически доказано их формирование в результате внедрения дополнительных порций расплава, обогащен-

ного серой и ЭПГ [Чашин и др., 2016; Корчагин и др., 2009; Казанов, Калинин, 2008]. В других случаях происхождение ЭПГ-минерализации “рифового типа” остается дискуссионным.

Жилы, несущие ЭПГ-минерализацию (массив Южноспичинский), могли образоваться на позднемагматическом этапе формирования МРК в результате формирования в толще остывающих кумулатов системы субвертикальных трещин и их последующего заполнения рудным и рудно-силикатным остаточным расплавом, сильно обогащенным флюидом [Расслоенные интрузии..., 2004].

Комплекс названных факторов, по-видимому, послужил причиной генерации сульфидной и ЭПГ-минерализации массива горы Генеральской. Многими авторами отмечается роль различных процессов в формировании оруденения – от высокотемпературных магматических до относительно низкотемпературных и метаморфических преобразований, о чем свидетельствует совершенное фракционирование платиновых металлов, выраженное в ограниченном числе минералов-носителей МПМ и слабых вариациях состава последних [Гроховская и др., 1999].

Ярким примером “контактового оруденения” может служить Федоровотундровское месторождение, причиной образования которого послужило внедрение более поздней габброноритовой фазы с более высокими (относительно первой фазы) содержаниями меди, никеля и хрома [Грошев, 2010]. В результате остывания насыщенного серой габброноритового расплава и его смешивания с вышележащей магмой произошло отделение несмешиваемой сульфидной жидкости и выделение из расплава меди, никеля и ЭПГ [Schissel et al., 2002]. К “контактовому типу”, по-видимому, можно отнести и жильную ЭПГ-минерализацию массива Южноспичинский. По нашему мнению, она могла быть переотложена из краевой зоны в ходе позднемагматического жилообразования [Pripachkin et al., 2016].

## ВЫВОДЫ

Таким образом, МРК и ФПРК являются сложными многофазными образованиями, характеризующимися наличием различных типов ЭПГ-минерализации. В структурах ФПРК эта минерализация (главным образом рифового типа) распределена более компактно, часто приурочена к границам циклических единиц (ритмов) и имеет наиболее высокие значения ЭПГ + Au. С определенной долей условности можно отнести к интрузивам подобного типа и массив горы Генеральской (Луостари), расположенный на северо-востоке Печенгской структуры. В МРК (Мончеплутон + РКГХ) уровни ЭПГ-минерализации распределены менее равномерно. Часто уровни ЭПГ-минерализации связа-

ны здесь с тектоническими зонами или поздними жилами, что затрудняет точную диагностику первичного генезиса оруденения.

Относительно перспективности объектов обоих комплексов можно отметить следующее. Согласно приведенным данным, в ближайшей перспективе наиболее значимыми ЭПГ-содержащими объектами в центральной части Кольского полуострова являются: а) все горизонты Восточно-Панского массива, б) верхний расслоенный и оливиновый горизонты Западно-Панского массива, в) зона сочленения Мончетундровской интрузии Мончеплутона, Главная зона Волчетундровского массива, а также массив горы Генеральской в северо-западной части полуострова. В отдаленной перспективе наиболее важным ЭПГ-содержащим объектом является “Пласт-330” массива Сопча. Вслед за ним следует обратить внимание на ЭПГ-оруденение месторождения Лойпишнюн, Краевой и Главной зон Волчетундровского массива, а также С-риф Федоровотундровского массива.

Следует также подчеркнуть, что объединять различные типы руд из разных интрузий допустимо только на поисковой стадии при оценке прогнозных ресурсов. При разведке, а тем более при эксплуатации месторождений с рудами различного состава и типа (состав минералов ЭПГ, Pd/Pt отношение и др.) требуются разные технологические схемы их обогащения, что существенно увеличивает материальные затраты и снижает рентабельность обработки.

Автор выражает искреннюю благодарность своей коллеге – Т.В. Рундквист, без ценных замечаний и большой помощи которой написание настоящей статьи было бы невозможно.

*Исследования были выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00061-а) и в рамках темы НИР ГИ КНЦ РАН АААА-А16-116022610109-3.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакушкин Е.М. (1979) Сульфидное медно-никелевое оруденение интрузии г. Генеральской (массив Луостари). *Новые данные по минералогии медно-никелевых и колчеданных руд Кольского полуострова*. Апатиты: КФАН СССР, 79-84.
- Балабонин Н.Л., Корчагин А.У., Субботин В.В., Нерадовский Ю.Н., Карпов С.М., Пахомовский Я.А., Савченко Е.Э. (2000) Минералы платиновых металлов и новые данные о главных минералах руд Федорово-Панского массива. *Вестник МГТУ*, 3(2), 179-204.
- Барков А.Ю., Леднев А.И., Бакушкин Е.М. (1994) Минералы элементов группы платины из массива г. Генеральской, Кольский полуостров. *Докл. АН*, 338(6), 785-788.
- Баянова Т.Б. (2004) Возраст реперных геологических

- комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб: Наука, 174 с.
- Баянова Т.Б., Нерович Л.И., Митрофанов Ф.П., Жавков В.А., Серов П.А. (2010) Мончетундровский базитовый массив Кольского региона: новые геологические и изотопно-возрастные данные. *Докл. АН*, **431**(2), 216-222.
- Войтехович В.С., Станюлис А.Л., Ерохов С.П., Гроховская Т.Л., Озерянская Е.В., Припачкин П.В., Ефимов А.А., Жадрицкий В.Л., Рожкова Н.Т., Рундквист Т.В., Анисеев С.Н., Смирнова Е.Н., Воргачева Е.Ю., Шаранков В.П., Станюлене С.В., Войтехович М.А., Клевцова Т.П., Синицкая Т.К. (2002) Информационный отчет о результатах поисковых работ на металлы платиновой группы в Мончегорском районе (Мончегорский и Мончетундровский массивы) в 1999–2002 гг. Кн. 1. Мончегорск: ЦКЭ, 236 с.
- Габов Д.А. (2009) Минералы и минеральные ассоциации ЭПГ в малосульфидных рудах массива Панских тундр. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. СПб, 21 с.
- Гребнев Р.А., Рундквист Т.В., Припачкин П.В. (2014) Геохимия основных пород платиноносного массива Вурэчуайвенч (Мончегорский комплекс, Кольский регион). *Геохимия*, (9), 791-806.
- Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шелепина Е.П., Лапина М.И., Лапутина И.П., Муравицкая Г.Н. (2000) Платинометалльная минерализация в габброноритах массива Вурэчуайвенч, Мончегорский плутон (Кольский полуостров, Россия). *Геология рудн. месторождений*, **42**(2), 147-161.
- Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шолохнев В.В., Лапина М.И., Муравицкая Г.Н., Войтехович В.С. (2003) Рудная платинометалльная минерализация в расслоенном Мончегорском магматическом комплексе (Кольский полуостров, Россия). *Геология рудн. месторождений*, **45**(4), 329-352.
- Гроховская Т.Л., Иванченко В.Н., Каримова О.В., Грибоедова И.Г., Самошникова Л.А. (2012) Геологическое строение, минералогия и генезис ЭПГ-минерализации массива Южная Сопча, Мончегорский комплекс, Россия. *Геология рудн. месторождений*, **54**(5), 416-440.
- Гроховская Т.Л., Шарков Е.В., Смолькин В.Ф., Лапутина И.П., Чистяков А.В., Муравицкая Г.Н., Соколов С.В., Тельнов В.А. (1999) Платиноносность расслоенного интрузива горы Генеральской (Кольский полуостров). *Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в. (Платиноидное сырье России XXI в.). Сб. науч. тр. Т. III. Кн. 1. М.: Геоинформмарк*, 153-161.
- Грошев Н.Ю. (2010) Двухфазный платиноносный массив Федоровой тундры (Кольский полуостров): геология и типы малосульфидного ЭПГ-оруденения. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Апатиты, 24 с.
- Грошев Н.Ю., Ниткина Е.А., Митрофанов Ф.П. (2009) Двухфазный механизм образования платинометалльных базитов Федоровотундровского массива на Кольском полуострове: новые геологические и изотопно-геохронологические данные. *Докл. АН*, **427**(5), 669-673.
- Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. (2000) Платинометалльные месторождения России. СПб: Наука, 755 с.
- Дубровский М.И., Рундквист Т.В. (2008) Петрология раннепротерозойского платиноносного массива Федоровых тундр (Кольский полуостров). *Записки РМО*, **СХХХVII**(4), 20-33.
- Иванченко В.Н., Давыдов П.С. (2009) Основные черты геологического строения месторождений и проявлений МПГ южной части Мончегорского рудного района. Проект Интеррег-Тасис. *Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Сборник материалов проекта, вып. II. Апатиты: КНЦ РАН*, 70-78.
- Иванченко В.Н., Давыдов П.С., Дедеев В.А., Кнауф В.В. (2008) Основные черты геологического строения месторождения Вурэчуайвенч. *Международное сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометалльных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты международного проекта KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197. Апатиты: КНЦ РАН*, 82-87.
- Казанов О.В., Калинин А.А. (2008) Строение и МПГ минерализация Восточно-Панского расслоенного массива. *Международное сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометалльных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты международного проекта KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197. Апатиты: КНЦ РАН*, 56-67.
- Карпов С.М. (2004) Геологическое строение Панского интрузива и особенности локализации в нем комплексного платинометалльного оруденения. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. СПб, 21 с.
- Корчагин А.У., Припачкин П.В., Рундквист Т.В., Дудкин К.О., Нерадовский Ю.Н., Субботин В.В., Ефимов А.А., Вурсий Г.Л., Карпов С.М., Раевский А.Б., Войтехович В.С., Габов Д.А. (2004) Отчет о научно-исследовательской работе “Платинометалльное оруденение Мончегорского и Мончетундровского интрузивов: геолого-геофизическая модель и кумулюсная стратиграфия расслоенных массивов, закономерности размещения, минералогия и геохимия платинометалльных руд”, тема НИР 4-2000-4526 (заключительный). Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 86 с.
- Корчагин А.У., Гончаров Ю.В., Субботин В.В., Грошев Н.Ю., Габов Д.А., Иванов А.Н., Савченко Е.Э. (2016) Геология и вещественный состав руд малосульфидного платинометалльного месторождения Северный Каменник в Западно-Панском массиве, Кольский полуостров. *Руды и металлы*, (1), 42-51.
- Корчагин А.У., Субботин В.В., Митрофанов Ф.П., Минеев С.Д. (2009) Платинометалльное месторождение Киевей в Западно-Панском расслоенном массиве: геологическое строение и состав оруденения. *Проект Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Сборник материалов проекта, вып. II. Апатиты: КНЦ РАН*, 12-32.
- Медно-никелевые месторождения Печенги (1999). *Тр. ИГЕМ РАН. Вып. 2. М.: ГЕОС*, 236 с.
- Митрофанов Ф.П. (2008) Геодинамика и металлогения Кольского региона. *Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН*, (5), 103-106.

- Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б., Корчагин А.У., Грошев Н.Ю., Малич К.Н., Жиров Д.В., Митрофанов А.Ф. (2013) Восточно-Скандинавская и Норильская плюмовые базитовые обширные изверженные провинции Pt-Rd руд: геологическое и металлогеническое сопоставление. *Геология рудн. месторождений*, **55**(5), 357-373.
- Митрофанов Ф.П., Корчагин А.У., Рундквист Т.В. (2004) Федорово-Панская расслоенная мафическая интрузия (Кольский полуостров): геология и платинометалльное оруденение. *Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования*. М.: ОНЗ РАН, 175-186.
- Митрофанов Ф.П., Яковлев Ю.Н., Дистлер В.В., Балабонин Н.Л., Веселовский Н.Н., Докучаева В.С., Гроховская Т.Л., Ключин С.Ф., Захаров А.А., Корчагин А.У. (1994) Кольский регион – новая платинометалльная провинция. *Геология и генезис месторождений платиновых металлов*. М.: Наука, 65-79.
- Назимова Ю.В., Райан Г.Дж. (2009) Геологоразведочные работы на платиноиды компании “Евразия Майнинг” на Кольском полуострове. Проект Интеррег-Тасис: *Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера*. Сборник материалов проекта, вып. II. Апатиты: КНЦ РАН, 79-88.
- Нерадовский Ю.Н., Рундквист Т.В., Галкин А.С., Климентьев В.Н. (2002) К проблеме платиноносности рудного “Пласта-330” г. Сопча и его промышленного использования (Мончеплутон). *Вестник МГТУ*, **5**(1), 85-91.
- Нерович Л.И., Баянова Т.Б., Савченко Е.Э., Серов П.А. (2009) Мончегундровский массив: геология, петрография, геохронология, геохимия, ЭПГ минерализация (новые данные). Проект Интеррег-Тасис: *Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера*. Сборник материалов проекта, вып. II. Апатиты: КНЦ РАН, 97-112.
- Ниткина Е.А. (2006) Изотопное U-Pb датирование циркона из пород платиноносного расслоенного Федорово-Панского интрузива (Кольский полуостров). *Докл. АН*, **408**(1), 87-91.
- Ниткина Е.А., Жавков В.А., Апанасевич Е.А., Баянова Т.Б. (2006) Возраст рудной минерализации в породах платинометалльного Федорово-Панского массива по данным U-Pb датирования циркона. *Геология, полезные ископаемые и геоэкология северо-запада России. Материалы 17-й молодежн. науч. конф. памяти К.О. Кратца*. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 165-169.
- Платина России. (1994) Т. I. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М.: Геоинформмарк, 252 с.
- Платина России. (1999) Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке. Т. III. М.: Геоинформмарк, 368 с.
- Платинометалльные месторождения мира. (1994) Т. I. Малосульфидные платинометалльные месторождения в ритмично расслоенных комплексах. М.: Геоинформмарк, 279 с.
- Припачкин П.В., Рундквист Т.В. (2008) Геологическое строение и платиноносность юго-западной части массива предгорий Вурэчуайвенч (Мончегорский комплекс, Кольский полуостров). *Руды и металлы*, **5**(5), 61-68.
- Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. (2004) Ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 177 с.
- Рундквист Т.В., Баянова Т.Б., Сергеев С.А., Припачкин П.В., Гребнев Р.А. (2014) Палеопротерозойский расслоенный платиноносный массив Вурэчуайвенч (Кольский полуостров): новые результаты U-Pb (ID-TIMS, SHRIMP) датирования бадделейта и циркона. *Докл. АН*, **454**(1), 67-73.
- Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Вурсий Г.Л. (2007) Некоторые особенности сульфидного платинометалльного оруденения сопчинского пласта “330”. *Обогащение руд*, **2**(2), 34-38.
- Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Гребнев Р.А. (2009) К вопросу о геологическом строении и платиноносности восточной части Мончегорского комплекса (Кольский полуостров) – на основе данных кумулюсной стратиграфии. Проект Интеррег-Тасис: *Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера*. Сборник материалов проекта, вып. II. Апатиты: КНЦ РАН, 51-64.
- Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Гребнев Р.А. (2012) Особенности взаимоотношений интрузивных тел в зоне контакта ультрамафит-мафитовых комплексов Мончегорский и Главного хребта (участок “Южно-сопчинский”, Кольский полуостров). *Литосфера*, **3**(3), 65-79.
- Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Гребнев Р.А., Севостьянов А.Ю., Мирошникова Я.А. (2011) Геологическое строение и особенности локализации платинометалльного оруденения в восточной части Южно-сопчинского мафит-ультрамафитового массива (Кольский полуостров). *Руды и металлы*, **5**(5), 58-68.
- Серов П.А. (2006) Фазы внедрения и длительность формирования расслоенного платиноносного Федорово-Панского интрузива: возрастные и изотопно-геохимические Sm-Nd данные. *Геология, полезные ископаемые и геоэкология северо-запада России. Материалы 17-й молодежн. науч. конф. памяти К.О. Кратца*. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 178-181.
- Уорд М., Калинин А., Маклухлин Д., Войтехович В. (2008) ООО “Кольская Горно-Геологическая Компания” – поиски МПГ в восточной части Панских тундр. Международное сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометалльных месторождений северной части Фенноскандинавии. *Промежуточные результаты международного проекта KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS NKA-0197*. Апатиты: КНЦ РАН, 52-55.
- Чащин В.В., Баянова Т.Б., Серов П.А. (2016) Малосульфидные платинометалльные руды палеопротерозойского Мончегорского плутона и массивов его южного обрамления (Кольский полуостров, Россия): геологическая характеристика и изотопно-геохронологические свидетельства полихронности рудно-магматических систем. *Геология рудн. месторождений*, **58**(1), 41-63.
- Чащин В.В., Баянова Т.Б., Елизарова И.Р., Серов П.А. (2012) Волчъетундровский массив комплекса автономных анортозитов Главного хребта, Кольский полуостров: геологические, петрогеохимические и изотопно-геохронологические исследования. *Петрология*, **20**(5), 514-540.

- Чашин В.В., Митрофанов Ф.П. (2014) Палеопротерозойская Имандра-Варзугская рифтогенная структура (Кольский полуостров): интрузивный магматизм и минерализация. *Geodynam. Tectonophys.*, **5**(1), 231-256.
- Чашин В.В., Петров С.В. (2013) Малосульфидные платиновые руды Волчьестундровского массива габбро-анортозитов (Кольский полуостров, Россия). *Геология рудн. месторождений*, **55**(5), 415-442.
- Шарков Е.В. (2006) Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения. М.: Науч. мир, 368 с.
- Bayanova T.B., Smolkin V.F. (1996) U-Pb Isotopic Study of the Layered Intrusions of the Northern Pechenga Area, Kola Peninsula. *Program and Abstracts. IGCP Project 336 Symposium in Rovaniemi, Finland*. University of Turku, Publ. 33, 49.
- Bayanova T.B., Mitrofanov F.P. (1999) Duration and timing of ore-bearing paleoproterozoic intrusions of the Kola Province. *Abstr. Intern. Conf. "Early Precambrian: Genesis and evolution of continental crust"*. Moscow, GI RAS, 10-12.
- Iijina M. (1994) The Portimo Layered Igneous Complex – with emphasis on diverse sulphide and platinum-group element deposits. *Acta Univ. Oulu, A 258*, 158 p.
- Pripachkin P.V., Rundkvist T.V., Miroshnikova Ya.A., Chernyavsky A.V., Borisenko E.S. (2016) Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Moroshkovoe Lake target, Monchegorsk area, Kola Peninsula, Russia. *Mineral. Depos.*, **51**(8), 973-992.
- Schissel D., Tsvetkov A.A., Mitrofanov F.P., Korchagin A.U. (2002) Basal Platinum-Group Element Mineralization in the Fedorov Pansky Layered Mafic Intrusion, Kola Peninsula, Russia. *Econ. Geol.*, **97**, 1657-1677.
- REFERENCES
- Bakushkin E.M. (1979) Sulfide copper-nickel mineralization of the General'skaya intrusion (Luostari massif). *Novye dannye po mineralogii medno-nikelevykh i kolchedan'nykh rud Kol'skogo poluostrova* [New data on the mineralogy of copper-nickel and pyrite ores of the Kola Peninsula]. Apatity, KBrAN USSR, 79-84. (In Russian)
- Balabonin N.L., Korchagin A.U., Subbotin V.V., Neradovskii Yu.N., Karpov S.M., Pakhomovskii Ya.A., Savchenko E.E. (2000) Minerals of PGE and new data on the main minerals of the ores of the Fedorova-Pansky Massif. *Vestnik MGTU*, **3**(2), 179-204. (In Russian)
- Barkov A.Yu., Lednev A.I., Bakushkin E.M. (1994) Minerals of PGE from the General'skaya massif, Kola Peninsula. *Dokl. Akad. Nauk*, **338**(6), 785-788. (In Russian)
- Bayanova T.B. (2004) *Vozrast reperykh geologicheskikh kompleksov Kol'skogo regiona i dlitel'nost' protsessov magmatizma* [Age of reference geological complexes of the Kola region and duration of magmatism processes]. St.Petersburg, Nauka Publ., 174 p. (In Russian)
- Bayanova T.B., Mitrofanov F.P. (1999) Duration and timing of ore-bearing paleoproterozoic intrusions of the Kola Province. *Abstr. Intern. Conf. "Early Precambrian: Genesis and evolution of continental crust"*. Moscow, GI RAS Publ., 10-12.
- Bayanova T.B., Nerovich L.I., Mitrofanov F.P., Zhavkov V.A., Serov P.A. (2010) Monchetundra basic massif of the Kola region: new geological and isotope-age data. *Dokl. Akad. Nauk*, **431**(2), 216-222. (In Russian)
- Bayanova T.B., Smolkin V.F. (1996) U-Pb Isotopic Study of the Layered Intrusions of the Northern Pechenga Area, Kola Peninsula. *Program and Abstracts. IGCP Project 336 Symposium in Rovaniemi, Finland*. University of Turku, Publ. 33, 49.
- Chashchin V.V., Bayanova T.B., Elizarova I.R., Serov P.A. (2012) Volchetundra massif of the Main Ridge complex of autonomous anorthosites, Kola Peninsula: geological, petrogeochemical and isotope-geochronological studies. *Petrologiya*, **20**(5), 514-540. (In Russian)
- Chashchin V.V., Bayanova T.B., Serov P.A. (2016) Poor-sulfide PGE ores of the Paleoproterozoic Monchegorsk pluton and massifs of its southern frame (Kola Peninsula, Russia): geological characteristics and isotope-geochronological evidence of the polychronicity of ore-magmatic systems. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **58**(1), 41-63. (In Russian)
- Chashchin V.V., Mitrofanov F.P. (2014) Paleoproterozoic Imandra-Varzuga Riftogenic Structure (Kola Peninsula): intrusive magmatism and mineralogy. *Geodynam. Tectonophys.*, **5**(1), 231-256. (In Russian)
- Chashchin V.V., Petrov S.V. (2013) Poor-sulfide platinum ores of the Volchetundra massif of gabbro-anorthosites (Kola Peninsula, Russia). *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **55**(5), 415-442. (In Russian)
- Dodin D.A., Chernyshov N.M., Yatskevich B.A. (2000) *Platinometal'nye mestorozhdeniya Rossii* [Platinum deposits of Russia]. St.Petersburg, Nauka Publ., 755 p. (In Russian)
- Dubrovskii M.I., Rundqvist T.V. (2008) Petrology of the Early Proterozoic Platinum-Bearing Massif of the Fedorova Tundra (Kola Peninsula). *Zapiski RMO*, **CXXXVII**(4), 20-33. (In Russian)
- Gabov D.A. (2009) *Mineraly i mineral'nye assotsiatsii EPG v malosul'fidnykh rudakh massiva Panskikh tundr*. Diss. ... kand. geol.-min. nauk [Minerals and mineral associations of PGE in poor-sulfide ores of the Pansky tundra massif. Cand. geol. and min. sci. diss.]. St.Petersburg, 21 p. (In Russian)
- Grebnev R.A., Rundqvist T.V., Pripachkin P.V. (2014) Geochemistry of the mafic rocks of the platinum-bearing Vurechuaivench massif (Monchegorsk complex, Kola region). *Geokhimiya*, (9), 791-806. (In Russian)
- Grokhovskaya T.L., Bakaev G.F., Shelepina E.P., Lapina M.I., Laputina I.P., Muravitskaya G.N. (2000) Platinum-metal mineralization in the gabbroanorthosites of the Vurechuaivench massif, Monchegorsk pluton (Kola Peninsula, Russia). *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **42**(2), 147-161. (In Russian)
- Grokhovskaya T.L., Bakaev G.F., Sholokhnev V.V., Lapina M.I., Muravitskaya G.N., Voitekhovich V.S. (2003) Ore platinum mineralization in the layered Monchegorsk magmatic complex (Kola Peninsula, Russia). *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **45**(4), 329-352. (In Russian)
- Grokhovskaya T.L., Ivanchenko V.N., Karimova O.V., Griboedova I.G., Samoshnikova L.A. (2012) Geological structure, mineralogy and genesis of the PGE-mineralization of the South Sopcha massif, Monchegorsk complex, Russia. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **54**(5), 416-440. (In Russian)

- Grokhovskaya T.L., Sharkov E.V., Smolkin V.F., Laputina I.P., Chistyakov A.V., Muravitskaya G.N., Sokolov S.V., Tel'nov V.A. (1999) PGE content of the layered intrusion of the General'skaya mountain (Kola Peninsula). *Platina Rossii. Problemy razvitiya mineral'no-syr'evoi bazy platinovykh metallov v XXI v. (Platinoidnoe syr'e Rossii XXI v.)*. Sb. nauch. tr. T. III. Kn. 1 [Platinum of Russia. Problems of the development of the mineral and raw materials base of platinum metals in the 21st century. (Russia's platinum raw material of the 21st century). Scientific works. V. III. B. 1]. Moscow, Geoinformmark Publ., 153-161. (In Russian)
- Groshev N.Yu. (2010) *Dvukhfaznyi platinonosnyi massiv Fedorovoi tundry (Kol'skii poluostrov): geologiya i tipy malosul'fidnogo EPG-orudneniya*. Diss. ... kand. geol.-min. nauk [Two-phase platinum-bearing Fedorova tundra massif (Kola Peninsula): geology and types of poor-sulfide PGE mineralization. Cand. geol. and min. sci. diss.]. Apatity, 24 p. (In Russian)
- Groshev N.Yu., Nitkina E.A., Mitrofanov F.P. (2009) Two-phase mechanism for the formation of the platinum-bearing mafic rocks of the Fedorovotundrovsky Massif on the Kola Peninsula: new geological and isotope-geochronological data. *Dokl. Akad. Nauk*, **427**(5), 669-673. (In Russian)
- Ilijina M. (1994) The Portimo Layered Igneous Complex – with emphasis on diverse sulphide and platinum-group element deposits. *Acta Univ. Oulu.*, **A 258**, 158 p.
- Ivanchenko V.N., Davydov P.S. (2009) Main features of the geological structure of the PGM deposits and prospects in the southern part of the Monchegorsk ore region. *Proekt Interreg-Tasis: Strategicheskie mineral'nye resursy Laplandii – osnova ustoichivogo razvitiya Severa. Sbornik materialov proekta* [Interreg-Tacis project: The strategic mineral resources of Lapland – base for the sustainable development of the North. Project materials]. V. II. Apatity, KarSC of RAS, 70-78. (In Russian)
- Ivanchenko V.N., Davydov P.S., Dedeev V.A., Knauf V.V. (2008) Main features of geological structure of the Vurechuaivench deposit. *Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo i obmen opytom v geologicheskoy izuchenii i razvedke platinometall'nykh mestorozhdenii severnoi chasti Fennoskandinavii. Promezhutochnye rezul'taty mezhdunarodnogo proekta KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197* [The neighborhood cooperation and experience exchange in geological prospecting and exploration of PGE deposits in the Northern Fennoscandia. Interim results of the international project KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197]. Apatity, KarSC of RAS, 82-87. (In Russian)
- Karpov S.M. (2004) Geologicheskoye stroenie Panskogo intruziva i osobennosti lokalizatsii v nem kompleksnogo platinometall'nogo orudneniya. Diss. kand. geol.-min. nauk [Geological structure of the Pana intrusion and features of localization of PGE mineralization. Cand. geol. and min. sci. diss.]. St.Petersburg, 21 p. (In Russian)
- Kazanov O.V., Kalinin A.A. (2008) Structure and PGM mineralization of the East-Pan layered massif. *Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo i obmen opytom v geologicheskoy izuchenii i razvedke platinometall'nykh mestorozhdenii severnoi chasti Fennoskandinavii. Promezhutochnye rezul'taty mezhdunarodnogo proekta KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197* [The neighborhood cooperation and experience exchange in geological prospecting and exploration of PGE deposits in the Northern Fennoscandia. Interim results of the international project KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197]. Apatity, KNTs of RAN, 56-67. (In Russian)
- Korchagin A.U., Pripachkin P.V., Rundkvist T.V., Dudkin K.O., Neradovskii Yu.N., Subbotin V.V., Efimov A.A., Vursii G.L., Karpov S.M., Raevskii A.B., Voitekhovich V.S., Gabov D.A. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote "Platinometall'noe orudnenie Monchegorskogo i Monchetundrovskogo intruzivov: geologo-geofizicheskaya model' i kumulusnaya stratigrafiya rassloennykh massivov, zakonomernosti razmeshcheniya, mineralogiya i geokhimiya platinometall'nykh rud"*, tema NIR 4-2000-4526 (*zaklyuchitel'nyi*) [Report on the research work "PGE mineralization of Monchegorsk and Monchetundra intrusions: geological-geophysical model and cumulus stratigraphy, patterns of distribution, mineralogy and geochemistry of platinum ores", research topic 4-2000-4526 (final)]. Apatity, GI KarSC of RAS, 86 p. (In Russian)
- Korchagin A.U., Goncharov Yu.V., Subbotin V.V., Groshev N.Yu., Gabov D.A., Ivanov A.N., Savchenko E.E. (2016) Geology and ore composition of the poor-sulfide PGE deposit "Northen Kamennik" in the West Pana Massif, Kola Peninsula. *Rudy I Metall'y*, (1), 42-51. (In Russian)
- Korchagin A.U., Subbotin V.V., Mitrofanov F.P., Mineev S.D. (2009) "Kievev" PGE deposit in the West-Pana layered massif: geological structure and composition of mineralization. *Proekt Interreg-Tacis: Strategicheskie mineral'nye resursy Laplandii – osnova ustoichivogo razvitiya Severa. Sbornik materialov proekta* [Interreg-Tacis project: The strategic mineral resources of Lapland – base for the sustainable development of the North. Project materials]. V. 2. Apatity, KarNTS RAN, 12-32. (In Russian)
- Medno-nikelevye mestorozhdeniya Pechengi* [Copper-nickel deposits of Pechenga]. (1999) *Tr. IGEN RAN*, (2). Moscow, GEOS Publ., 236 p. (In Russian)
- Mitrofanov F.P. (2008) Geodynamics and metallogeny of the Kola region. *Trudy Fersmanovskoi nauchnoi sessii GI KNTs RAN* [Proceedings of the Fersman Scientific Session of the GI KSC RAS], (5), 103-106. (In Russian)
- Mitrofanov F.P., Bayanova T.B., Korchagin A.U., Groshev N.Yu., Malich K.N., Zhirov D.V., Mitrofanov A.F. (2013) East Scandinavian and Noril'sk plume basic vast igneous provinces of Pt-Pd ores: geological and metallogenic comparison. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **55**(5), 357-373. (In Russian)
- Mitrofanov F.P., Korchagin A.U., Rundqvist T.V. (2004) The Fedorovo-Pana layered mafic intrusion (Kola Peninsula): Geology and PGE mineralization. *Krupnyye i superkrupnyye mestorozhdeniya: zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya obrazovaniya* [Large and super large deposits: Patterns of location and conditions of formation]. Moscow, ONZ RAN Publ., 175-186. (In Russian)
- Mitrofanov F.P., Yakovlev Yu.N., Distler V.V., Balabonin N.L., Veselovskii N.N., Dokuchaeva V.S., Grokhovskaya T.L., Klyunin S.F., Zakharov A.A., Korchagin A.U. (1994) The Kola region – a new platinum province. *Geologiya i genezis mestorozhdeniy platinovykh metallov* [Geology and genesis of PGE deposits].

- Moscow, Nauka Publ., 65-79. (In Russian)
- Nazimova Yu.V., Raian G.J. (2009) PGE projects of the "Eurasia Mining" company on the Kola Peninsula. *Proekt Interreg-Tacis: Strategicheskie mineral'nye resursy Laplandii – osnova ustoichivogo razvitiya Severa. Sbornik materialov proekta* [Interreg-Tacis project: The strategic mineral resources of Lapland are the basis for the sustainable development of the North. Collection of project materials]. V. 2. Apatity, KNTs RAN, 79-88. (In Russian)
- Neradovskii Yu.N., Rundqvist T.V., Galkin A.S., Kliment'ev V.N. (2002) On the problem of PGE content of "layer-330" in the Sopcha mountain and its industrial potential (Monchepluton). *Vestnik MGTU*, **5**(1), 85-91. (In Russian)
- Nerovich L.I., Bayanova T.B., Savchenko E.E., Serov P.A. (2009) Monchetundra massif: geology, petrography, geochronology, geochemistry, PGE mineralization (new data). *Proekt Interreg-Tacis: Strategicheskie mineral'nye resursy Laplandii – osnova ustoichivogo razvitiya Severa. Sbornik materialov proekta* [Interreg-Tacis project: The strategic mineral resources of Lapland are the basis for the sustainable development of the North. Collection of project materials]. V. 2. Apatity, KNTs RAN, 97-112. (In Russian)
- Nitkina E.A. (2006) Isotope U-Pb dating of zircon from the rocks of the platinum-bearing layered Feodorova-Pana intrusion (Kola Peninsula). *Dokl. Akad. Nauk*, **408**(1), 87-91. (In Russian)
- Nitkina E.A., Zhavkov V.A., Apanasevich E.A., Bayanova T.B. (2006) Age of ore mineralization in the rocks of the platinum-bearing Feodorova-Pana massif according to U-Pb dating of zircon. *Geologiya, poleznye iskopayemye i geoekologiya severo-zapada Rossii. Materialy 17-i molodezhn. nauch. konf. pamyati K.O. Krattsa* [Geology, minerals and geoecology of the north-west of Russia. Materials of the 17th young. scientific. conf. dedic. to memory of K.O. Kratz]. Petrozavodsk, KarNTs RAN, 165-169. (In Russian)
- Platina Rossii. (1994) T. I. *Problemy razvitiya mineral'no-syr'evoi bazy platinovykh metallov* [Platinum of Russia. T. I. Problems of development of the raw materials base of platinum metals]. Moscow, Geoinformmark Publ., 252 p. (In Russian)
- Platina Rossii. (1999). *Problemy razvitiya mineral'no-syr'evoi bazy platinovykh metallov v XXI veke* [Platinum of Russia. Problems of development of the raw materials base of platinum metals in the 21st century]. T. III. Moscow, Geoinformmark Publ., 368 p. (In Russian)
- Platinometall'nye mestorozhdeniya mira. (1994) T. I. *Malosul'fidnye platinometall'nye mestorozhdeniya v ritmichno rassloennykh kompleksakh* [Platinum deposits of the world. V. I. The poor-sulfide PGE deposits in rhythmically layered complexes]. Moscow, Geoinformmark Publ., 279 p. (In Russian)
- Pripachkin P.V., Rundqvist T.V. (2008) Geological structure and PGE content of the southwestern part of the Vurechuaivench foothills massif (Monchegorsk Complex, Kola Peninsula). *Rudi i Metally*, (5), 61-68. (In Russian)
- Pripachkin P.V., Rundqvist T.V., Miroshnikova Ya.A., Chernyavsky A.V., Borisenko E.S. (2016) Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Moroshkovoe Lake target, Monchegorsk area, Kola Peninsula, Russia. *Mineral. Depos.*, **51**(8), 973-992.
- Rassloyennye intruzii Monchegorskogo rudnogo raiona: petrologiya, orudneniye, izotopiya, glubinnoe stroeniye [Layered intrusions of the Monchegorsk ore region: petrology, mineralization, isotopy, deep structure] (2004). Ch. 1. Apatity, KNTs RAN, 177 p. (In Russian)
- Rundqvist T.V., Bayanova T.B., Sergeev S.A., Pripachkin P.V., Grebnev R.A. (2014) Paleoproterozoic layered PGE-bearing massif Vurechuaivench (Kola Peninsula): new results of U-Pb (ID-TIMS, SHRIMP) baddeleyite and zircon dating. *Dokl. Akad. Nauk*, **454**(1), 67-73. (In Russian)
- Rundqvist T.V., Pripachkin P.V., Grebnev R.A. (2012) Peculiarities of the relationship of intrusive bodies in the contact zone of the Monchegorsk and Main Ridge mafic-ultramafic complexes ("YuzhnoSopchinsky" target, Kola Peninsula). *Litosfera*, (3), 65-79. (In Russian)
- Rundqvist T.V., Pripachkin P.V., Grebnev R.A. (2009) On the geological structure and PGE content of the eastern part of the Monchegorsk Complex (Kola Peninsula) – based on cumulus stratigraphy data. *Proekt Interreg-Tacis: Strategicheskie mineral'nye resursy Laplandii – osnova ustoichivogo razvitiya Severa. Sbornik materialov proekta* [Interreg-Tacis project: The strategic mineral resources of Lapland are the basis for the sustainable development of the North. Collection of project materials]. V. 2. Apatity, KNTs RAN, 51-64. (In Russian)
- Rundqvist T.V., Pripachkin P.V., Grebnev R.A., Sevost'yanov A.Yu., Miroshnikova Ya.A. (2011) Geological structure and localization of PGE mineralization in the eastern part of the South Sopcha mafic-ultramafic massif (Kola Peninsula). *Rudi i Metally*, (5), 58-68. (In Russian)
- Rundqvist T.V., Pripachkin P.V., Vursii G.L. (2007) Some features of sulphide PGE-bearing ore mineralization of the Sopchas "layer-330". *Obogashchenie Rud*, (2), 34-38. (In Russian)
- Schissel D., Tsvetkov A.A., Mitrofanov F.P., Korchagin A.U. (2002) Basal Platinum-Group Element Mineralization in the Fedorov Pansky Layered Mafic Intrusion, Kola Peninsula, Russia. *Econom. Geol.*, (97), 1657-1677.
- Serov P.A. (2006) Phases and duration of formation of the layered PGE-bearing Feodorova-Pana intrusion: age and isotope-geochemical Sm-Nd data. *Geologiya, poleznye iskopayemye i geoekologiya severo-zapada Rossii. Materialy 17-i molodezhn. nauchn. konf. pamyati K.O. Krattsa* [Geology, minerals and geoecology of the north-west of Russia. Materials of the 17th young. scientific. conf. dedic. to memory of K.O. Kratz]. Petrozavodsk, KarNTs RAN, 178-181.
- Sharkov E.V. (2006) *Formirovanie rassloennykh intruzivov i svyazannogo s nimi orudneniya* [Formation of layered intrusions and associated mineralization]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 368 p. (In Russian)
- Voitekhovich V.S., Stanyulis A.L., Yerokhov S.P., Grokhovskaya T.L., Ozeryanskaya Ye.V., Pripachkin P.V., Efimov A.A., Zhadriskiy V.L., Rozhkova N.T., Rundqvist T.V., Anikeev S.N., Smirnova Ye.N., Vorgacheva Ye.Yu., Sharankov V.P., Stanyulene S.V., Voitekhovich M.A., Klevtsova T.P., Sinitskaya T.K. (2002) *Informatsionnyi otchet o rezul'tatakh poiskovykh rabot na metally platinovoi gruppy v Monchegorskom raione (Monchegorskii i Monchetundrovskii massivy) v 1999–2002 gg.* [Information report on the results of pros-

pecting for platinum group metals in Monchegorsk area (Monchegorsky and Monchetundrovsky massifs) in 1999–2002]. Kn. 1 Monchegorsk, OAO TsKE 236 p. (In Russian)

Ward M., Kalinin A., McLuhlin D., Voitekhovich V. (2008) Kola Mining Geological Company – Prospecting for PGE in the East Pana layered massif. *Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo i obmen opytom v geologicheskoy izuchenii i razvedke platinometal'nykh mestorozhdenii severnoi*

*chasti Fennoskandinavii. Promezhutochnye rezul'taty mezhdunarodnogo proekta KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197* [The neighborhood cooperation and experience exchange in geological prospecting and exploration of PGE deposits in the Northern Fennoscandia. Interim results of the international project KOLARCTIC INTERREG III A North-TACIS N KA-0197]. Apatity, KNTs RAN, 52-55. (In Russian)