

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 553

Е.В. ШАРКОВ, О.А. ДЮЖИКОВ

**ПЛАТИНОМЕДНО-НИКЕЛЕВЫЕ МЕСТРОЖДЕНИЯ СЕВЕРА СИБИРСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ И БАЛТИЙСКОГО ШИТА**

Рассмотрена проблема локализации крупных и уникальных месторождений сульфидных платино- Cu-Ni руд в трёх разновозрастных крупных провинциях изверженных пород севера России: 1) района Норильска, Сибирская пермо-трасовая трапповая провинция, 2) Печенгского района (Кольский п-ов), средне-палеопротерозойская провинция Балтийского щита, 3) района Мончегорска (Кольский п-ов), Балтийская раннепалеопротерозойская провинция кремнеземистой высокомагнезиальной (бонинитоподобной) серии. Показано, что локализация таких месторождений связана не только с составом исходных расплавов, но и с предисторией района, характером мантийного субстрата и наличием на пути перемещения расплава вверх супракрупных пород с Cl- и S- содержащими флюидами и рассолами, способствующими мобилизации этих рудных элементов и их фиксации в минеральной форме.

Крупные изверженные провинции широко представлены в геологической истории Земли от раннего палеопротерозоя до кайнозоя. Наиболее важной особенностью их рудной минерализации являются крупные и уникальные месторождения элементов платиновой группы (ЭПГ), Cu и Ni , связанные с расслоенными мафит-ультрамафитовыми интрузивами. Однако, несмотря на огромные размеры самих провинций и большое количество таких интрузивов, подобные месторождения очень редки. Почему? Мы обсудим эту проблему на примере фанерозойских магматитов Сибири и палеопротерозойских крупных изверженных провинций Фенноскандии.

Траппы Сибири

Крупнейшая в мире пермо-триасовая (240—250 млн. лет) провинция сибирских траппов, развитая на площади около 1,5 млн. км², образована преимущественно покровами толеитовых базальтов и силлоподобными мафитовыми, реже мафит-ультрамафитовыми интрузивами, расположенными среди вулканических покровов и в подстилающих их осадочных образованиях. В Норильском районе с траппами связаны уникальные сульфидные ЭПГ- Cu-Ni месторождения — Талнахское, Октябрьское, Норильск I и Восточно-Норильское, приуроченные к Норильскому и Талнахскому интрузивам (рис. 1) [4]. Такие месторождения отсутст-

вуют на всей остальной территории сибирских траппов или в лучшем случае имеют забалансовые масштабы. Приведенная геолого-структурная схема Норильского района составлена с учетом разномасштабных геологических съемок и комплексных геолого-геофизических данных и в определенной степени отражает глубинное строение района. Важно отметить, что району соответствуют область разуплотнения верхней мантии, повышенная мощностью корово-мантийной смеси, высокая насыщенность коры мафит-ультрамафитовыми и мафитовыми интрузивами. Обращает на себя внимание распределение магнитных аномалий, образующих две субпараллельно-вытянутых зоны, которые отвечают региональным рудообразующим системам: Норильско-Хараерлахской на западе и Имангдинско-Микчандинской на востоке.

Уникальные месторождения Норильска связаны с крупными расслоенными лентовидными телами габбро-долеритов, происшедших за счет высокомагнезиальных расплавов с умеренными содержаниями Ti и щелочей, наподобие плагиопикритов гудчихинской свиты в ареалах лавовых плато [4]. Они произошли на начальных стадиях развития сибирских траппов и располагаются в районе тройного сочленения рифтов.

Рудоносные интрузивы представляют собой крупные расслоенные тела габбро-долеритов мощностью от 100 до 220 м, в раздувах до 350 м, просле-

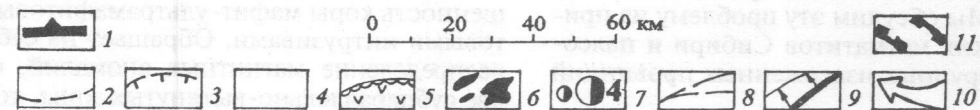
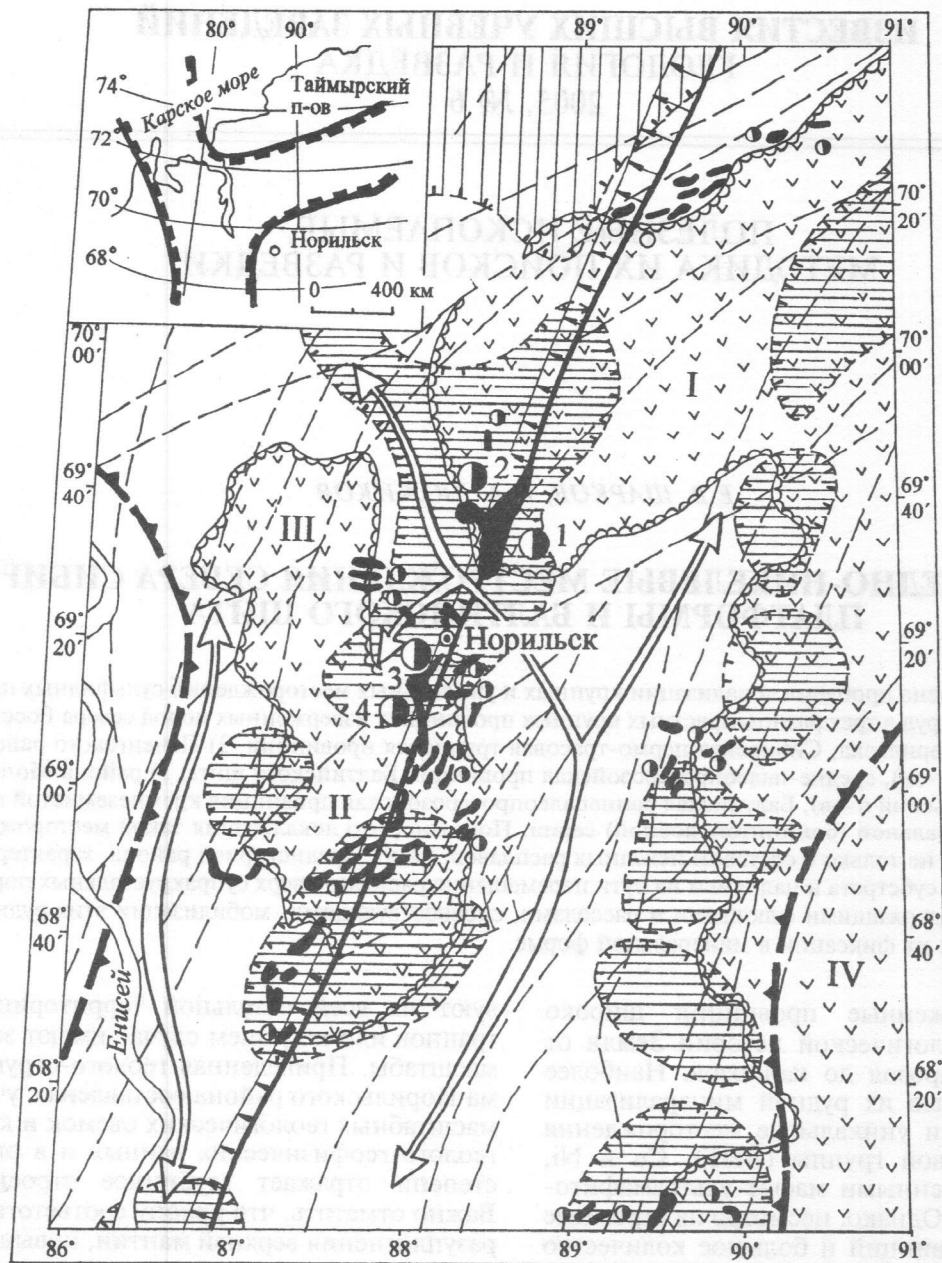


Рис. 1. Схематический план глубинного строения Норильского района (по [1, 7] с упрощениями): 1 — область разуплотнения верхней мантии; 2 — контуры предполагаемых региональных аэромагнитных аномалий; 3 — контуры региональных аэромагнитных аномалий; 4 — палеозойские осадочные образования; 5 — вулканогенные образования трапповых впадин (I — Хараелахская, II — Норильская, III — Вологодчанская, IV — Сыв'erминская); 6 — мафит-ультрамафитовые интрузивы; 7 — рудопоявления, рядовые месторождения и уникальные сульфидные платиномедно-никелевые месторождения и малосульфидные платиновые месторождения (1 — Талнах, 2 — Октябрьское, 3 — Норильск I, 4 — Восточно-Норильское); 8 — разломы; 9 — Норильско-Хараелахский глубинный разлом; 10 — осевые зоны Хантайско-Рыбнинского и Дудинского валов; 11 — тройное сочленение рифтов (на врезке)

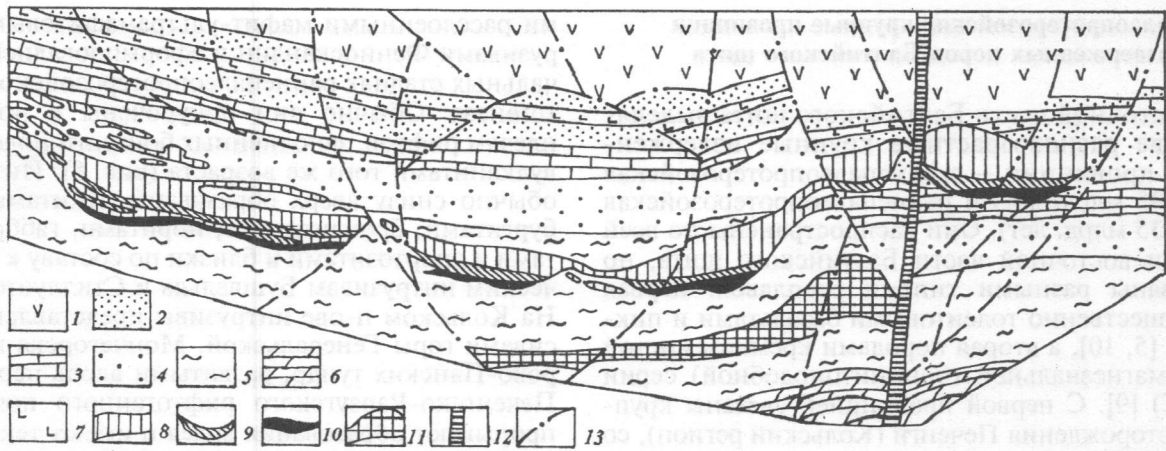


Рис. 2. Субширотный разрез Талнахского рудного узла (по [4]): 1 – вулканогенные образования верхней перми–нижнего триаса; 2 – терригенные угленосные отложения верхнего карбона – верхней перми; 3 – карбонатные отложения среднего–верхнего девона; 4 – сульфатно–карбонатные отложения среднего девона; 5 – терригенно–карбонатные отложения нижнего–среднего девона; 6 – карбонатные отложения силура; 7 – титан-авгитовые долериты; 8–9 – Талнахский интрузив: 8 – контактовые габбро-долериты, верхние такситовые габбро-долериты, оливиновые и оливин-бианотитовые габбро-долериты; 9 – пикритовые, такситовые и контактовые габбро-долериты с вкрапленными ЭПГ–Cu–Ni сульфидными рудами; 10 – массивные ЭПГ–Cu–Ni руды; 11 – Нижне-Талнахский интрузив; 12 – главный шов Норильско-Хараялахского разлома; 13 – прочие разрывные нарушения

живаемые на несколько десятков километров и, по мнению большинства исследователей, являющиеся интрузивными аналогами эффузивных пикритов гудчихинской свиты. Интрузивы имеют линзовидную (или корытообразную) в поперечном сечении форму с крутыми бортами и максимальными мощностями на прогнутых участках (рис. 2). Для них типична автономная внутренняя структура, характеризующаяся развитием ультраосновных дифференциатов в прогибах дна. Обычно интрузивы залегают субсогласно с вмещающими породами, реже секут их под острым углом. Наблюдается широкое развитие дайковых фаций, магматогенных брекчий и мощных (до 400 м) околоинтрузивных экзоконтактовых ореолов, включающих магнезиально-известковистые и известковистые скарны, а также разнообразные метасоматиты и магнезиальные роговики [8].

Типичные разрезы главных разновидностей силлообразных интрузивов Норильского района, в том числе и рудоносных, норильско-талнахского типа, приведены на рис. 3. В разрезе последних снизу вверх наблюдается переход от оруденелых такситовых габбро-долеритов к пикродолеритам, троктолитовым долеритам, оливиновым габбро-долеритам и долеритам, нередко биотитсодержащим, до кварцсодержащих габбро-диоритов и феррогаббро. Верхние части рудоносных интрузивов сложены лейкогабброидами, среди которых отмечаются линзы пикритов, пироксенитов, хромититов. В нижнем экзоконтакте развиты мощные (до 300 м) зоны метасоматитов по подстилающим осадочным породам.

Сульфидные ЭПГ–Cu–Ni руды представлены несколькими разновидностями: 1) вкрапленные руды, приуроченные к пикритовым и такситовым габбродолеритам; 2) сплошные массивные руды, образующие крупные залежи мощностью до 40 м в подстилающих метаморфических и метасоматических породах; 3) прожилково-вкрапленные, образующие ореолы между телами сплошных руд; 4) малосульфидные ЭПГ в лейкогабброидах сложного строения и состава (рис. 3).

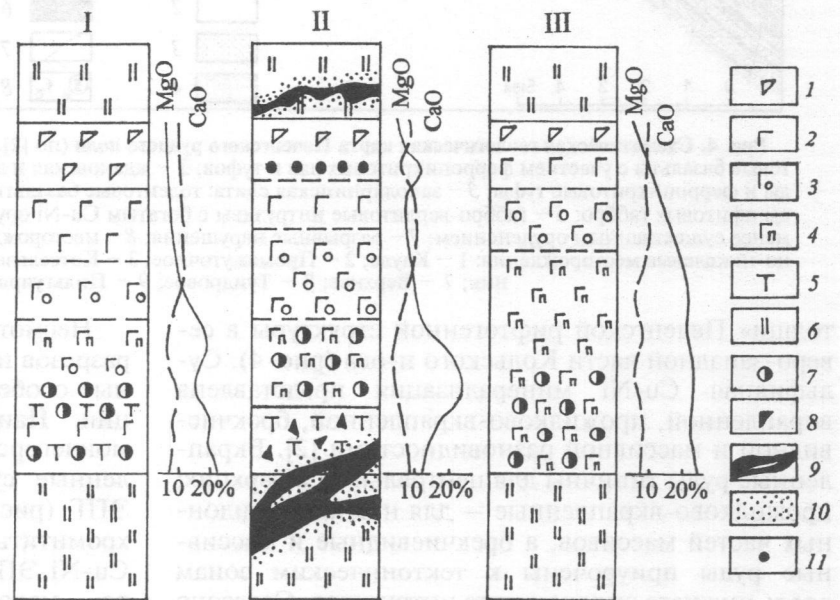


Рис. 3. Схематические разрезы расслоенных интрузивов Норильского района: I – лейкократовых (зубовская группа), II – мезократовых (норильско-талнахская группа), III – меланократовых (нижне-талнахская группа): 1 – габбро-долерит, габбро-диорит, лейкогаббро; 2–5 – габбро-долериты: 2 – с OI и без него, 3 – OI-содержащий, 4 – пикритовый, 5 – такситовый; 6 – метаморфизованные вмещающие породы; 7–10 – сульфидные ЭПГ–Cu–Ni руды: 7 – вкрапленные оvoidные, 8 – вкрапленные ангдральные; 9 – массивные; 10 – прожилково-вкрапленные; 11 – малосульфидная ЭПГ минерализация

Палеопротерозойские крупные провинции изверженных пород Балтийского щита

В восточной части Балтийского щита выделяются две разновозрастные крупные изверженные провинции — среднепалеопротерозойская (2,2—1,95 млрд. лет) и раннепалеопротерозойская (2,5—2,35 млрд. лет). Они распространены по всей площади восточной части Балтийского щита, но образованы разными типами расплавов: первая преимущественно толеитовыми базальтами и пикритами [5, 10], а вторая породами кремнеземистой высокомагнезиальной (бонинитоподобной) серии (КВМС) [9]. С первой провинцией связаны крупные месторождения Печенги (Кольский регион), со второй — месторождения Мончегорского района.

Месторождения Печенги приурочены к небольшим грубо-расслоенным мафит-ультрамафитовым интрузивам (возраст около 1,98 млрд. лет) [6]. Эти тела развиты среди метаосадков «продуктивной

ми расслоенными мафит-ультрамафитовыми интрузивами Фенноскандии и сформировались на начальных стадиях раннепалеопротерозойского рифтогенеза. Обычно они приурочены к поднятым плечам рифтов, заполненным бонинитоподобными вулканитами того же возраста (рис. 5). Интрузивы обычно снизу вверх образованы дунитами, гарцбургитами, бронзититами, норитами, габброноритами и анортозитами и близки по составу к классическим интрузивам Бушвельда и Стиллуотера [11]. На Кольском п-ове интрузивы представлены массивами горы Генеральской, Мончегорска и Федорово-Панских тундр, развитыми вдоль периферии Печенгско-Варзугского рифтогенного пояса, где прорывают образования архея и имеют тектонические контакты с супракрустальными комплексами протерозоя. В Карелии такие интрузивы встречаются как на севере (Луккулайсваара, Ципринга и Кивакка), так и на юге, где расположен крупнейший в Европе Бураковский расслоенный интрузив.

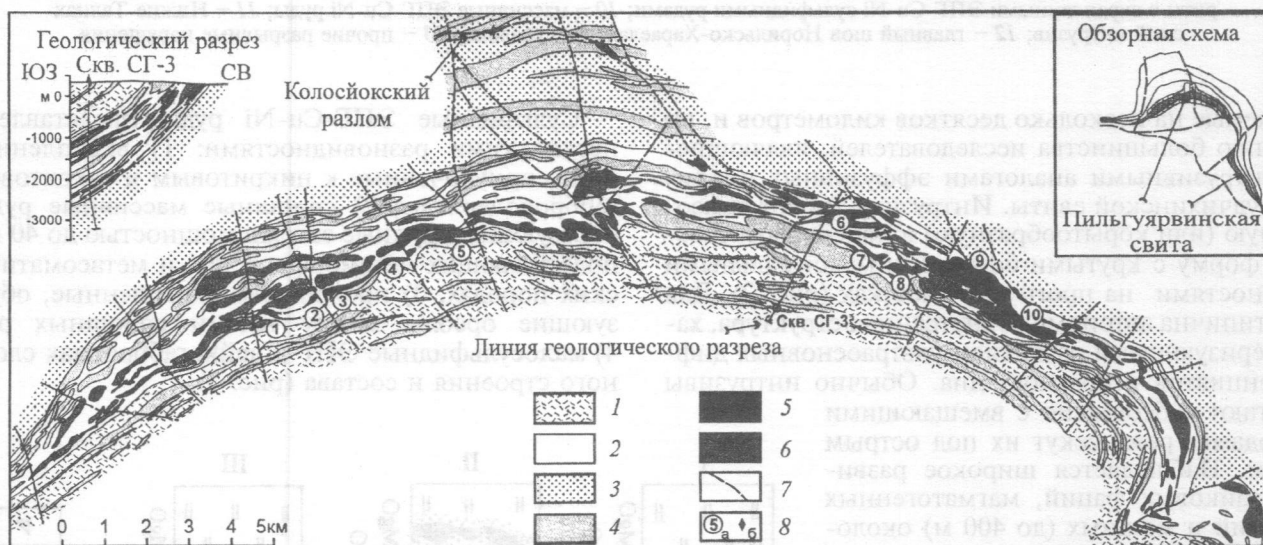


Рис. 4. Схематическая геологическая карта Печенгского рудного поля (по [2], с упрощениями): 1 — матерская свита: толеитовые базальты с участием ферропикритовых лав и туфов; 2 — ждановская и ламасская свиты: терригенные осадочные породы и ферропикритовые туфы; 3 — заполярнинская свита: толеитовые базальты с прослоями базальтовых туфов; 4 — интрузивы офитовых габбро; 5 — габбро-верлитовые интрузивы с богатым Cu-Ni оруденением; 6 — габбро-верлитовые интрузивы с менее существенным оруденением; 7 — разрывные нарушения; 8 — месторождения (а) и рудопроявления (б) Cu-Ni руд; медно-никелевые месторождения: 1 — Каула; 2 — Промежуточное; 3 — Котсельваара; 4 — Каммикиви; 5 — Семилетка; 6 — Спутник; 7 — Верхнее; 8 — Тундровое; 9 — Пильгуйярви; 10 — Заполярное

толщи» Печенгской рифтогенной структуры в северо-западной части Кольского п-ова (рис. 4). Сульфидная Cu-Ni минерализация представлена вкрапленной, прожилково-вкрапленной, брекчиевидной и массивной разновидностями [2]. Вкрапленные руды типичны для центральных и верхних; прожилково-вкрапленные — для нижних, придонных частей массивов, а брекчиевидные и массивные руды приурочены к тектоническим зонам вдоль нижнего эндоконтакта интрузивов. Согласно изотопным данным [6], руды имеют сложный генезис: они образованы как за счет мантийного материала, так и переотложенного в результате метаморфических и метасоматических процессов.

ЭПГ-Cu-Ni месторождения Балтийской провинции КВМС. Эти месторождения связаны с крупны-

ми расслоенными мафит-ультрамафитовыми интрузивами Фенноскандии и сформировались на начальных стадиях раннепалеопротерозойского рифтогенеза. Обычно они приурочены к поднятым плечам рифтов, заполненным бонинитоподобными вулканитами того же возраста (рис. 5). Интрузивы обычно снизу вверх образованы дунитами, гарцбургитами, бронзититами, норитами, габброноритами и анортозитами и близки по составу к классическим интрузивам Бушвельда и Стиллуотера [11]. На Кольском п-ове интрузивы представлены массивами горы Генеральской, Мончегорска и Федорово-Панских тундр, развитыми вдоль периферии Печенгско-Варзугского рифтогенного пояса, где прорывают образования архея и имеют тектонические контакты с супракрустальными комплексами протерозоя. В Карелии такие интрузивы встречаются как на севере (Луккулайсваара, Ципринга и Кивакка), так и на юге, где расположен крупнейший в Европе Бураковский расслоенный интрузив.

Несмотря на общее сходство состава пород и разрезов интрузивов, все они имеют индивидуальные особенности строения и рудной минерализации. Наиболее разнообразна минерализация в мончегорском комплексе, где развиты промышленные сульфидные Cu-Ni руды, хромититы и ЭПГ (рис. 6); в Бураковском плутоне выявлены хромититы и ЭПГ, на горе Генеральской — Cu-Ni-ЭПГ, Федорово-Панском и Луккулайсвааре — малосульфидные месторождения ЭПГ.

Детальные исследования этих интрузивов показали, что их затвердевание происходило снизу вверх и сопровождалось периодическим поступлением порций свежего расплава в магматическую камеру. Однако только некоторые из этих новых порций были обогащены рудными компонентами.

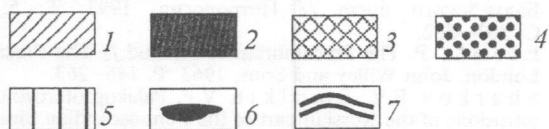
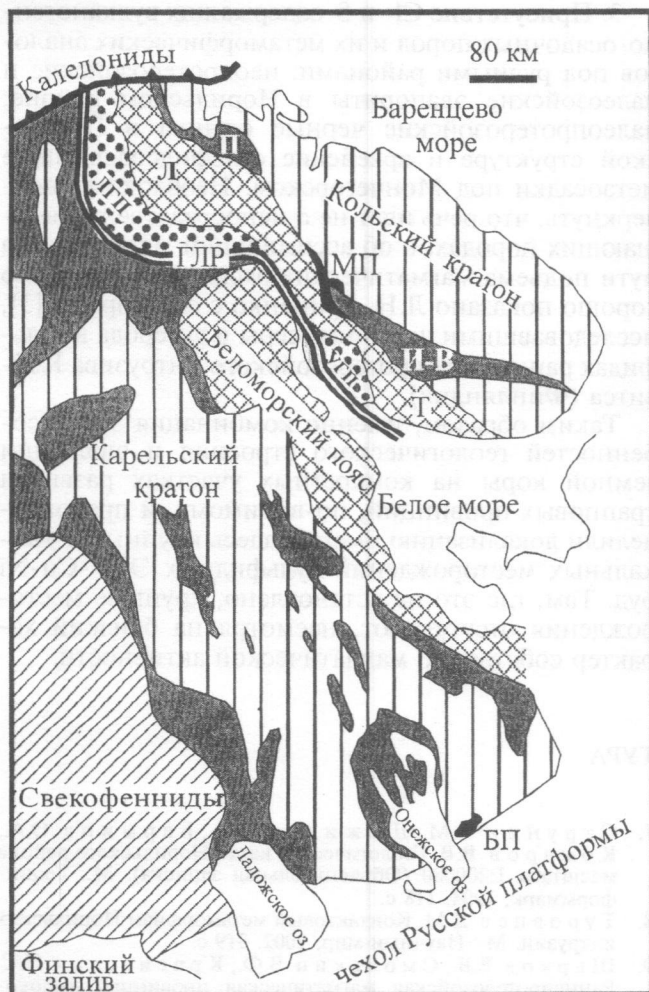


Рис. 5. Схема геологического строения восточной части Балтийского щита: 1 – Свеккофеннский блок; 2 – палеопротерозойские вулканогенно-осадочные пояса (П – Печенгский, И-В – Имандра-Варзугский, Ветреный Пояс); 3 – подвижные пояса: Беломорский и Терско(Т)-Лотгинский(Л); 4 – Лапландско-Умбинский гранулитовый пояс (ЛГП – Лапландский и УГП – Умбинский фрагменты); 5 – архейские кратоны; 6 – крупные раннепротерозойские расслоенные плутоны (БП – Бураковский, МП – Мончегорский); 7 – Главный Лапландский разлом (ГЛР)

Это хорошо видно на примере месторождения рифового типа «рудный пласт Сопчи» в Мончегорском плутоне (рис. 6). Это горизонт тонкорасслоенных перидотитов мощностью 2–3 м с богатой вкрапленностью Cu-Ni сульфидов и минералами платиновой группы. Его происхождение связывается с поступлением новой порции плотного ультрамафического расплава, растекавшегося по временному дну интрузивной камеры.

Почему только редкие порции свежей магмы были металлоносными? Мы полагаем, что это было связано с особенностями происхождения магм КВМС. Судя по геохимическим и изотопным характеристикам, такие магмы возникли в резуль-

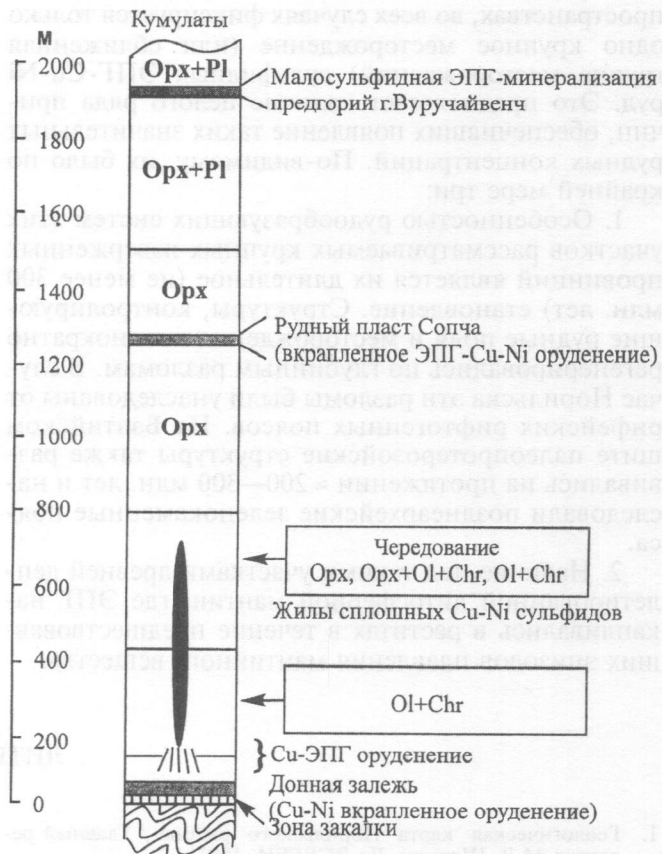


Рис. 6. Распределение рудной минерализации в Мончегорском плутоне

тате крупномасштабной ассимиляции мантийными магмами архейского корового материала. Мы полагаем, что это происходило в процессе всплывания очага высокотемпературной мантийной магмы через кору по принципу зонной плавки [9], т. е. путем плавления кровли и кристаллизации у дна.

Появление металлоносных рифов, по-видимому, было связано с ассимиляцией такими магмами супракrustальных пород, обогащенных рудными компонентами (ЭПГ, Ni, Cu и др.) и содержащими хлор и серу флюидами и рассолами, которые способствовали мобилизации рудных элементов и их фиксации в минеральной форме. Такими супракrustальными породами могли быть коматииты, черные сланцы, сульфидсодержащие осадки и т. д. Если такие породы отсутствовали на пути всплывающего магматического очага, рифы также не устанавливаются, как это хорошо видно на примере множества интрузивов, сложенных такими же породами, но безрудных.

Возможно, что хромитсодержащие оливиновые габбро с малосульфидной ЭПГ минерализацией в верхних частях Талнахского интрузива также представляют собой риф, поскольку они резко отличны от главных типов оруденения, связанных с этим интрузивом.

Обсуждение и выводы

Прежде всего обращает на себя внимание, что, несмотря на широкое распространение одного и того же типа магматических пород на огромных

пространствах, во всех случаях фиксируется только одно крупное месторождение (или сближенная группа месторождений) сульфидных ЭПГ-Cu-Ni руд. Это предполагает наличие целого ряда причин, обеспечивших появление таких значительных рудных концентраций. По-видимому, их было по крайней мере три:

1. Особенностью рудообразующих систем этих участков рассматриваемых крупных изверженных провинций является их длительное (не менее 300 млн. лет) становление. Структуры, контролирующие рудные поля и месторождения неоднократно регенерировались по глубинным разломам. В случае Норильска эти разломы были унаследованы от рифейских рифтогенных поясов. На Балтийском щите палеопротерозойские структуры также развивались на протяжении ≈ 200 –300 млн. лет и наследовали позднерихейские зеленокаменные пояса.

2. Наличие под такими участками древней деплетированной литосферной мантии, где ЭПГ накапливались в реститах в течение предшествующих эпизодов плавления мантийного вещества.

3. Присутствие Cl- и S-содержащих вулканогенно-осадочных пород и их метаморфических аналогов под рудными районами: неопротерозойские и палеопротерозойские эвапориты в Норильском районе, палеопротерозойские черные сланцы в Печенгской структуре и архейские сульфидсодержащие метаосадки под Мончегорском. Необходимо подчеркнуть, что речь идет не о непосредственно вмещающих породах, а об ассимиляции материала на пути подъема магматических расплавов. Это хорошо показано Л.Н. Гриненко с соавторами [3], исследовавшими изотопию серы и углерода в сульфидных рудх раннепалеопротерозойского интрузива Кейвита (Финляндия).

Таким образом, именно комбинация этих особенностей геологического строения и эволюции земной коры на конкретных участках развития трапповых провинций, по-видимому, и предопределили локализацию именно здесь крупных и уникальных месторождений сульфидных ЭПГ-Cu-Ni руд. Там, где это не установлено, крупные месторождения отсутствуют, несмотря на близкий характер собственно магматической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологическая карта Норильского района / Главный редактор М.Л. Шерман. Л.: ВСЕГЕИ, 1991.
2. Горбунов Г.И., Астафьев Ю.А., Гончаров Ю.В. и др. Медно-никелевые месторождения Печенги // Тр. ИГЕМ РАН. Нов. серия. В.2. М.: ГЕОС, 1999, 236 с.
3. Гриненко Л.Н., Хански Е., Гриненко А.И. Условия образования Cu-Ni месторождения Кейвита, Северная Финляндия, по изотопным данным серы и углерода // Геохимия. 2003. № 2. С. 181–194.
4. Дюжиков О.А., Дистлер В.В., Струнин Б.М. и др. Геология и рудоносность Норильского района. М.: Наука, 1988. 280 с.
5. Куликов В.С., Куликова В.В., Лавров Б.С. и др. Суйсарский пикрит-базальтовый комплекс палеопротерозоя Карелии (опорный разрез и петрология). Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1999. 96 с.
6. Смолькин В.Ф., Митрофанов Ф.П., Аведисян А.А. и др. Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1995. 256 с.
7. Струнин Б.М., Дюжиков О.А., Бармина О.А., Комаров В.В. Геологическая карта Норильского района масштаба 1:200000 (Объяснительная записка). М.: Геоинформмарк, 1994. 118 с.
8. Туровцев Д.М. Контактный метаморфизм Норильских интрузий. М.: Научный мир, 2002. 319 с.
9. Шарков Е.В., Смолькин В.Ф., Красивская И.С. Раннепротерозойская магматическая провинция высокомагнезиальных бонинитоподобных пород в восточной части Балтийского щита // Петрология. 1997. Т. 5. № 5. С. 503–522.
10. Escola P. The Precambrian of Finland // The Precambrian. London: John Willey and Sons, 1963. P. 145–263.
11. Шарков Е.В., Смолькин В.Ф. Palaeoproterozoic layered intrusions of the Russian part of the Fennoscandian Shield: a review // Trans. Inst. Min. Metallurgy (Sect. B: Appl. earth sci.). 1998. V. 107. P. B23–B38.

ИГЕМ РАН
Рецензент — А.А. Верчеба