

Поисковые индикаторы новых промышленных месторождений родий-платиново-палладиевых, кобальт-медно-никелевых и хромовых руд на Кольском полуострове

Ф.П.МИТРОФАНОВ (Геологический институт КНЦ РАН)

На Кольском полуострове в Печенгской структуре Кольской горно-металлургической компанией «Норильскникель» (КГМК) обеспечивается 18% российской годовой добычи никелевых руд. В последние годы в Федоро-Панском массиве Геологическим институтом КНЦ РАН и его инновационным ОАО «Пана», совместно с австралийской компанией ВНР и канадской компанией Баррик Голд, открыты и готовятся к эксплуатации два Rh-Pt-Pd месторождения с промышленными средними рудными содержаниями (1,2—4,3 г/т) и запасами 1 этапа добычи в десятки тонн Rh Pt Pd Au. Эти типы месторождений — печенгский и панский — находятся в гипербазит-базитовых массивах раннепротерозойского возраста, количество которых в регионе исчисляется многими сотнями на поверхности (рис. 1) и более тысячи на глубине (по геофизическим данным). По общепринятым геологическим характеристикам (минералогическим, петрографическим и пр.), все эти массивы сходны, в результате чего каждый из них может быть как безрудным, так и рудным на то или иное полезное ископаемое. Существующие методы оценки их рудного по-

тенциала связаны с очень дорогостоящими и длительными буровыми и аналитическими работами.

По результатам работ ГИ КНЦ РАН нами предложен, на основе изотопных уран-свинцовых и самарий-неодимовых данных, полученных на современной масс-спектрометрической аппаратуре, метод «разбраковки» кольских базит-гипербазитовых массивов по изотопно-геохимическим и геолого-петрологическим индикаторам [6]. Все эти раннепротерозойские массивы в отличие от архейских пород подобного же состава, но другой — Ti, V, Fe металлогении (массивы Ачинский, Цагинский и др.), связаны с плюм-рифтовой тектоникой, проявленной в регионе 2530—1980 млн.лет назад. Соответственно, изотопно-хронометрический («абсолютный») возраст пород массивов, перспективных на хром или на Rh-Pt-Pd, или на Co-Cu-Ni должен быть определен («находиться») в этом интервале, и не быть древнее 2600 и моложе 1950 млн.лет. Отсюда же вытекают и следующие индикаторы-признаки: структурная сопряженность раннепротерозойских массивов с кольскими рифтогенными структурами (Печенгская и Имандра-Варзугская); многофазное и

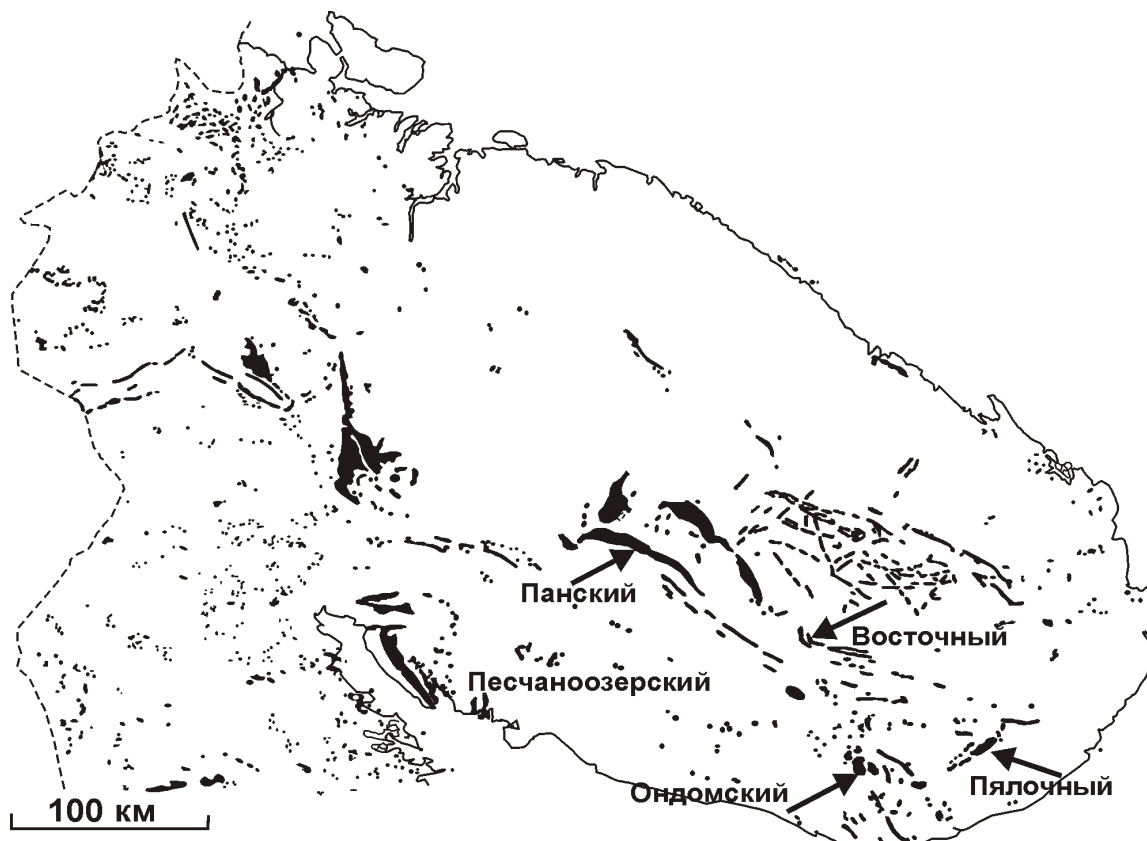


Рис. 1. Схема размещения базит-гипербазитовых интрузий в Кольском регионе

длительное формирование расслоенных базитовых массивов (например, Федоро-Панский массив образовался в течение не менее 80 млн.лет в интервале 2530—2450 млн.лет назад); определение в породах особых мантийных изотопно-геохимических меток — $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^3\text{He}/^4\text{He}$ и др. На основе этих индикаторов экспрессно определяются потенциально рудоносные базит-гипербазитовые массивы плюм-магматического раннепротерозойского ряда. Далее ставится задача определения их более конкретной металлогенической специализации.

Месторождения Rh-Pt-Pd малосульфидного типа находятся в многофазных и расслоенных (с «рифами») базит-анортозитовых массивах, часто в участках пегматоидного строения, кристаллизующихся в интервале 2530—2450 млн.лет с $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ 1... 3, что свидетельствует о литофильности мантийного источника (см. таблицу). Наконец, медно-никелевые месторождения печенгского типа с попутной платиновой минерализацией имеют возраст вмещающих базитов 1980 млн.лет и положительный $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$.

Изотопно-геохимические данные для расслоенных интрузий Восточной части Балтийского щита, по [1]

Расслоенные интрузии	Возраст, млн.лет		$^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$
	U-Pb	Sm-Nd	
1	2	3	4
<i>Северный пояс</i>			
Гора Генеральская			
габбронориты	2496 10; 2505 1,6	2453 42	2,3
анортозиты	2446 10		
Мончегорский плутон			
габбронориты	2493 7; 2504 1,5	2492 31	1,4
Главный хребет			
Мончетундра, габбро	2488 3; 2463 25; 2453 4		
Чунатундра, лейкогаббро	2467 7		
Федорово-Панский массив			
габбронориты	2491 1,5; 2501 1,7	2487 51	2,1
габбро-пегматиты	2470 9		
анортозиты	2447 12		
Имандровский лополит			
габбронориты	2446 9; 2441 1,6	2444 77	2,1
базитовые пегматиты	2440 4		
нориты	2437 7		
оливиновый габбронорит	2395 5		
монцодиоритовая дайка	2398 1		
<i>Южный пояс</i>			
Кивакка			
оливиновые габбронориты	2445 2	2439 29	1,2
Луккулайсваара			
пироксениты	2439 11; 2442 1,9	2388 59	2,4
Ципринга			
габбро	2441 1,2	2430 26	1,1
Бураковская			
габбронориты	2449 1,1	2365 90	2,0

1	2	3	4
Ковдозерский массив			
пегматоидные габбронориты	2436 9		
Финская группа			
Койтелайнен	2433 8		
Койлисмаа	2436 5		
Ньянкаваара	2440 16		
Пеникат		2410 64	1,6
Аканваара	2437 7	2423 49	2,1

Эти фундаментальные данные используются в настоящее время при выполнении программы «Приоритетные направления геологоразведочных работ МПР РФ на 2005—2010 годы», в которую Кольский полуостров включен как один из приоритетных регионов России для поисково-оценочных работ на металлы платиновой группы, никеля и хрома, а также на выполнение соответствующей программы «Минеральные ресурсы Мурманской области 2003—2010 годов».

Применимость этих индикаторов проходит проверку на четырех базитовых массивах юго-восточной части Кольского полуострова (см. рис. 1) — Восточный, Песчаноозерский, Ондомозерский и Пялочный, которые до сих пор очень слабо изучены и обнажены, но по общим геологическим данным считаются перспективными на лицензирование и опоскование.

В результате исследований в 2003—2004 гг. первых определений возраста пород, их U/Pb и Sm/Nd систем, анализ на рудные компоненты установлено следующее.

Массивы Восточный и Песчаноозерский интересны для их дальнейшего опоскования на платинометалльные руды, U-Pb возраст цирконов из габбро Восточного массива 2483 12 млн.лет, содержание сульфидов в среднем 2%, отдельные определения суммы Rh Pt Pd Au достигают 0,8 г/т. Габбронориты Песчаноозерского массива имеют Sm-Nd возраст 2492 59 млн.лет, N_d 2,2, содержание сульфидов до 3—5%, сумма платиноидов в породе более 0,01 г/т.

Ондомозерский интрузив и Пялочный массив, относимые на геологических картах к сумийским расслоенным базитам федорово-панского платинометалльного типа, по нашим экспрессным данным, к таковым не относятся, а сходны с печенгскими телами. Цирконы из пород Ондомозерского интрузива определяют его «печенгский» возраст в 1974 6 и 1963 5 млн.лет, пороодообразующие минералы (плагиоклаз и клинопироксен) и габбронорит лежат на Sm-Nd изохроне 1961 24 млн.лет, N_d 2 0,2. Примерно аналогичны и изотопные характеристики пород Пялочного массива, отрицающие его платинометалльные перспективы. Анализ на эти элементы здесь оказались пустыми.

Какие же геологические платинометалльные объекты, в разной степени опоскованные и разведанные, лицензированные или только относящиеся к перспективным, сейчас известны в Кольском регионе? Наиболее крупные и известные — это Федорово-Панский и Мончегорский плуто-

ны, а также интрузив горы Генеральская, уже достаточно хорошо разведанные. Обширные площади первого лицензированы ОАО «Пана», канадской компанией «Баррик» и совместным российско-канадским предприятием «Бэма». Мончегорский Плутон и его составляющая — тело горы Вурэчуайвенч [2], а также массив горы Генеральская входят в лицензированные территории Кольской горно-металлургической компанией. Другие массивы или их части также опосковываются.

Федорово-Панский массив [3] на современном эрозионном срезе имеет протяженность более 80 км при ширине до 7 км. Массив залегает в зоне северного контакта вулканогенно-осадочных пород Имандра-Варзугской протерозойской палеорифтогенной структуры с образованиями архейского фундамента. Поперечными разломами интрузив разобщен на три крупных блока, которые, возможно, соответствуют трем магматическим камерам, — Федоровский, Западно-Панский и Восточно-Панский (рис. 2). По геофизическим данным породы Федорово-Панского массива распространяются на глубину 4—5 км под протерозойскими образованиями. Массив сложен породами основного состава, среди которых преобладают габбронориты. Строение трех блоков массива существенно различается.

Федоровский блок представляет собой тело лополитообразной формы, сложенное преимущественно габброноритами, норитами и габбро с подчиненным количеством плагиопироксенитов. Отличительная черта блока — присутствие в приподошвенной части тела оруденелых такситовых габброноритов. Залегающая выше по разрезу зона норитов и плагиопироксенитов достигает мощности 200 м. Наибольшую часть разреза Федоровского блока слагают равные по мощности толщи габброноритов и габбро. Габбро содержат редкие маломощные прослои лейкократовых разностей и анортозитов.

По разведочным данным [7], малосульфидное оруденение (2—5% объема породы) с повышенным содержанием Pt Pd Rh(ЭПГ) Au неравномерно распространено в нижней части Федоровского блока, слагая месторождение базального типа. Количество сульфидов увеличивается там, где породы имеют пегматоидную или такситовую текстуру. По результатам опробования в рудной залежи мощностью в десятки метров были выделены зоны с содержанием суммы ЭПГ Au до 1 г/т и более, в которых содержатся метровые горизонты и линзы с содержаниями до

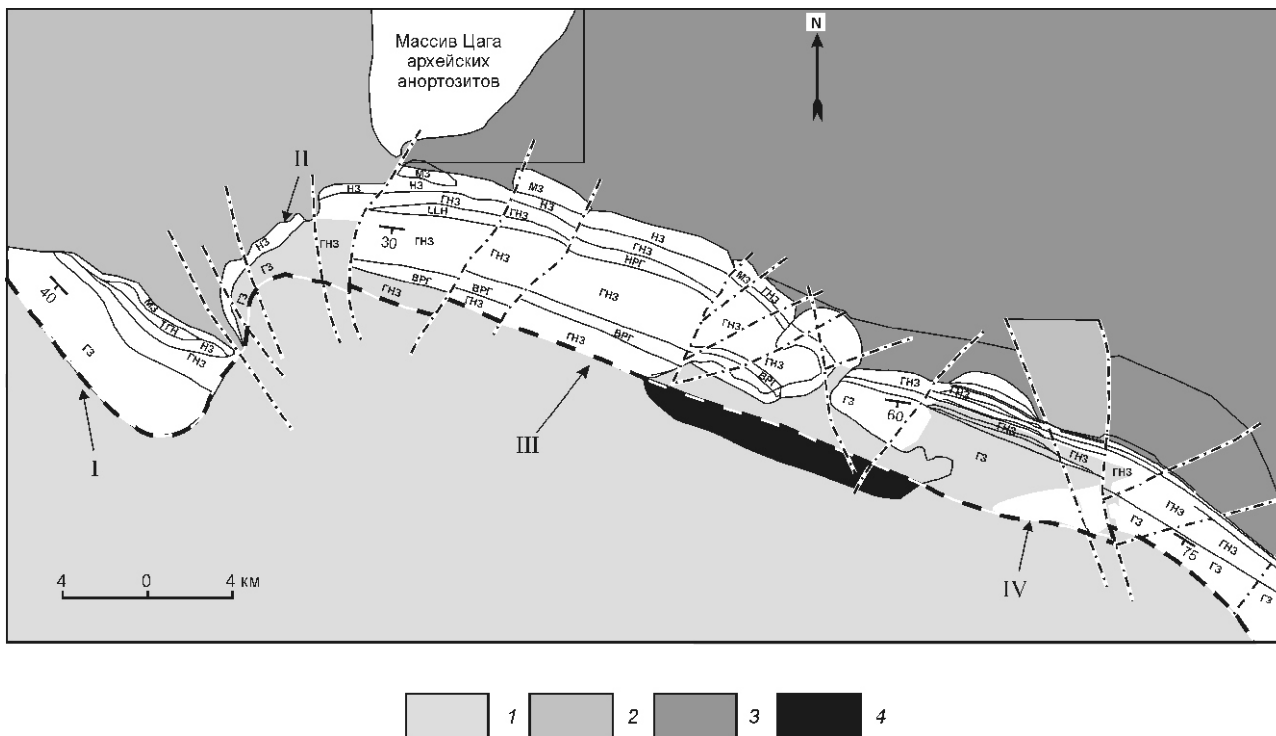


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Федоро-Панско расслоенного интрузива:

1 — архейские мигматиты; 2 — архейские гнейсы, анортозиты, щелочные граниты; 3 — Имандра-Варгужская рифтогенная осадочно-вулканогенная структура; 4 — морена; блоки: I — Федоровский, II — Западно-Панский, III — Восточно-Панский, IV — Ластяврский; ВРГ — верхний расслоенный горизонт, ГЗ — габбровая зона, НРГ — нижний расслоенный горизонт, ГНЗ — габброноритовая зона, НЗ — норитовая зона, ТГН — такситовые габбронориты, МЗ — маргинальная рассланцованная зона

4—5 г/т. Количество сульфидной вкрапленности увеличивается в нижних частях каждой из залежей. Отношения Pd/Pt равны 4,3—4,7, содержания Ni 0,08—0,16 и Cu 0,14—0,23%.

В рудах Федоровского блока преобладают висмутотеллуриды Pd и Pt, такие как меренскиит, мончеит, котульскит, мишнерит, а также арсениды (сперрилит), сульфиды (брэггит). Разведка рудных залежей Федоровского блока должна закончиться в ближайшие годы, подсчитываются запасы, предполагается разработка карьером.

Западно-Панский блок — наиболее мощная (почти 4 км) часть массива, протяженность ее около 25 км (см. рис. 2, 3). Это пластовое тело с выдержанным простиранием отдельных слоев, падающих на юго-запад под углом 30—35°. В целом, Западно-Панский блок на 70 % сложен средне-, мелкозернистыми мезократовыми габброноритами. В верхней части его разреза выделяется пласт оливиновых пород, переслаиваются оливиновые габбронориты, троктолиты и анортозиты (см. рис. 3).

Наиболее отличительная черта Западно-Панского блока — присутствие здесь двух расслоенных горизонтов — верхнего (ВРГ) и нижнего (НРГ). Горизонты образованы тонким чередованием различных по составу пород: габброноритов, норитов, лейкократовых габбро, анортозитов, плагиопироксенитов. Именно с расслоенными горизонтами связано малосульфидное «рифтовое» оруденение элементов платиновой группы.

Петрология Западно-Панского блока изучалась сотрудниками ГИ КНЦ РАН [4], которые показали, что блок состоит из двух интрузивных фаз, охватывающих: 1) нижнюю часть

массива от подошвы до верхнего расслоенного горизонта, 2) верхний и перекрывающую его толщу пород.

Нижний (северный) платиноносный риф в нижнем расслоенном горизонте представляет собой сульфидоносную зону, выдержанную по простиранию и падению и согласованную с расслоенностью пород. Общая протяженность рифа более 16 км. Рудные тела и линзы, как правило, концентрируются в средней части нижнего расслоенного горизонта. В единичных случаях сульфидная платинометаллическая минерализация отмечается в пределах слоев монотонных лейкогаббро, обрамляющих зону тонкого чередования. Мощность рифа изменяется от 1 до 15 м. Он содержит основное рудное тело (рис. 4) и несколько рудных линз. Основное рудное тело, содержащее 80% подсчитываемых запасов, на всем протяжении (9700 м) обладает достаточно устойчивыми главными параметрами и прослежено более 50 скважинами. При бортовом содержании ЭПГ Au 1 г/т средняя мощность Основного рудного тела изменяется в пределах 1,1—2,1 м, среднее содержание ЭПГ Au 3,09—4,23 г/т. При этом отмечается устойчивое среднее содержание цветных металлов: Ni 0,12—0,16%, Cu 0,16—0,19%. В отдельных пробах содержание ЭПГ Au достигает 21 г/т; Pd/Pt в среднем составляет 8,2.

Платинометаллическое оруденение представлено бедным вкрапленным пентландит-халькопирит-пирротинным типом с содержанием сульфидов 0,5—2,0%. Наиболее распространены из минералов благородных металлов висмутотеллуриды и арсениды палладия и платины. Размер выделений металлов платиновой группы — от долей до первых сотен микрометров (в среднем 9 мкм). Преобладают котульскит, меренскиит, мончеит, брэггит.

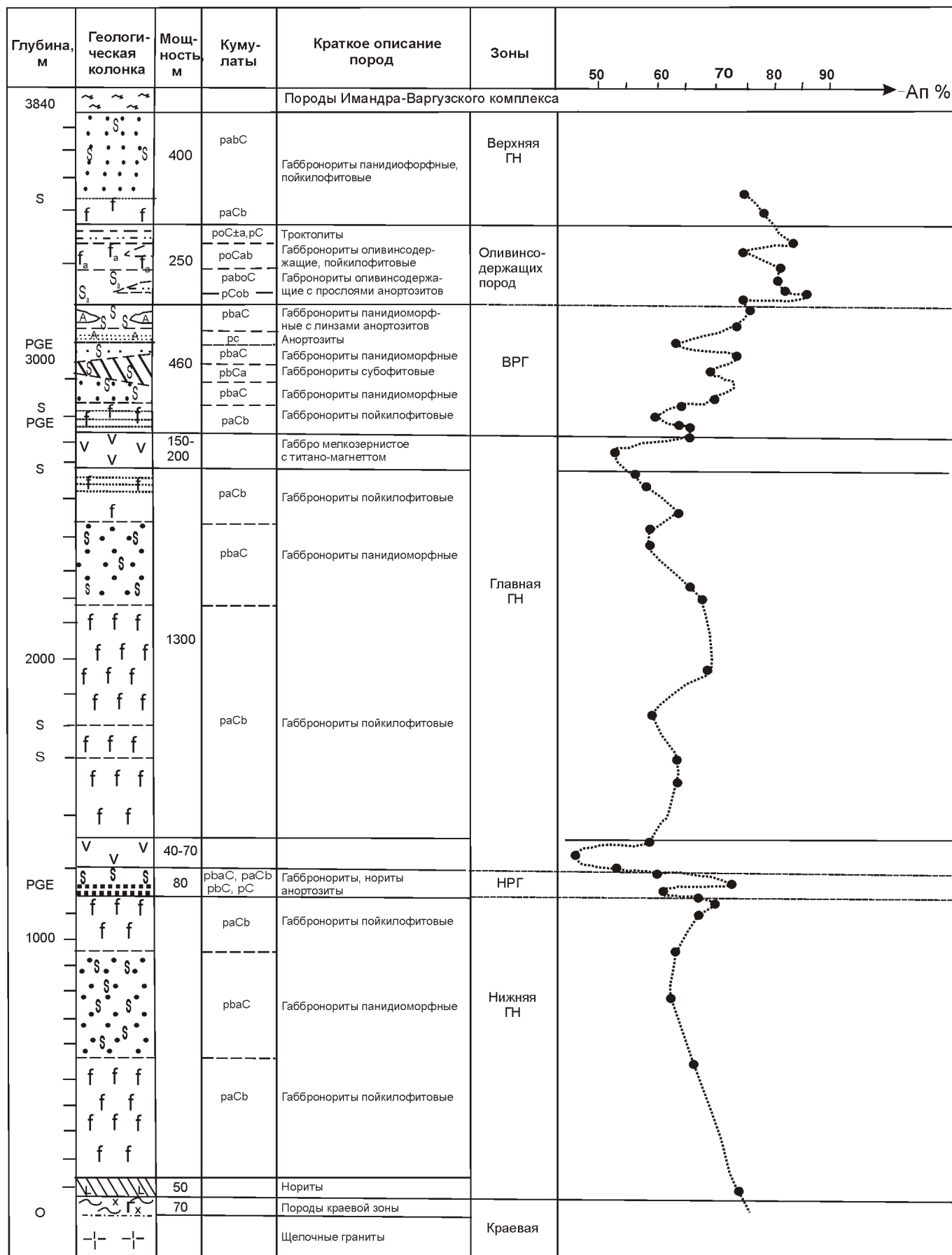


Рис. 3. Разрез западной части Панского массива

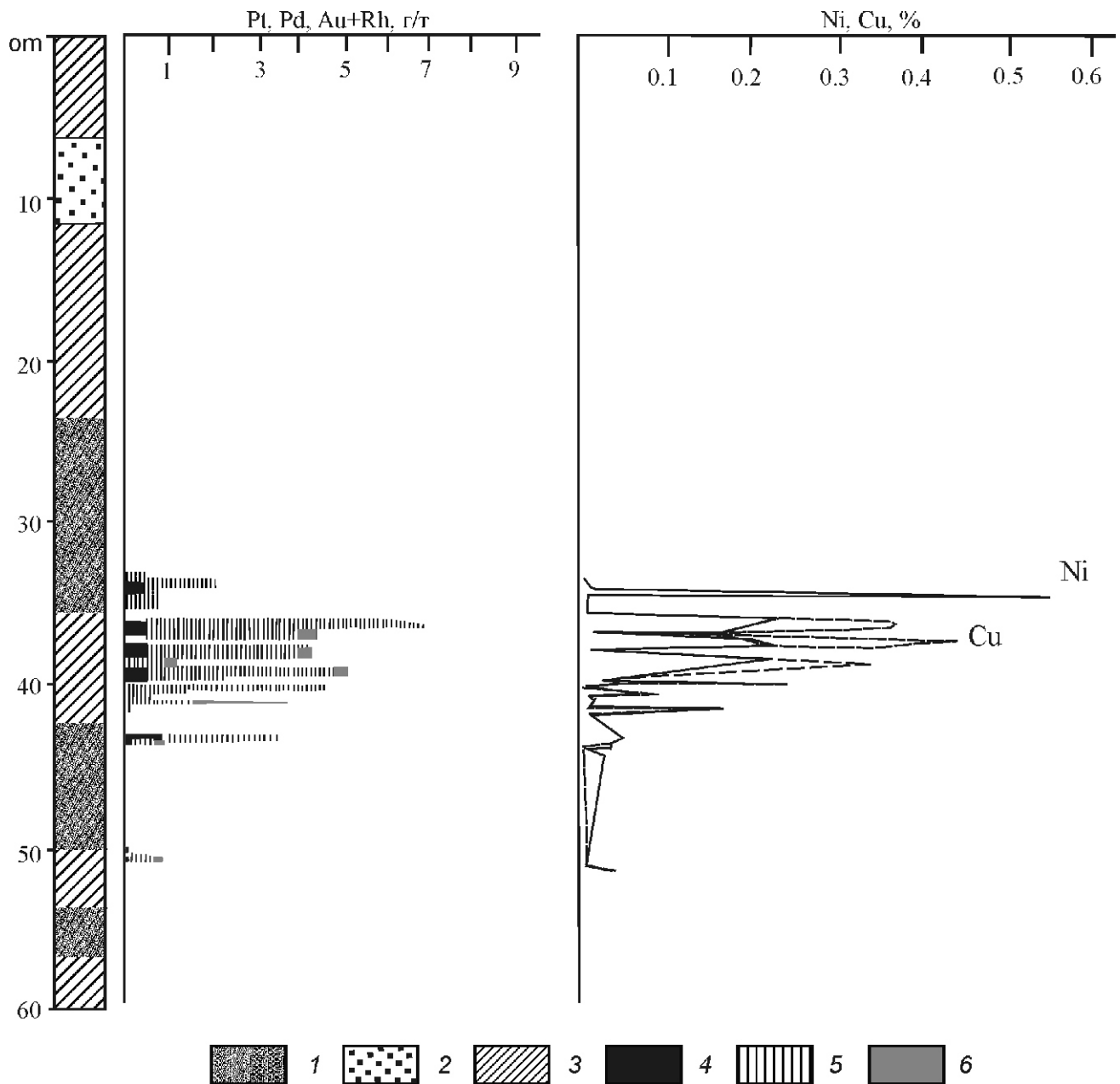


Рис. 4. Распределение полезных компонентов в нижнем расслоенном горизонте Западно-Панского блока (скв. Р-13):

1 — габбронориты; 2 — лейкогабброиды; 3 — габбро; 4 — Pt; 5 — Pd; 6 — Au Rh

В Северном рифе выше и ниже Основного рудного тела имеются и другие линзовидные рудные тела различной мощности и протяженности с платинометалльным малосульфидным оруденением. Есть надежда что, после 2007 г. месторождение с запасами в десятки тонн до глубины 200 м будет разрабатываться. Технология добычи и обогащения изучаются.

Проявления сульфидного и платинометалльного оруденения, связанные с верхним расслоенным горизонтом объединены в Южный платиновый риф. Зона платинометалльного оруденения приурочена здесь к анортозитовым телам среди габброноритов и прослежена по простиранию в коренных обнажениях и скважинами, а также по развалам сульфидоносных глыб. Падение зоны южное под углом 30°. Истинная мощность оруденелых пород изменяется от 0,6 до 3,3 м. Содержание ЭПГ Au колеблется от

1,3 до 41,5 г/т. Среднее содержание Ni 0,11%; Cu 0,20%. Среднее Pd/Pt составляет 10,15. Рудоносная зона разбурена несколькими скважинами. По падению она прослежена отдельными скважинами на глубину 60—100 м. В настоящее время на территории Южного рифа проводятся поисково-оценочные работы. Сульфидное оруденение элементов платиновой группы встречается также среди оливинсодержащих пород выше верхнего расслоенного горизонта по разрезу. Этот тип оруденения изучен пока слабо.

Таким образом, в Федорово-Панском массиве выявлены месторождения малосульфидных платина-палладиевых руд двух типов:

1. В нижней части массива Федоровой тундры почти до конца разведаны для открытой разработки мощные пологозалегающие залежи (десятки метров) руд со средними содержаниями Pt Pd Rh Au 1—3 г/т, Pd/Pt около

4,5. Этот тип можно сопоставить с Платрифом (Южная Африка), месторождениями Лак-дез-Иль (Канада), Контиярви и Ахмаваара (Финляндия).

2. В маломощных (до 3 м) довольно крутопадающих рифах Панского интрузива, пригодных в основном для подземной разработки, содержание полезных компонентов в среднем часто выше 3—4 г/т, до 10 г/т и более, Pd/Pt очень изменчиво, но обычно более 8. Такой тип напоминает риф Меренского, J-M риф Стилуотера, SK риф залежи Наркус в Финляндии.

Итак, в настоящее время Федорово-Панский интрузив — важнейший объект Кольской платинометалльной провинции, где активно проводятся поисково-разведочные работы и намечаются сроки освоения месторождений. Это, конечно, не Норильский район и не Бушвелд, но в любом случае объект для промышленного освоения, особенно в современный век «палладий-платинового бума», объект, сопоставимый или даже лучше известных платино-палладиевых интрузивов Финляндии и Канады.

В заключение следует отметить, что в Кольском регионе в настоящее время выявлен ряд объектов промышленной добычи руд Co-Cu-Ni, Rh-Pt-Pd (с Au) и Cr, связанных с раннепротерозойским мантийным плюмовым гипербазит-базитовым магматизмом. Предлагаемые геолого-петрологические и изотопно-геохимические индикаторы ускоряют и удешевляют поисковые работы на эти руды в плохо обнаженных и необнаженных объектах.

Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ по гранту «офи-а № 05-05-08028».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баянова Т.Б.* Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. — М.: Наука, 2004.
2. *Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шелетина Е.П.* и др. Платинометалльная минерализация в габброноритах массива Вуручайвенч, Мончегорский плутон (Кольский полуостров, Россия) // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 2. С. 147—161.
3. *Корчагин А.У., Митрофанов Ф.П., Рундквист Т.В.* и др. Особенности геологического строения Федорово-Панского расслоенного массива и проявления платиновых металлов в его восточной части // Платина России. 2004. Т. 5. С. 143—152.
4. *Латынов Р.М., Митрофанов Ф.П., Скиба В.И., Аланиети Т.Т.* Расслоенный интрузив Западно-Панских тундр, Кольский полуостров: механизм дифференциации и последовательность становления // Петрология. 2001. Т. 9. № 3. С. 253—292.
5. *Митрофанов Ф.П.* Pt-Pd руды — новый вид рентабельного и конкурентно способного горнорудного сырья Мурманской области / Природопользование в Евро-Арктическом регионе: опыт XX века и перспективы. — Апатиты, 2001. С. 103—108.
6. *Митрофанов Ф.П.* Новые виды минерального сырья Кольской провинции: открытия и перспективы / Смирновский сборник. — М., 2005. С. 39—53.
7. *Schissel D., Tsvetkov A.A., Mitrofanov F.P., Korchagin A.U.* Basal Platinum-group Element Mineralization in the Federov Pansky Layered Mafic Intrusion, Kola Peninsula, Russia // Economic geology. 2002. Vol. 97. P. 1657—1677.

УДК 550.8.072

В.И.Кочнев-Первухов, А.И.Кривцов, 2006

Прогнозно-поисковые модели металлогенических таксонов Норильского района и их использование для выделения перспективных площадей

В.И.КОЧНЕВ-ПЕРВУХОВ, А.И.КРИВЦОВ (ЦНИГРИ)

Ряд разноранговых пространственных металлогенических таксонов отвечает принципу последовательного приближения, реализуемого при геологоразведочных работах в последовательности обнаружения объектов прогноза и поисков: металлогеническая провинция—металлогеническая зона—рудный район—рудное поле—месторождение—рудное тело. В этом ряду каждая последующая категория примерно на порядок меньше предшествующей по площади и входит в нее. Проведение работ на основе этого ряда металлогенических категорий отражает последовательный переход от крупных единиц к более мелким с возрастанием детальности работ и затрат, увеличением потенциальной ценности объектов и достоверности выявляемых в них ресурсов и запасов. Однако при этом допустимы «обрывы» последовательности — не в каждом таксоне высокого порядка есть все таксоны более низких порядков [8]. Для обстановок Норильского района пространственные металлогенические таксоны имеют следующее геологическое содержание.

Металлогеническая провинция (МП) представляет собой северо-западную часть Большого траппового поля (БТП) Восточной Сибири, которая сложена преимущественно лавовыми фациями траппов. Этот участок Восточно-Сибирской плиты обладал высокой мобильностью на всех временных отрезках — от докембрия до триаса вклю-

чительно. Его формирование в пространстве и во времени сопряжено с рифтогенезом, интенсивно проявившемся в прилегающих структурах Западно-Сибирской плиты. Участок тяготеет к тройному сочленению рифтогенных структур [4, 6]. Как и для других подобных структур обрамления для него характерны проявления щелочно-ультраосновного магматизма.

Металлогенические зоны (МЗ) по структурно-вещественным характеристикам, площадям и конфигурации совпадают с вулкано-тектоническими депрессиями (ВТД). Они расположены на фланге кратона, в зоне длительных перикратонных опусканий, где до их формирования накапливаются мощные толщи преимущественно карбонатных отложений. По времени развития такие депрессии сопряжены по латерали с рифтовыми геоструктурами и находятся на их раме (плечах), на значительном удалении от осевых рифтовых зон. Позиция металлогенических зон вулкано-тектонической депрессии отражается в строении глубинных зон земной коры по рельефу поверхности Мохо и свойствам верхней мантии, характеру распределения продольных и поперечных сейсмических волн, положению блоков различной степени фемичности — сиаличности. Особое значение приобретает выделение в процессе работ Центра ГЕОН [1, 2, 5, 11] наклонных зон возможных «магмоводов», уходящих на значительные глубины к осям рифтов (рис. 1).