

## ДАЙКОВЫЙ РУДОНЕСУЩИЙ КОМПЛЕКС ЮБИЛЕЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВКМ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ)

М. Н. Чернышова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 2 марта 2009 г.

**Аннотация.** Важнейшим структурно-вещественным и рудонесущим компонентом Юбилейного сульфидного платиноидно-медно-никелевого месторождения (Центральная Россия) является значительный по протяженности дайковый комплекс, представленный рядом последовательно сформировавшихся породных ассоциаций. Рудные тела ассоциируют с глубокоэродированным ультрамафитовым дайкообразным подводящим каналом – проводником ранних порций высокомагнезиальных сульфидоносных расплавов, выступающих в качестве самостоятельных петрорудообразующих систем. Приведена характеристика состава пород, руд и минералов.

**Ключевые слова:** дайки, сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды, Юбилейное месторождение.

**Abstract.** The major structural-material and ore-bearing component of the Yubileiny sulfide platinoid-copper-nickel deposit (Central Russia) is a significant, with respect to its extension, dyke complex represented by a number of successively formed rock associations. The ore bodies associate with deeply eroded ultramafite dyke-shaped incurrent canal, a leader of early portions of highly magnesian sulfide-bearing melts, acting as independent petrological and ore-forming systems. The characteristics of the composition of the rocks, ores and minerals are presented.

**Key words:** dykes, sulfide platinoid-copper-nickel ores, the Yubileiny deposit.

В докембрийском фундаменте Воронежского кристаллического массива (ВКМ) выявлено 5 месторождений и около 50 разномасштабных проявлений сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд, ассоциирующих с дунит-перидотит-пироксенит-габброноритовой (мамонский тип месторождений – 2100–2080 ± 14 млн лет) и ортопироксенит-норит-диоритовой (еланский тип – 2065–2050 ± 14 млн лет [1]) формациями зон рассеянного спрединга и реактивизированных структур Хопёрского мегаблока ВКМ (рис. 1). Исключительно широкое развитие в регионе различных по возрасту и формационной принадлежности ультрамафит-мафитовых и мафит-мезомафитовых интрузий бесединского, сергиевского, шукавского, ольховского, смородинского, новогольского комплексов создает значительные предпосылки для дальнейшего наращивания минерально-сырьевого потенциала цветных и благородных металлов в Центральной России [2]. В решении этой фундаментальной проблемы особое значение имеют дайковые образования, которые, являясь важнейшим структурно-вещественным компонентом никеленосных комп-

лексов и ассоциирующих с ними рудномагматических систем (РМС), сопровождаются нередко разномасштабным, в том числе промышленно-значимым сульфидным медно-никелевым оруденением [3].

К числу таких месторождений относится Юбилейное, в котором в качестве рудонесущего компонента РМС выступает дайковая ассоциация пород многоактного внедрения, принадлежащих к многофазной никель-платиноносной дунит-перидотит-габброноритовой формации (мамонский комплекс).

### 1. Типы интрузий и породных ассоциаций мамонского никель-платиноносного комплекса

В составе мамонского комплекса [2; 3] выделяется несколько групп (типов) интрузивно-дайковых тел, сформировавшихся, вероятно, в условиях неодинаковых уровней магмагенерации или очаговых зон и различающихся по структурному положению, составу породных групп и минеральных парагенезисов, полноте дифференцированности, степени рудоносности: 1) ранние ультрамафитовые высоко- (MgO > 30 мас. %) и умеренно-магнезиальные

Дайковый рудонесущий комплекс юбилейного месторождения ВКМ (Центральная Россия)

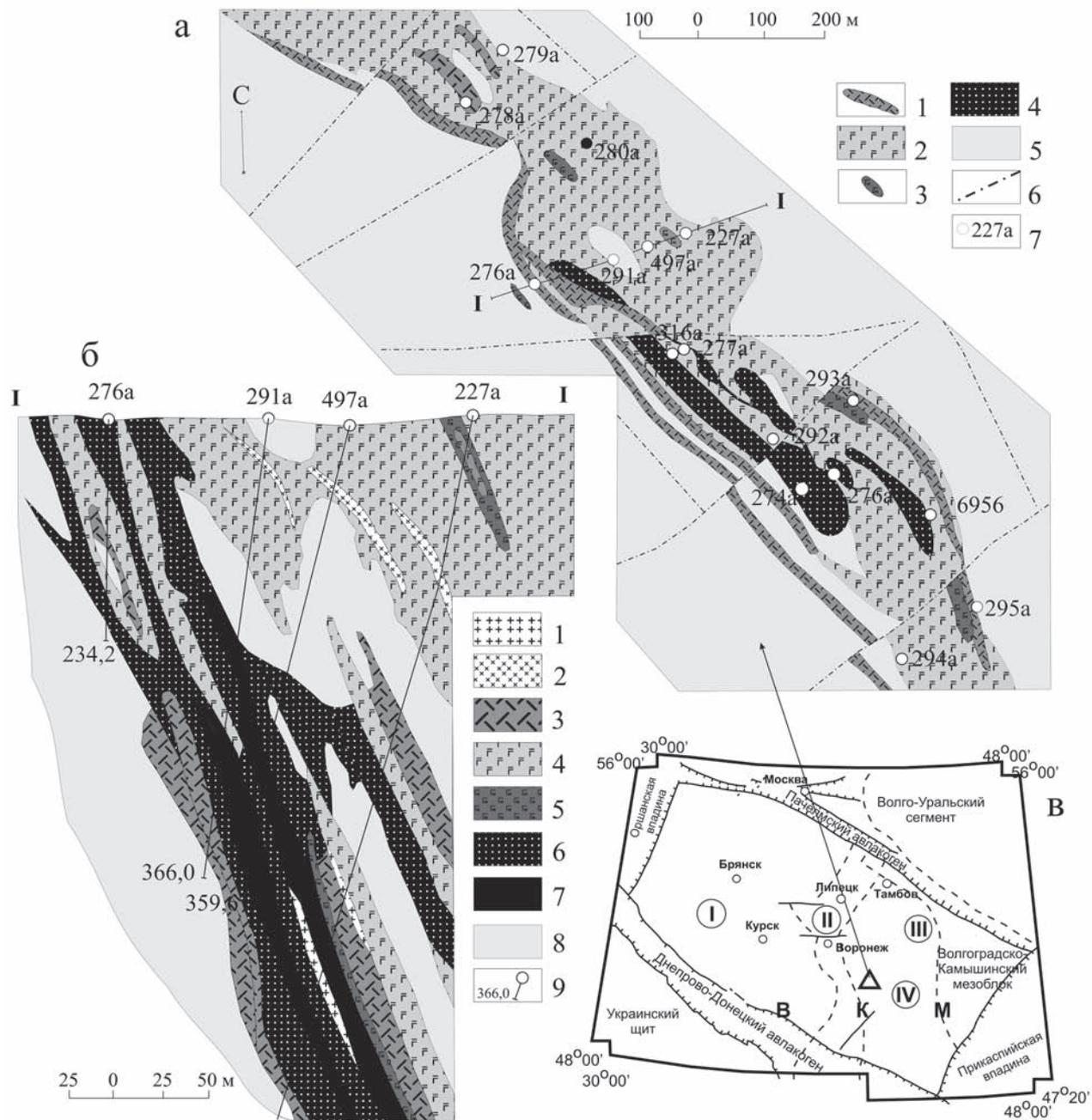


Рис. 1. Схематическая геологическая карта и разрез Юбилейного месторождения сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд: а: 1 – дайки плагиогорнблендитов; 2 – роговообманковое габбро; 3 – габбронориты; 4 – ультраосновные породы; 5 – гнейсы; 6 – тектонические нарушения; 7 – скважины и их номера; б: 1 – гранитоиды; 2 – диориты; 3 – горнблендиты и тремолититы по ним; 4 – роговообманковое габбро; 5 – габбронориты; 6 – ультраосновные породы (оливин-роговообманковые пироксениты и плагиоклазовые перидотиты); 7 – сульфидные медно-никелевые руды; 8 – гнейсы воронцовской серии; 9 – скважины и их глубина; в – положение Юбилейного месторождения в структуре ВКМ: I – мегаблок КМА; II – Лосевская шовная зона; III – Хопёрский мегаблок, в т. ч. IV – Калач-Эртильский макроблок

( $20 < \text{MgO} < 30 \%$ ) в разной мере дифференцированные, бесполовошпатовые (мамонский тип); 2) ультрамафит-мафитовые низко- и умеренно-магнезиальные ( $8 < \text{MgO} < 25 \%$ ) камернодифферен-

цированные (расслоенные) с амфибол-(титанистая роговая обманка) плагиоклазосодержащим типом ультрамафитов (ширяевский тип); 3) ультрамафит-мафитовые (фазные) камернодифференцированные

с плагиоклазсодержащими умеренно-магнезиальными ( $12 < \text{MgO} < 27 \%$ ) ультрамафитами (еланьвязовский тип); 4) слабодифференцированные и недифференцированные безрудные габброноритовые, габбровые и габбродиоритовые ( $\text{MgO} < 8 \%$ ) интрузивы (каменский тип), завершающие становление всей никеленосной формации.

Высокая степень насыщения Хопёрского мегаблока разнотипными ультрамафит-мафитовыми магматитами вследствие существования в его пределах локальных восходящих магматических потоков над головными частями длительно функционирующего мантийного плюма [4], унаследованный характер магмаконтролирующих структур в зонах рассеянного спрединга обусловили в совокупности появление нередко пространственно совмещенных, различных по составу, возрасту, петролого-генетической принадлежности и структурно-морфологическим особенностям групп дайковых породных ассоциаций в длительной эволюции формирования сульфидной платиноидно-медно-никелевой РМС мамонского типа [3].

Первая из этих групп представлена сложными по морфологии и составу дайкообразными подводными каналами – проводниками магматических сульфидоносных расплавов в магматическую камеру; нередко они сами по себе являются самостоятельными рудообразующими системами [5–8]. Вторая группа сопряжена со становлением магматических тел и представлена: а) дайками – апофизами вулканических комагматов и интрузивных эквивалентов (разнообразных по составу дифференциатов) во вмещающих породах (перимагматические дайки; [9]); б) внутриинтрузивными (интрамагматическими) жильными отщеплениями интеркумуляусного расплава и продуктами неоднократно поступающих в конечную камеру магм с образованием автономно кристаллизующихся петрорудосистем [3]. К третьей группе относятся разнообразные по составу, формационной принадлежности и возрасту дайки более поздних магматических комплексов, а также гетерогенные по своей природе и составу лампрофиры [10].

По особенностям внутреннего строения среди даек никель-платиноносных комплексов и ассоциирующихся с ними месторождений выделяются две группы: а) простые, петрографически однородные; б) сложные, преимущественно многократного внедрения и петрографически неоднородные, вследствие инъекции расплавов различного состава, связанных с одним или несколькими разновозрастными магматическими источниками (про-

странственно совмещенные – производные разновозрастных магматических комплексов; [3]).

## 2. Геолого-структурные особенности Юбилейного месторождения

Юбилейное месторождение располагается в пределах Мамонско-Подколдновского рудного района, особенностями которого являются: 1) пространственная приуроченность к примыкающему к Лосевской зоне «Западному» существенно ультрамафитовому поясу рассеянного спрединга (см. рис. 1); 2) размещение рудонесущего интрузивно-дайкового комплекса в раме гнейсовой толщи глубоко эродированной воронцовской серии нижнего протерозоя, перекрывающейся сравнительно небольшим по мощности (60–150 м) осадочным чехлом; 3) широкое развитие постколлизийных разломно-блоковых и линейных структур, с высокой степенью интенсивности проявления разноранговых нарушений и зон объемного катаклаза.

Внутренняя структура Юбилейного месторождения определяется его пространственно-генетической связью с серией отдельных (автономных) и близкорасположенных параллельных крутопадающих ( $70\text{--}75^\circ$ ) дайковых тел субмеридианального направления с «прослоями» вмещающих пород (см. рис. 1).

В совокупности они образуют единый, достаточно протяженный (свыше 6 км) при мощности от 50 до 250–300 м дайково-жильный комплекс многофазного внедрения, включающий не менее пяти различных по возрасту, составу, формационной принадлежности и степени продуктивности последовательно сформировавшихся породных ассоциаций: 1) перидотиты (преимущественно роговообманковые гарцбургиты и лерцолиты, их серпентиниты); 2) оливин-плагиоклазсодержащие и оливин-роговообманковые (в том числе титанистороговообманковосодержащие) пироксениты и высокомагнезиальные оливин-пироксенсодержащие горнблендиты; 3) габбронориты, микрогаббронориты, роговообманковое и биотит-роговообманковое габбро, умеренномагнезиальные безоливиновые горнблендиты габброидного ряда; 4) габбродиориты и диориты завершающей фазы становления мамонского комплекса; 5) гранитоиды бобровского комплекса (гранодиориты, плагиограниты, плагиолейкограниты;  $2022 \pm 3$  млн лет) и лампрофиры (рис. 2).

В современном виде Юбилейное месторождение представляет собой лишь фрагмент глубокоэродированного длительно функционирующего

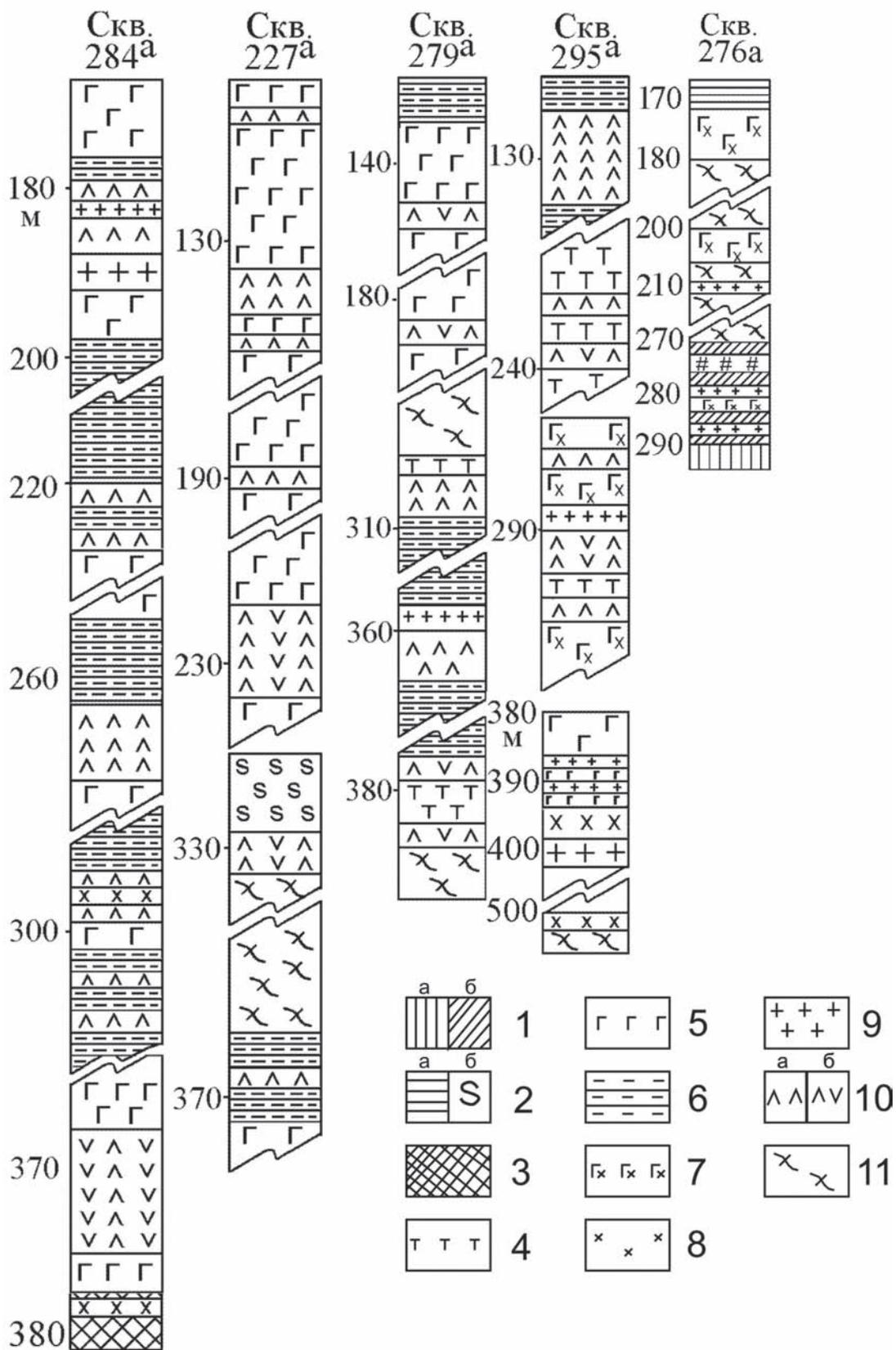


Рис. 2. Положение дайковых пород различного состава в разрезах скважин Юбилейного месторождения: 1 – перidotиты (а), в т. ч. гарцбургиты и лерцолиты (б); 2 – апоперidotитовые серпентиниты (а, б); 3 – оливковые пироксениты; 4 – габбронориты; 5 – габбро; 6 – горнблендиты; 7 – габбродиориты; 8 – диориты; 9 – граниты; 10 – лампрофиры (а – спессартиты, б – керсантиты); 11 – гнейсы

магмарудонесущего канала. Каждая из слагающих его породных ассоциаций, относящихся к мамонскому комплексу, является, по существу, самостоятельной петросистемой, при этом в качестве рудонесущего компонента системы выступают ранние сульфидоносные ультрамафитовые магматические расплавы.

### 3. Минералого-петрографические и петрогеохимические особенности состава дайковых пород

В соответствии с современной классификацией магматических пород [11; 12] среди жильных образований Юбилейного месторождения по составу и количественному соотношению породообразующих минералов выделяются следующие группы и семейства пород: 1 – ультрамафитового состава нормального ряда двух семейств: а) перидотитов и б) оливинных пироксенитов; 2 – основного состава семейств: а) горнблендитов и б) габброидов; 3 – среднего состава, представленных семейством диоритов; 4 – кислого состава различных семейств в объеме бобровского комплекса; 5 – лампрофиры подсемейства полевошпатовых лампрофиров. К жильным образованиям отнесены нередко встречающиеся на месторождении плагиоклазиты.

Породы ультрамафитового состава сосредоточены в западной части месторождения и представлены перидотитами и пироксенитами. Наличие в последних ксенолитов рудных перидотитов (рис. 3) свидетельствует о разновременном поступлении сульфидных магматических расплавов [4].

Перидотиты включают несколько петрографических разновидностей при ведущей роли среди них роговообманковых и роговообманково-флого-

питовых гарцбургитов и их серпентинитов. Сложение перидотитов преимущественно мелко- и среднезернистое, структура пойкилитовая, гипидиоморфная с элементами порфиroidной. Их количественно-минералогический состав: оливин ( $Fa_{15-20}$ ) – 40–80 об. % ( $x = 60$ ), ромбический пироксен ( $Fs_{15-30}$ ) – 15–50 об. % ( $x = 37$ ), моноклинный пироксен – диопсид ( $En_{43-49}Wo_{44-50}Fs_{6-12}$ ) – 1–5 об. % (3), роговая обманка бурая ( $f = 24-46$  мол. %), зеленая ( $f = 20-40$  мол. %) от 15 до 35 (в роговообманковых разновидностях), биотит, флогопит от 2 до 18 (в слюдисто-роговообманковых разновидностях), иногда плагиоклаз – 3–5, сульфиды – 1–5 (в рудных участках до 30), магнетит, хромшпинелиды – 2–12, апатит, сфен, циркон, вторичные минералы (серпентин, хлориты, актинолит), карбонаты от 5 до 30 (в аперидотитовых серпентинитах).

Оливиновые пироксениты слагают ряд субпараллельных прерывистых небольших по мощности (от 2 до 20 м) полос (даек), пространственно сопряженных с перидотитами, и содержат их рудные ксенолиты. Они характеризуются средне-мелкозернистым, нередко такситовым обликом гип- и панидиоморфной, иногда порфиroidной или пойкилитовой структурой. Количественно-минералогический состав оливинных пироксенитов отличается значительными колебаниями. По содержанию (об. %) клинопироксена ( $En_{60-50}Wo_{35-40}Fs_{5-12}$ ) – 25–60 ( $x = 42$ ), ортопироксенов ( $Fs_{23-27}$ ) – 10–45 ( $x = 25$ ) и оливина ( $Fa_{20-27}$ ) – 5–25 ( $x = 14$ ), роговой обманки от 5 до 45 и плагиоклаза ( $An_{35-55}$ ) – 5–30, они принадлежат по существу к промежуточной разновидности – оливинным роговообманковым и плагиоклазовым вебстеритам. В них постоянно присутствуют сульфиды (от 2–3 до 15–20 % в рудных разновидностях), магнетит, хромшпинелиды – 1–3 %, вторичные минералы (актинолит, тремолит, серпентин, тальк, хлориты, карбонаты), а также биотит и апатит.

Дайковая фация основных пород, включающая семейство горнблендитов и габброидов, характеризуется: а) более широким (по сравнению с ультрамафитами) распространением в структуре Юбилейного месторождения; б) сложными пространственно-временными соотношениями; в) многообразием минеральных разновидностей (табл. 1).

Как отмечалось, среди различных по мощности (от 2–3 до 50 м) даек горнблендитов выделяются [3; 13] два генетически неоднородных типа: а) высокомагнезиальные (пироксеновые и оливинпироксеновые) и б) количественно преобладающие

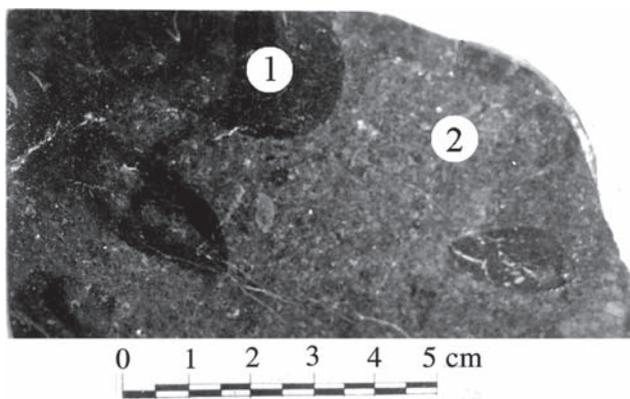


Рис. 3. Изометрично-овальные (от 1,5×2 до 3×4 см) ксенолиты роговообманкового гарцбургита (1) в оливинном пироксените (2) Юбилейного месторождения (скв. 291а, гл. 356,2 м)

Таблица 1

Средний количественно-минеральный состав дайковых пород семейства горнблендитов и габброидов Юбилейного месторождения

Породы	n	Орх	Срх	Hbl	Bt	Pl	OI	Вторичные, рудные, акцессорные минералы
<i>Горнблендиты</i>								
1. Пироксеновые и оливин-пироксеновые	3	$\frac{5,0-28,0}{17,0}$		$\frac{60,0-90,0}{80,5}$	0,0-1,2	$\frac{0,0-0,6}{2,0}$	1,0-5,5	Srp, Timt, Mt (до 5,0), Sulf, Spn, Rt, Zrn, Ap
2. Плагноклаз- и биотитсодержащие	2	+	-	$\frac{93,0-100,0}{96,5}$	до 2,5	1,0-4,0	-	то же, Crsp
3. Биотитовые и биотит-плагноклазовые	2	-		$\frac{75,0-97,0}{80,0}$	5,0-12,0	0,0-17,0	-	то же
4. Плагноклазовые (иситы) пироксенсодержащие	4	+	-	$\frac{65,0-95,0}{86,0}$	2,0-3,5	$\frac{8,0-30,0}{15,0}$	-	Sulf, Mt, Timt (до 3-6), Ap, Crn
<i>Габброиды</i>								
5. Габбро:								
а) биотит-роговообманковое	5	$\frac{1,5-14,0}{6,3}$		$\frac{10,0-37,0}{19,2}$	$\frac{4,0-11,0}{7,8}$	$\frac{50,0-85,0}{64,5}$	-	Mt, Timt, Sulf, Ap, Zrn, Q (до 3-6), Chl
б) роговообманковое	3	$\frac{1,0-5,0}{2,0}$		$\frac{47,0-57,0}{52,0}$	$\frac{1,0-4,0}{3,0}$	$\frac{40,0-55,0}{47,0}$	-	то же
в) габбронориты и микрогаббро	4	$\frac{5,0-30,0}{22,0}$		$\frac{1,0-3,0}{2,0}$	$\frac{1,5-3,5}{1,5}$	$\frac{65,0-77,0}{69,0}$	+	то же (Q = 0,5-1,0)

*Примечание:* n – количество подсчетов. Здесь и далее приняты следующие условные обозначения минералов: An – анортитовая составляющая в плагноклазе, Ap – апатит, Bt – биотит, Chl – хлориты, Срх – клинопироксен, Crsp – хромшпинель, En – энстатит, Fa – фаялитовая составляющая в оливине, Fs – ферросилит, Fo – форстерит, Grn – гранаты, Hbl – роговая обманка, Fsp – калиевый и калиево-натриевый полевой шпат, Mt – магнетит, Ms – мусковит, OI – оливин, Орх – ортопироксен, Pl – плагноклаз, Q – кварц, Rt – рутил, Srp – серпентин, Spn – сфен, Sulf – сульфиды, Sz – серицит, Timt – титаномagnetит, Zrn – циркон

умеренномагнезиальные (безоливиновые) основного ряда. Автономные дайковые тела горнблендитов среди гнейсов (см. рис. 1) превращены обычно в полевошпатовые разновидности с отчетливыми признаками контактово-метасоматической природы.

Наиболее характерной особенностью высокомагнезиальных горнблендитов является их тесная ассоциация с роговообманковыми перидотитами и оливин-роговообманковыми пироксенитами. Вместе с тем их соотношения с ультрамафитами неоднозначны. В большинстве случаев между этими породными ассоциациями наблюдаются постепенные переходы с сохранением текстурно-структурного облика (крупнокристаллическое сложение с пойкилоидиоморфными структурами) и качественно однотипного состава породообразующих: обыкновенная буровато-зеленая и бурая роговая обманка невысокой ( $f = 14-38$  мол. %) железистости; пироксен-энстатит-гиперстен ( $En_{94-67}Fs_{6-33}$ ); салит ( $En_{38}Wo_{49}Fs_{13}$ ); оливин-хризолит ( $Fa_{25}$ ); рудные и акцессорные (пирротин, пентландит, пирит, халькопирит, ильменит, сфен, рутил, циркон, апатит) минералы, – и ряд других признаков, свидетельствующих

о принадлежности высокомагнезиальных горнблендитов к сингенетически единому ряду [3; 13]. Более ограниченно наблюдаются присущие жильным образованиям отчетливо секущие контактовые взаимоотношения горнблендитов с ультрамафитами, а сами горнблендиты характеризуются (см. табл. 1) обычно более мелкозернистым сложением, существенными вариациями количественно-минералогического состава, текстурно-структурной неоднородностью и нередко такситовым обликом, содержат гнездо- и прожилковообразные выделения плагноклазитов, являющихся продуктами интеркумулусного расплава.

Более широко развитые на месторождении горнблендиты умеренномагнезиального состава (габброидного ряда [3; 13]) представлены двумя типами. Одни из них тесно ассоциируют и образуют постепенные переходы с неоднократно перемежающимся роговообманковым габбро. Другая группа горнблендитов более разнообразна по текстурно-структурным особенностям (мелко- и крупнокристаллические, нередко такситовые с гипидиоморфной, пойкилогипидиоморфной, пойкилитовой и порфиривидной структурой) и составом

ву (плагиоклаз- и биотитсодержащие, близкие к мономинеральным, биотитовые и биотит-плагиоклазовые, пироксенсодержащие плагиоклазовые, близкие к иситам семейства лампрофиров) и слагает ряд простых (среди гнейсов) и сложных (иногда зонального строения) даек, прорывающих как ультрамафиты, так и мафиты.

Наиболее характерными особенностями горнблендитов габброидного типа являются: а) полное отсутствие в их составе оливина; б) принадлежность основной массы амфиболов к титанистой роговой обманке ( $f = 35,0\text{--}59,0$  мол. %); в) несколько повышенная железистость моноклинного ( $\text{En}_{48}\text{Wo}_{40}\text{Fs}_{12}$ ) и ромбического ( $\text{Fs}_{23-29}$ ) пироксенов, присутствующих как в пойкилитовых вростках, так и агрегатных скоплениях в интерстициях кристаллов амфиболов; г) широкое развитие плагиоклазов ( $\text{An}_{35-32}$ ) со сложными законами двойникования, которые, кроме того, образуют в горнблендитах гнездообразные скопления и беспорядочно ориентированные прожилки (2,0–5,0 см); д) постоянное присутствие биотита ( $f = 28,0\text{--}40,0$  мол. %). Важной особенностью горнблендитов Юбилейного месторождения является преобладание среди них безоливиновых разновидностей над высокомагнезиальными (оливин-пироксеновыми). При этом количественное их распределение (3–4:1) в целом сопоставимо с соотношением объемов основных и ультрамафитовых пород (4:1) в составе мамонского комплекса в целом [2].

В строении Юбилейного месторождения габброиды слагают значительное по мощности (до 200 м) и сложное по морфологии дайковое тело, пространственно-временное соотношение которого характеризуется: а) отчетливо секущим положением жильных безоливиновых габброидов по отношению к дайкам ультраосновных пород; б) наличием в габброидах ксенолитов серпентинизированных сульфидсодержащих перидотитов и пироксенитов; в) появлением на контакте даек габброидов с вмещающими их ультрамафитами реакционных оторочек сложного состава (пироксен-тремолит±хлориты, биотит, тремолит-биотит, хлориты-карбонаты и др.) и строения (симметричные и асимметричные зоны до 0,1–0,5 м); г) секущим положением даек диоритов и гранитоидов по отношению к жильным габброидам с обогащением контактовых зон темноцветными минералами (биотит, амфиболы).

Среди семейства дайковых габброидов выделяется несколько разновидностей (см. табл. 1). Их определяющими признаками являются: 1) высокая

степень кристалломорфологической и текстурно-структурной (мелко-, средне- иногда крупнозернистые с габбровой и гипидиоморфной с элементами пойкилитовой и пегматоидной структурами) неоднородности; 2) широкие вариации содержаний, состава и морфологии типоморфных породообразующих минералов: а) плагиоклаза раннего таблитчато-призматического зонального ( $\text{An}_{70-50}$  – ядро,  $\text{An}_{39-45}$ ) и более позднего ( $\text{An}_{28-46}$ ), иногда образующего диабластовые сростания с роговой обманкой и реликтами пироксенов (в пегматоидных разновидностях); б) обыкновенной роговой обманки ранней (собственно магматической,  $f =$  до 40 мол. %) и амфиболов тремолит-актинолитового ряда; в) орто ( $\text{Fs}_{20-40}$ ) и клинопироксена-салита, диопсид-авгита в виде идиоморфных, призматических таблитчатых монокристаллов, их сростков с реакционными оторочками биотита и амфиболов; г) преимущественно интерстиционный характер нахождения обогащенного апатитом, иногда оксидами и сульфидами биотита умеренной и повышенной железистости ( $f = 29\text{--}45$  мол. %).

Одним из структурно-вещественных компонентов месторождения являются дайковые породы среднего состава: габбродиориты, диориты, иногда диоритовые порфириты, завершающие формирование сингенетического ряда мамонского многофазного никель-платиноносного комплекса. В этом ряду габбродиориты несут признаки метасоматической природы: а) приуроченность к контактовым зонам габброидов с вмещающими гнейсами; б) такситовое сложение и разнообразие структур (от реликтовой габбровой до гранобластовой); в) широкие вариации количественно-минерального состава (табл. 2).

При значительном многообразии минеральных разновидностей диоритов (см. табл. 2) количественно среди них преобладают биотит-роговообманковые и роговообманково-биотитовые с различной железистостью слагающих их минералов ( $f =$  от 15–20 до 50 мол. %). Они образуют отчетливо секущие тела с элементами субориентированной текстуры. Среди рудоносных ультрамафитовых даек Юбилейного месторождения диориты заметно обогащены сульфидами (пирит, халькопирит, пирротин, арсенопирит, галенит, молибденит и др.; [3]).

Среди сравнительно широко развитых в составе рудовмещающего дайкового комплекса Юбилейного месторождения семейства полевошпатовых лампрофиров (см. рис. 2) количественно преобладают роговообманковые разновидности (спессар-

Таблица 2

Средний количественно-минеральный состав жильных (дайковых) пород среднего и кислого состава Юбилейного месторождения

Породы	n	Pl	Vt	Hbl	Q	Fsp	Рудные и аксессуарные
<i>Семейство диоритов</i>							
Габбродиориты	3	$\frac{50,0-65,0}{58,5}$	$\frac{3,0-12,0}{9,3}$	$\frac{9,0-28,0}{19,5}$	$\frac{0,0-6,0}{3,5}$	-	Sf, Zrn, Ap, Sf, Mt, Sulf
Диориты:							
1. Биотит-роговообманковые	5	$\frac{50,0-80,0}{70,5}$	$\frac{5,0-20,0}{10,5}$	$\frac{10,0-30,0}{17,0}$	-	-	1,0-2,0; Ap
2. Роговообманково-биотитовые	4	$\frac{60,0-75,0}{64,0}$	$\frac{15,0-30,0}{20,7}$	$\frac{10,0-20,0}{15,3}$	-	-	Mt 1,0; Ap, Zr
3. Кварцсодержащие биотит-роговообманковые	3	$\frac{40,0-65,0}{63,4}$	$\frac{3,0-15,0}{12,0}$	$\frac{15,0-30,0}{20,2}$	$\frac{2,0-7,0}{4,4}$	-	Mt 1,0; Ap, Spn
4. Кварцевые биотит-роговообманковые	3	$\frac{51,0-70,0}{60,3}$	$\frac{5,0-15,0}{10,2}$	$\frac{15,0-20,0}{17,8}$	$\frac{5,0-15,0}{13,7}$	-	Mt 1,0 - 2,0; Ap
5. Кварцевые роговообманково-биотитовые	2	$\frac{45,0-80,0}{57,2}$	$\frac{15,0-30,0}{18,3}$	$\frac{5,0-15,0}{10,0}$	$\frac{8,0-30,0}{15,5}$	-	Mt; Ap
<i>Гранитоиды бобровского комплекса</i>							
<i>1. Нормальный ряд</i>							
<i>1.1. Семейство гранодиоритов</i>							
Гранодиориты	2	$\frac{50,0-70,0}{57,5}$	до 8 – 10	-	$\frac{15,0-28,0}{21,3}$	$\frac{10,0-20,0}{13,3}$	Sulf, Zrn, Chl
<i>1.2 Семейство гранитов</i>							
Плагиограниты	2	$\frac{45,0-80,0}{60,0}$	$\frac{5,0-15,0}{10,0}$	-	$\frac{20,0-35,0}{27,0}$	$\frac{1,5-4,5}{3,0}$	Ap, Ms, Chle
<i>1.3 Семейство лейкогранитов</i>							
Плагиолейкограниты	3	$\frac{40,0-70,0}{55,0}$	$\frac{0,5-5,5}{3,0}$	-	$\frac{20,0-40,0}{29,0}$	$\frac{3,0-15,0}{7,0}$	Chl, Ap, Sz, Ms, Mt

\*Примечание: в габбродиоритах постоянно присутствует моноклинный (диопсид) и ромбический (бронзит-гиперстен) пироксены (до 5,0 – 12,0 %)

титы) над биотитовыми (керсантиты). Важнейшими особенностями лампрофиров, минералого-петрографическая и петролого-генетическая характеристика которых подробно рассмотрена в ряде работ [3; 10], являются: а) сонахождение с габброидами, плагиогорнблендитами (иситами) и диоритами; б) проявление элементов ориентированной и субориентированной текстуры, наличие наряду с типично магматическими (лампрофировая, гипидиоморфнозернистая и гипидиоморфная с элементами порфирированной) наложенных (пойкилонематобластовая) структур; в) присущий породной ассоциации мамонского никель-платиноносного комплекса состав главных пороодообразующих различных генераций (плагиоклаз – An<sub>55-44</sub> и An<sub>42-35</sub>, роговая обманка зеленовато-бурая – f = 18,0–25,0 мол. %, биотит – f = 25,0–36,0 мол. %), второстепенных, слагающих основную массу (биотит, роговая обманка, кварц, иногда КППШ, бронзит-гиперстен), вторичных (тремолит, хлориты, карбонаты,

серицит), рудных и аксессуарных минералов (сульфиды, титаномагнетит, ильменит, магнетит, рутил, сфен, апатит, циркон, турмалин и др.).

Незначительные по мощности и разнообразные по составу (см. табл. 2) жильные гранитоиды более позднего бобровского комплекса (2022 ± 3 млн лет) характеризуются секущими взаимоотношениями с разнофазными дайковыми породами мамонского типа РМС (и содержат их ксенолиты). Во всех случаях контакты гранитоидных жил являются четкими и, как правило, сопровождаются маломощными (до 10–30 см) симметричными зонами метасоматитов полиминерального (вермикулит, хлориты, тальк, биотит, серпентин, актинолит и др.) состава [14].

Петрохимический облик выделенных породных ассоциаций дайкового рудонесущего комплекса (табл. 3) обнаруживает значительные черты сходства с интрузивно-дайковыми образованиями Нижнемамонского и близко расположенного Под-

Таблица 3  
Средние химические составы пород рудонесущего дайкового комплекса Юбилейного месторождения, мас. %

	1(5)	2(3)	3(2)	4(20)	5(4)	6(3)	7(3)	8(35)	9(2)	10(3)	11(72)	12(2)	13(3)	14(3)	15(2)	16(4)	17(3)	18(3)	19(2)	20(2)	21(2)
SiO <sub>2</sub>	41,90	42,11	31,92	40,58	46,55	50,99	47,87	46,06	49,25	51,46	52,54	50,11	49,86	46,97	47,55	55,09	55,79	56,40	58,90	48,18	48,28
TiO <sub>2</sub>	0,43	0,44	0,20	0,28	0,77	0,65	1,15	0,49	1,21	0,99	0,91	0,60	0,55	0,92	0,90	0,76	0,70	0,62	0,70	1,10	1,12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,28	0,27	1,21	0,22	0,16	-	-	0,20	-	0,01	0,01	-	-	-	-	0,02	-	-	-	0,02	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,26	6,53	1,54	2,51	4,76	6,63	11,30	4,81	17,14	15,86	15,33	4,59	6,56	10,38	10,16	15,63	15,51	16,10	15,02	16,80	17,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,48	4,33	3,11	6,73	3,66	1,53	1,99	5,51	2,10	3,20	3,01	4,30	2,84	3,52	4,80	1,89	1,69	1,37	1,07	2,65	3,42
FeO	7,76	7,14	16,59	7,95	8,17	9,03	9,20	7,03	8,8	7,43	6,86	4,53	6,61	7,18	6,29	7,14	7,38	7,53	6,90	9,21	8,06
MnO	0,13	0,14	0,24	0,12	0,08	0,08	0,06	0,11	0,06	0,08	0,06	0,05	0,23	0,09	0,09	0,05	0,04	0,06	0,11	0,09	0,08
MgO	25,10	27,50	20,84	28,72	23,56	16,67	12,49	22,02	6,96	7,06	7,00	19,46	17,48	14,41	14,60	5,85	5,50	4,11	4,62	6,90	6,05
CaO	6,27	2,81	12,61	4,66	5,25	9,70	9,75	7,11	8,14	8,19	8,25	11,36	12,25	11,44	8,97	7,68	6,62	6,15	5,70	8,42	8,44
Na <sub>2</sub> O	0,57	0,76	0,16	0,26	0,64	0,96	1,63	0,61	2,36	2,54	2,73	0,90	1,06	1,67	1,65	2,78	2,24	3,21	3,83	3,35	3,30
K <sub>2</sub> O	0,35	0,71	0,50	0,18	0,51	0,2	1,00	0,38	0,96	1,12	1,28	0,24	0,42	0,85	0,91	1,71	2,10	1,85	1,87	2,60	2,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	0,12	0,09	0,14	0,31	0,15	0,29	0,14	0,37	0,35	0,30	0,22	0,18	0,19	0,28	0,33	0,41	0,40	0,29	0,25	0,23
SO <sub>3</sub>	0,81	0,60	6,45	0,84	0,43	0,96	0,61	0,65	0,07	0,17	0,26	0,36	0,37	0,49	0,93	0,52	0,32	0,30	0,24	0,18	0,50
П.п.п.	6,62	6,80	4,61	7,02	5,05	2,62	2,46	4,65	2,51	1,47	1,27	3,28	1,88	1,84	2,95	0,73	1,86	1,98	1,16	0,46	0,82
<b>Сумма</b>	100,18	100,26	100,10	100,21	99,90	100,48	99,82	99,77	99,93	99,93	99,81	100,00	100,31	99,95	100,08	100,18	100,18	99,98	100,41	100,21	99,93
Ni	0,06	0,078	0,250	0,100	0,047	0,021	0,0075	0,050	0,013	0,012	0,070	0,050	0,020	0,030	0,13	0,06	0,008	0,005	0,29	0,020	0,015
Co	0,01	0,017	0,040	0,020	0,008	0,004	0,0025	0,009	0,003	0,005	0,006	0,001	0,002	0,006	0,06	0,05	0,002	0,002	0,005	0,006	0,070
Cu	0,04	0,06	0,150	0,040	0,013	0,009	0,0110	0,025	0,011	0,008	0,008	0,013	0,018	0,028	0,030	0,012	0,13	0,005	0,024	0,009	0,050

Примечание: 1-2 – перидотиты (1 – гарцбургиты, 2 – лерцолиты); 3 – апоперидотитовая серпентин-карбонат-тремолитовая порода Юбилейного месторождения; 4 – средний состав перидотитов Подколдовского месторождения; 5-7 – оливковые и оливинсодержащие пироксениты Юбилейного месторождения, в том числе плагиоклазсодержащие биотит-роговообманковые (6) и плагиоклаз-титанистороговообманковые (7) Юбилейного месторождения; 8 – оливковые пироксениты Подколдовского месторождения; 9 – габронориты; 10 – габбро; 11 – габронориты и габбро Подколдовского месторождения; 12-15 – горнблендиты субальтрафитового (12, 13) и габброидного (14, 15) ряда; 16 – габброидориты; 17-19 – диориты кварцсодержащие биотит-роговообманковые (17), биотит-роговообманковые и роговообманково-биотитовые (18) и кварцевые (19); 20-21 – лампрофиты: сплессартиты (20) и керсантиты (21)

колодновского месторождений, подчеркивая тем самым их принадлежность к единой РМС мамонского типа. В целом, дайковый комплекс отличается не только высокой степенью комплементарности состава с интрузивно-дайковыми породами, но и характеризуется направленным, гомодромным изменением их петрохимических признаков в процессе длительного многофазного формирования.

Ранняя ультрамафитовая породная ассоциация (перидотиты, оливиновые пироксениты с широким развитием роговой обманки и ассоциирующие с ними горнблендиты субультрамафитового ряда) характеризуется: а) умеренной магнезиальностью ( $17 < \text{MgO} < 30$  вес. %) при повышенной железистости ( $f = 9-14$  мас. %), невысокими содержаниями  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1,9–4,9 мас. %), щелочей (0,3–1,2 мас. %,  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ ); б) отчетливо выраженной тенденцией возрастания Ni, Co, Cu по мере увеличения MgO, при уменьшении величины щелочности и преобладании Ni над Cu и Co. Петрохимические особенности безоливиновых роговообманковых габброноритов, габбро и сопровождающих их низкомagneзиальных горнблендитов, а также диоритов, по существу, комплементарны безоливиновым габброидам и средним породам каменского типа, что подчеркивает несомненное петрогенетическое (формационное) родство породных ассоциаций. Установлена высокая степень петрохимической комплементарности полевошпатовых лампрофиров (спессартитов и керсантитов) с вмещающим их ультрамафит-мафитовым дайковым комплексом. В совокупности с другими особенностями (общность состава породообразующих, рудных и аксессуарных минералов, однотипный характер распределения петрогенных, рудных и малых элементов) петрохимические признаки отражают петролого-генетическое родство лампрофиров и интрузивно-дайковых дифференциатов и вероятность образования этой группы жильных пород за счет остаточных водофлюидонасыщенных глубинных расплавов, внедрившихся на заключительных стадиях становления никель-платиноносного комплекса и гранитоидов [3].

#### 4. Размещение оруденения, типы руд, их состав и генетические особенности

В пределах Юбилейного месторождения выявлено несколько различных по мощности (от 3–5 м до 60–85 м) и протяженности (от сотен метров до 1 км) зон платиноидно-медно-никелевого оруденения халькопирит-пентландит-пирротинового состава (см. рис. 2), при этом его размещение опре-

деляется внутренней структурой в сочетании с петрологическими факторами. Подобно другим месторождениям мамонского типа в качестве одного из благоприятных структурно-петрологических факторов локализации руд выступает: а) наиболее обогащенная оливином, ранняя по времени внедрения перидотитовая породная ассоциация (гарцбургиты, лерцолиты), содержащая ксенолиты оливиновых пироксенитов и, иногда, субультрамафитовых горнблендитов, более обедненных рудонесущими компонентами.

Кроме этих зон, в которых сосредоточены основные промышленные запасы и ресурсы Юбилейного месторождения, в его пределах присутствует крайне бедная по содержанию Ni, Co, Cu и сульфидов (до 5–10 об. %), преимущественно пирротиновая ( $\pm$ халькопирит, кубанит, пентландит) минерализация в габброидах. Важно также отметить наличие в горнблендитах и лампрофирах халькопирит-пентландит-пирротинового парагенезиса, при этом доля сульфидов существенно возрастает в случае пространственного совмещения их в ультрамафитовых дайковых образованиях с промышленным медно-никелевым оруденением.

В строении основной промышленно значимой рудной залежи в ультрамафитовой породной ассоциации дайкового комплекса выделяется два ведущих структурно-текстурных типа руд [3]: а) рассеянно-вкрапленные, матричные, количественно резко преобладающие ( $\text{Ni} = 0,30-2,90$  мас. %,  $\text{Cu} = 0,15-2,0$  %,  $\text{Co} = 0,03-0,16$  %,  $\text{Pt} = 0,072$  г/т,  $\text{Pd} = 0,408$  г/т); б) инъекционные по своей природе маломощные (0,10–0,50 м) жилы массивных весьма богатых ( $\text{Ni} = 1,3-3,0$ , иногда 5,3 мас. %,  $\text{Cu} = 10,0-12,0$  %,  $\text{Co} = 0,13-0,20$  %,  $\text{Pt} = 0,016$  г/т и  $\text{Pd} = 0,420$  г/т), которые размещаются в различных частях преимущественно густовкрапленных руд. По минеральному составу вкрапленные руды относятся к халькопирит(5–8 об. %)-пентландит(5–10 %)-пирротиновым(75–85 %). Рассеянно-вкрапленные руды содержат 25,0–30,0 об. % сульфидов, образующих отдельные, изолированные друг от друга выделения преимущественно полигональной формы. Густовкрапленные разновидности составляют в общем объеме вкрапленных руд около 20 %. Количество сульфидов в них от 35 до 60–70 и более об. %.

Внешний вид густовкрапленных руд (рис. 4) чрезвычайно эффектен и своеобразен: они имеют в своем изломе матовую поверхность серовато-желтого цвета и в этом отношении сходны с выделяемыми на Печенге «серыми» рудами [16]. Иног-

да в рудах отмечаются полосчатые текстуры, характеризующиеся чередованием полосок с различной густотой сульфидной вкрапленности. Полосы имеют мощность от десятых долей сантиметра до нескольких сантиметров, резкие границы и ориентированы по углам в 30–40° к длинной оси керна.

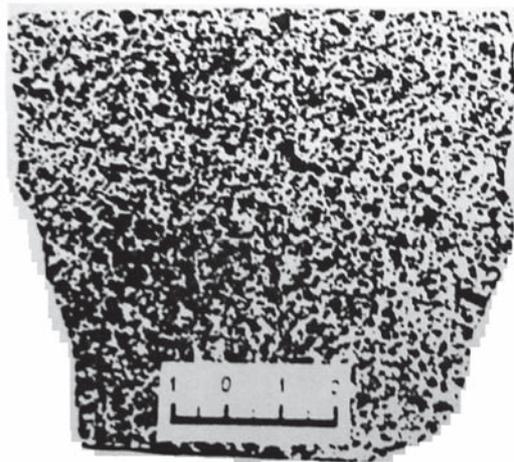


Рис. 4. Густовкрапленная сульфидная руда. Полир. штупф. Скв. 227а, гл. 447,2 м

Подавляющая масса вкрапленников размером 1,0–3 мм располагается в промежутках между кристаллами оливина и пироксена, значительно реже на стыках зерен пироксенов и роговой обманки, имея со всеми этими минералами отчетливые ровные контакты, иногда с проникновением тонкими жилочками по трещинкам в некоторые из них. Наряду с подобными типичными формами выполнения интерстиций в отдельных случаях сульфиды отмечаются в виде овальных и неправильной формы включений в силикатных минералах, преимущественно пироксенах и роговой обманке. Значительно реже встречаются мелкие ксеноморфные выделения сульфидов в тесных срастаниях с вермикулитом и актинолит-тремолитовыми минералами.

Гнездообразные и жильные инъекционные по своей природе медно-никелевые руды пространственно тесно связаны с вкрапленными, при этом наиболее богатые их разности сконцентрированы на некотором удалении от контакта рудных зон с богатым вкрапленным оруденением. Они имеют преимущественно более или менее ровные, иногда с причудливыми очертаниями, границы с вмещающими их матричными рудами, при этом количество интерстиционной вкрапленности заметно убывает по мере удаления от жил, линз и гнезд, подчеркивая тем самым постепенный переход от

сплошных сульфидов к вкрапленным. По минеральному составу этот тип руд включает две разновидности: а) халькопирит (5–10 об. %)-пентландит (7–15 %)-пирротиновые (70–80 %) и б) сульфидоарсенид (1,5–2,5 об. %)-халькопирит (3–5 об. %)-пентландит (10–25 %)-пирротиновые (65–75 %).

В целом минеральный состав основных типов руд Юбилейного месторождения, ассоциирующих со сложным дайковым комплексом, не представляет исключения по сравнению с известными Нижнемамонским и Подколдовским [2]. В составе руд, помимо широко распространенных и обычных для месторождения мамонского типа минералов (моноклинный и гексагональный пирротин, троилит, пентландит, халькопирит, магнетит, хромшпинелиды), присутствуют макинавит, валлериит, кобальтин, никелин, герсдорфит, кубанит, миллерит, молибденит, сфалерит, пирит, марказит, бравоит, борнит, халькозин и ковеллин, самородное золото и др. Среди этих минералов лишь пирротин, пентландит, халькопирит, хромшпинелиды и магнетит являются главными, определяющими для руд мамонского типа, слагая около 85–95 % рудной массы; остальные имеют второстепенное значение или же встречаются крайне редко.

Анализ взаимоотношений всей совокупности рудных минералов с породообразующими силикатами свидетельствует о том, что основная их масса образовалась в раннюю магматическую стадию из обогащенного сульфидами расплава и раскристаллизовалась позже вмещающей породы. В результате последующих гидротермальных процессов сульфидная вкрапленность претерпела некоторые изменения, выразившиеся в замещении ее комплексом вторичных минералов с частичным переотложением.

## Выводы

1. На примере Юбилейного месторождения показано, что в качестве его важнейшего структурно-вещественного и рудонесущего компонента выступает дайковая ассоциация пород многократного внедрения, принадлежащая к многофазной никель-платиноносной дунит-перидотит-пироксенит габброноритовой формации раннего карелия в рамках мамонского комплекса. Внутренняя структура месторождения определяется его пространственно-генетической связью с серией отдельных (автономных) параллельных дайковых тел, которые в совокупности образуют единый, достаточно протяженный дайково-жильный комплекс.

2. Дайковый рудонесущий комплекс включает ряд различных по возрасту, составу, формационной принадлежности и степени рудоносности последовательно сформировавшихся породных ассоциаций: а) перидотитовую (роговообманковые гарцбургиты и лерцолиты); б) оливин-плагноклазсодержащую и оливин-роговообманковую пироксенитовую и высокомагнезиальных горнблендитов; в) габбровую (габбронориты, роговообманковые и биотит-роговообманковые габбро) и умеренно магнезиальных безоливиновых горнблендитов; г) габбродiorитовую и диоритовую завершающей фазы становления мамонского комплекса; д) гранитоидную бобровского комплекса.

3. Каждая из этих ассоциаций включает несколько групп и семейств, различающихся по количественному соотношению и составу слагающих их главнейших порообразующих (оливин, пироксены, плагноклаз, роговая обманка, биотит, кварц, КППШ), второстепенных, вторичных, акцессорных и рудных минералов. Петрогеохимический облик пород дайкового комплекса характеризуется гомодромным изменением их петрохимических параметров и обнаруживает значительные черты сходства с интрузивно-дайковыми образованиями Нижнемамонского и Подколдновского сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений, подтверждая тем самым их принадлежность к единой РМС мамонского типа.

4. Подобно другим месторождениям мамонского типа, наиболее важные в промышленном

отношении рудные тела ассоциируют с глубокоэродированным ультрамафитовым (перидотиты, оливиновые пироксениты) дайкообразным подводным каналом – проводником ранних порций высокомагнезиальных сульфидоносных расплавов, выступающих в качестве самостоятельных петро-рудобразующих систем. Установлено неизменное наличие во всех последующих дайковых породных ассоциациях пентландит-халькопирит-пирротитового ( $\pm$  хромшпинелиды, магнетит и др.) минерального парагенезиса.

5. Выделено два ведущих в промышленном отношении структурно-вещественных типа руд: а) рассеянно- и густовкрапленные (матричные); б) пространственно сопряженные с вкрапленными, интеркумулусные по своей природе массивные (жилы, гнезда, линзы), богатые по содержанию Ni, Cu, Co (с сопутствующими платиноидами).

В составе руд установлено около 30 рудных минералов, среди которых лишь пирротин, пентландит, халькопирит, хромшпинелиды и магнетит являются главными, определяющими, слагая до 85–95 % рудной массы. Характер взаимоотношений всей совокупности рудных минералов с порообразующими силикатами подтверждают модель образования руд в раннюю магматическую стадию из обогащенного сульфидами высокомагнезиального расплава.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-0599003-р-офи) и Гранта Президента РФ (НШ-2211.2008.05)*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов Н. М. Уран-свинцовый возраст норит-диоритовых интрузий Еланского никеленосного комплекса и их временные соотношения с габброноритами дифференцированных ультрамафит-мафитовых плутонов мамонского комплекса ВКМ / Н. М. Чернышов, Т. Б. Баянова, М. Н. Чернышова, Н. В. Левкович // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39. – № 8. – С. 1064–1071.
2. Чернышов Н. М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.
3. Чернышова М. Н. Дайки сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений Еланского типа и их соотношение с оруденением (Воронежский кристаллический массив) / М. Н. Чернышова. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 184 с.
4. Чернышова М. Н. Критерии прогнозирования и оценка сульфидного платиноидно-медно-никелевого оруденения на основе модели эволюции интрузивно-

дайковой системы мамонского типа (на примере Подколдновского рудного района ВКМ) / М. Н. Чернышова, С. П. Молотков // Вестн. ВГУ. Сер. геол. – 2006. – № 1. – С. 85–100.

5. Cabri L. J. The mineralogy of the platinum-group elements from some Cu-Ni deposits in the Sudbury area / L. J. Cabri, J. H. J. Laflamme // Economic Geology. – Ontario, 1976. – V. 71. – P. 1159–1195.

6. Wilson A.H. The Great Dyke of Zimbabwe – I: Tectonic setting, stratigraphy, petrology, structure, emplacement and crystallisation / A. H. Wilson, M. D. Prendergast // Magmatic Sulphides. The Zimbabwe Volume / eds. M. D. Prendergast, M. J. Jones ; the Institution of Mining and Metallurgy. – London, 1989. – P. 1–20.

7. Налдретт А. Дж. Сульфидные никелевые месторождения : классификация, состав и генезис / А. Дж. Налдретт // Генезис рудных месторождений. – М. : Мир, 1984. – С. 253–343.

8. Чернышов Н. М. Рудонесущая роль даек сульфидных платиноидно-медно-никелевых рудно-магматических систем / Н. М. Чернышов, М. Н. Чернышова // Вестн. ВГУ. Сер. геол. – 2008. № 2. – С. 109–133.

9. *Ефремова С. В.* Дайки и эндогенное оруденение / С. В. Ефремова. – М., 1983. – 224 с.

10. *Чернышова М. Н.* Лампрофиры никеленосных интрузий ВКМ / М. Н. Чернышова // Вестн. ВГУ. Сер. геол. – 1996. – № 1. – С. 66–79.

11. Классификация и номенклатура магматических горных пород / под ред. О. А. Богатикова, Н. П. Михайлова, В. Н. Гоньшаковой. – Л., 1981. – 160 с.

12. Петрографический кодекс : магматические и метаморфические образования / под ред. Н. П. Михайлова. – СПб., 1995. – 129 с.

13. *Фролов С. М.* О горнблендитах базит-гипербазитовых интрузий мамонского комплекса юго-востока ВКМ / С. М. Фролов // Вопросы петрологии и рудоносности основного-ультраосновного магматизма Воронеж-

ского кристаллического массива. – Воронеж, 1974. – С. 16–21.

14. *Египко О. И.* Некоторые минералого-петрографические и геохимические особенности докембрийских гранитоидов юго-восточной части Воронежского кристаллического массива : автореф. дис... канд. геол.-мин. наук / О. И. Египко. – Воронеж, 1971. – 23 с.

15. *Чернышов Н. М.* Химические составы ультраосновных и основных интрузивных пород докембрия Воронежского кристаллического массива : справочник / Н. М. Чернышов, В. Л. Бочаров. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1972. – 240 с.

16. *Горбунов Г. И.* Геология и генезис сульфидных медно-никелевых месторождений Печенги / Г. И. Горбунов. – М., 1968. – 352 с.

*М. Н. Чернышова, доктор геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии и петрологии, Воронежский государственный университет; тел.: 8(4732)208434; e-mail: petrology@geol.vsu.ru*

*M. N. Chernyshova, Doctor of Geology-Mineralogical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University; tel.: 8(4732)208434; e-mail: petrology@geol.vsu.ru*