

УДК 553.491 (571.6)

МЕДНО-НИКЕЛЕВОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ КВИНУМ-1 В КОРТЛАНДИТАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ

© 2005 г. В. М. Чубаров, Е. К. Игнатъев, С. В. Москалева, Е. Г. Сидоров,
И. А. Тарарин, В. Н. Шаповаленко

Представлено академиком А.А. Маракушевым 17.09.2004 г.

Поступило 10.12.2004 г.

Вдоль восточного побережья Азии широким развитием пользуются сульфидные месторождения медно-никелевых руд, приуроченные к своеобразным амфиболовым перидотитам – кортландитам [1]. Их спецификой является обилие тел богатых медно-никелевых руд, размеры которых иногда соизмеримы с размерами кортландитовых массивов. Рудоносные массивы обычно представлены роями мелких даек и силлов, обнаруживающих признаки расслоения и интенсивной автотасоматической амфиболизации. Месторождения и рудопроявления этого типа широко представлены в КНДР, Китае, на Филиппинах и в Приморье [1]. Поисково-разведочные работы показали, что Камчатка является одной из перспективных никеленосных провинций России [1].

Группа сульфидных медно-никелевых рудопроявлений, расположенных в южной части Срединного хребта Камчатки примерно в 130 км к северо-западу от Петропавловска-Камчатского и объединенных в Дукук-Кувалорог-Квинумский рудный узел площадью около 500 км², является по прогнозным оценкам одним из крупнейших объектов Камчатки на сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение [2]. В пределах рудного узла выявлено порядка 30 проявлений сульфидной медно-никелевой минерализации, пространственно, структурно и генетически объединенных в три рудных поля: Кувалорогское, Квинумское и Дукукское, из которых наиболее перспективным

на промышленное медно-никелевое оруденение является Квинумское рудное поле.

Квинумское рудное поле расположено в северо-западной части Дукук-Кувалорог-Квинумского рудного узла и занимает площадь около 100 км² [2–4]. Здесь выявлено около 20 небольших массивов кортландит-габброидного состава мощностью от первых до 200 м. С пятью из них связано сульфидное медно-никелевое оруденение: рудопроявления Квинум–1, Квинум–2, Тундровое, Кортландитовое и Ясное. В этом сообщении впервые суммированы данные по геологии и минералогии рудопроявления Квинум–1 и охарактеризована зональность платиноидной минерализации рудных тел.

Породы, вмещающие кортландит-габброидные интрузивы, представлены апотерригенными гранат-биотит-мусковитовыми и андалузит-гранатавралит-слюдистыми (иногда с кордиеритом) кристаллическими сланцами хейванской свиты мелового возраста(?). В верхней части свиты кристаллические сланцы переслаиваются со слюдистыми метапесчаниками. Вверх по разрезу наблюдается снижение степени метаморфизма от амфиболитовой ($T = 550–630^{\circ}\text{C}$) до зеленосланцевой фации. Первичная слоистость осадочных пород ориентирована в субширотном направлении, на которую наложено интенсивное рассланцевание северо-западного простирания.

По пологим надвигам образования хейванской свиты надвинуты на мигматизированные кианит-гранат-слюдистые (нередко со ставролитом) плагиогнейсы и мигматиты колпаковской серии позднего мезозоя(?), содержащие тела клинопироксен-амфиболовых основных сланцев и амфиболитов, гранатовых амфиболитов и насыщенные жилами и телами синметаморфических гранат-слюдистых гранитов и пегматитов.

Рудопроявление Квинум–1 расположено в восточной части Квинумского рудного поля, на левобережье среднего течения р. Квинум и приурочено к силлообразному интрузиву кортландит-габ-

*Институт вулканологии и сейсмологии
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук,
Петропавловск-Камчатский
Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток
Всероссийский геологический
научно-исследовательский институт
им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург*

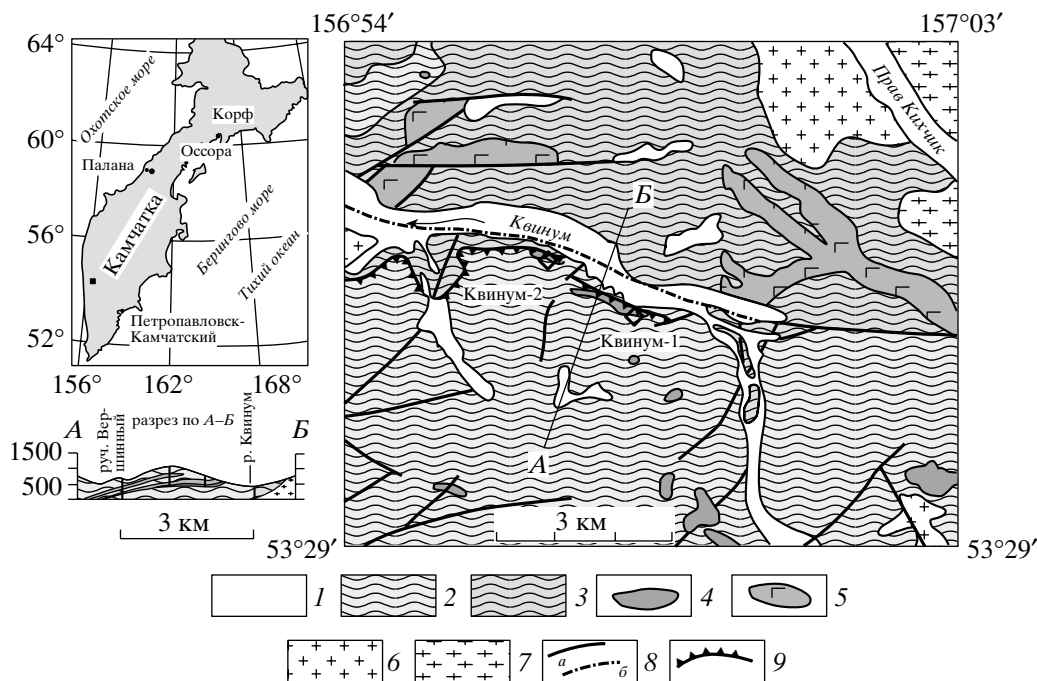


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района рудопроявления Квинум-1. На врезке – положение Дукук-Кувалорог-Квинумского рудного узла. 1 – современные и верхнечетвертичные рыхлые отложения; 2 – хейванская свита: гранат-слюдистые и андалузит-гранат-слюдистые кристаллические сланцы, филлиты и слюдистые метапесчаники; 3 – колпаковская серия: гранат-слюдистые (с кианитом и ставролитом) плагиогнейсы и амфиболиты; 4 – дукукский комплекс: субластовые и плитообразные интрузивы кортландит-габброидного состава; 5 – силлы, штоки и дайки ультрабазит-габброидного состава неразделенные; 6 – синметаморфические гранат-мусковитовые граниты и пегматиты; 7 – гнейсированные тоналиты, гранодиориты; 8 – разрывные нарушения: а – установленные, б – перекрытые рыхлыми отложениями; 9 – пологозалегающие надвиги.

броидного состава, локализованному в пределах пологой тектонической зоны субширотного простирания, прослеживающейся между образованиями хейванской свиты и колпаковской серии. Общая протяженность массива порядка 1.0 км при мощности от первых метров на флангах до 200 м в его центральной части (рис. 1).

Контакты интрузивного тела преимущественно тектонические с зонами тектонического меланжа, расланцевания и развальцевания пород. Вмещающие породы ороговикованы и иногда сильно пиритизированы. Мощность зон ороговикования редко превышает первые метры. Строение массива осложнено многочисленными крутопадающими разломами субмеридионального и субширотного простирания.

Массив Квинум-1 принадлежит к перидотит-пироксенит-габброноритовой магматической формации, главной особенностью интрузивных тел которой является их стратиформное и двухслойное строение, выражающееся в наличии ультраосновных пород, слагающих нижние части расслоенных массивов, и основных пород, залегающих в их верхних частях. Между нижней ультраосновной и верхней основной частями нередко наблюдается переходная зона послойного чередова-

ния ультраосновных и основных пород, которая играет исключительную роль в локализации платиноидного оруденения, как например, Критическая зона (Риф Меренского) Бушвельдского расщельного интрузива в Южно-Африканской Республике [5, 6].

Строение массива сложное, неоднородное. Его юго-восточная часть и всякий бок центральной части сложены преимущественно клинопироксен-амфиболовыми среднезернистыми габброидами, сменяющимися в сторону лежащего бока меланократовыми габбро, содержащими невыдержанные по простиранию тела амфиболовых перидотитов – кортландитов мощностью от первых десятков сантиметров до 5–20 м. В северо-западном направлении массив расщепляется на две ветви (нижнюю и верхнюю) мощностью от 10–15 до 40–50 м, сложенные измененными амфиболовыми перидотитами, сменяющимися в сторону висячего бока горнблендитами и амфиболовыми габбро. Возраст интрузивных пород по данным Sm–Nd и Rb–Sr изотопии равен 65–67 млн. лет [7].

Ультраосновные породы практически полностью преобразованы в тальк-тремолит-хлоритовый агрегат с реликтами первичного амфибола-паргасита, иногда оливина, обычно нацело заме-

Таблица 1. Представительные микронзондовые анализы минералов амфиболовых перидотитов – кортландитов (Обр. 3776)

Компонент	Ol (n = 9)	Орх (n = 3)	Срх (n = 3)	Нб (n = 5)	Spl (n = 14)	Pl (n = 2)
SiO ₂	39.11	52.92	49.10	40.71	0.00	57.10
TiO ₂	0.00	0.21	0.83	2.88	0.44	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	4.79	7.28	15.79	30.56	27.92
Cr ₂ O ₃	0.00	0.51	0.39	0.10	30.82	0.00
FeO	15.89	8.87	5.07	6.90	28.73	0.02
MnO	0.06	0.06	0.06	0.08	0.34	0.00
MgO	44.88	29.22	14.65	15.13	8.41	0.00
NiO	0.31	0.03	0.00	0.04	0.09	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00
CaO	0.06	1.38	19.76	10.49	0.00	8.79
Na ₂ O	0.00	0.03	0.77	3.23	0.00	6.34
K ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.69	0.00	0.04
Сумма	100.31	98.02	97.86	96.04	99.71	100.21
X _{Mg}	0.834	0.854	0.837	0.796	–	–
X _{An}	–	–	–	–	–	0.565
Wo	–	2.8	44.8	–	–	–
En	–	83.1	46.2	–	–	–
Fs	–	14.1	9.0	–	–	–

Примечание. Плаггиоклаз появляется в составе кортландитов только в зоне перехода к габброидам. $X_{Mg} = Mg/(Mg + Fe)$, $X_{An} = Ca/(Ca + Na + K)$. n – число анализов. Анализы выполнены на микроанализаторе САМЕВАХ в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

ценного хлоритом серпентине. О составе минералов слабоизмененных разностей амфиболовых перидотитов можно судить по данным табл. 1. Их первичный парагенезис включает оливин, паргасит и хромовую шпинель с резко подчиненным количеством орто- и клинопироксена.

Клинопироксен габброидов замещается актинолитом и актинолитовой роговой обманкой, а плаггиоклаз – альбитом и сосюритом, что обуславливает редкое обнаружение в породах плаггиоклаза более основного, чем An_{50} .

Сульфидная медно-никелевая минерализация образует в измененных амфиболовых перидотитах линзовидные залежи сплошных и прожилково-вкрапленных медно-никелевых руд протяженностью от 150 до 500 м при мощности от первых до 5–20 м. Габброиды, как правило, рудной минерализации практически не содержат, за исключением бедной вкрапленности пирита и пирротина.

На рудопроявлении оконтурено три рудных залежи. С поверхности руды в значительной степени окислены и выщелочены с образованием железной шляпы. Содержания никеля в выщелоченных рудах колеблются от 0.14 до 0.6%, меди от 0.12 до 0.42%, золота от 0.03 до 0.25 г/т, (Pt + Pd) – от 0.2 до 0.4 г/т. Максимальные содержания в от-

дельных пробах достигают: никеля 1.2%, меди – 0.8%, золота 0.65 г/т, (Pt + Pd) 3.4 г/т.

Бурением изучена лишь рудная залежь № 3, приуроченная к верхней ветви массива, которая сложена интенсивно измененными амфиболовыми перидотитами, превращенными в тальк-актинолит-хлоритовые породы. Двумя скважинами, пробуренными в пределах рудной залежи, были вскрыты слабо выщелоченные прожилково-вкрапленные руды, а в подошве массива – сплошные сульфидные руды мощностью 2.2–2.5 м (рис. 2). Средние содержания полезных компонентов в сплошных сульфидных рудах составляют: никеля 4.61%, меди 1.62%, кобальта 0.106%, золота 0.47 г/т, (Pt + Pd) – 3.96 г/т. В прожилково-вкрапленных рудах среднее содержание металлов значительно ниже: никеля 0.49%, меди 0.15%, кобальта 0.02%.

Минеральный состав руд всех залежей одинаков и типичен для медно-никелевых месторождений. Сплошные руды характеризуются парагенезисом пирротина, пентландита и халькопирита, составляющими в сумме более 90% от общего количества рудных минералов. Второстепенными сульфидными минералами являются пирит, сфалерит, галенит и арсенопирит. Апикальные части рудных залежей обогащены сульфидами и

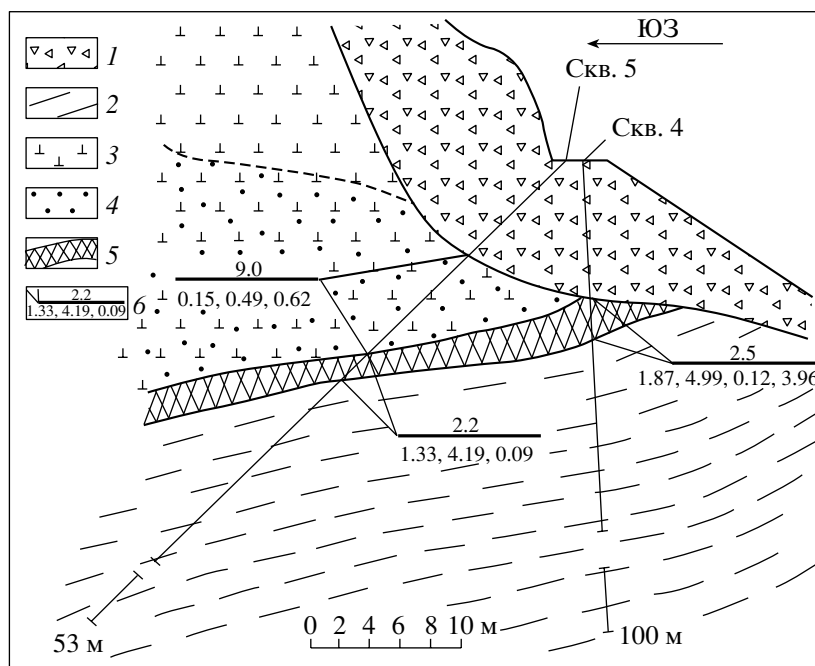


Рис. 2. Разрез рудной залежи сульфидных медно-никелевых руд в амфиболовых перидотитах рудопроявления Квинум-1. 1 – делювиальные свалы; 2 – гранат-слюдистые и андалузит-гранат-слюдистые кристаллические сланцы хейванской свиты; 3 – кортландиты, горнблендиты; 4, 5 – сульфидные медно-никелевые руды: 4 – прожилково-вкрапленные, 5 – массивные. 6 – над чертой – мощность рудного интервала, под чертой – среднее содержание Cu, Ni, Co (%), ЭПГ (г/т).

теллуридами никеля, теллуридами и антимонидами висмута и палладия, содержат самородное золото и реже арсенид платины – сперрилит. В центральных частях рудных залежей, сложенных сплошными халькопирит-пентландит-пирротиновыми рудами, содержание этих минералов обычно незначительно.

Пирротин – главный рудный минерал сплошных и прожилково-вкрапленных руд рудопроявления Квинум-1. Он представлен никельсодержащей и безникелистой разновидностями. Размер выделений пирротина в рудах от первых микрон до нескольких миллиметров. Состав пирротина изменяется довольно значительно: Fe 52.7–59.9%, Ni 0–7.0%, S 36.7–40.2% (табл. 2). Для кристаллов характерна четкая зональность, выражающаяся в снижении содержания никеля от центра к периферии зерен. Поздняя генерация пирротина, наблюдаемая в виде реликтовых включений в прожилках пирита, содержит примесь меди.

Халькопирит характеризуется довольно стабильным составом (табл. 2). Он кристаллизуется несколько позднее пирротина и пентландита, инфицирует массивные руды и дает непосредственные переходы в метасоматические руды, распространяющиеся по контактам рудных залежей и во вмещающие породы. Халькопирит обычно содержит включения сфалерита, галенита, сульфидов и теллуридов никеля, теллуридов и

антимонидов висмута и палладия и самородное золото.

Пентландит является главным никельсодержащим минералом сплошных и прожилково-вкрапленных руд, ассоциирует с пирротином и халькопиритом и зачастую содержит в своем составе кобальт (до 1.0%), медь (до 4.5%) и серебро (до 11.7%). Как и пирротин, пентландит замещается виоларитом (табл. 2), однако эти процессы проявлены только в зоне окисления руд.

Кроме пентландита, никельсодержащими минералами в рудах являются сульфиды (герсдорфит и Со-герсдорфит, содержащий до 16.4% кобальта, а также минералы из группы леллингит-саффлорит-раммельсбергитового ряда), арсениды (никелин) и теллуриды (мелонит) никеля (табл. 2). Мелонит впервые установлен в рудах рудопроявления Квинум-1 и ранее в медно-никелевых рудах Камчатки не отмечался. Эти минералы, а также антимониды (садбериит), теллуросмугитиды (майченерит) палладия и теллуросмугитиды приурочены к краевым частям залежей сплошных сульфидных руд, зонам их перехода в прожилково-вкрапленные руды, а иногда наблюдаются в породах контактового ореола в виде мельчайших (около 10–20 мкм) таблитчатых зерен, приуроченных к халькопириту.

Основным платиносодержащим минералом руд является арсенид платины – сперрилит (табл.

Таблица 2. Представительные микрозондовые анализы рудных минералов рудной залежи в амфиболовых перидотитах рудопроявления Квинум-1

Элемент	Пирротин (n = 92)	Халькопирит (n = 53)	Пентландит (n = 44)	Герсдорфит (n = 34)	Никелин (n = 41)	Сульфо- арсенид никеля (n = 5)	Мелонит (теллурид никеля) (n = 2)	Садбериит (n = 3)	Майченерит (n = 5)	Сперрилит (n = 8)	Самородное золото (n = 7)	Виоларит (n = 24)
Fe	59.14	30.40	29.13	0.95	0.41	0.49	0.35	0.47	–	–	1.84	21.99
Ni	1.83	0.14	37.38	34.81	45.37	31.14	16.83	–	0.74	–	–	31.88
Co	–	–	0.42	–	–	0.08	0.60	–	–	–	–	0.88
Cu	–	35.11	–	–	–	–	–	–	–	0.40	1.48	–
S	39.19	34.54	32.90	18.46	0.13	6.86	–	–	–	0.37	–	39.96
As	–	–	–	46.37	55.91	62.77	–	–	–	42.97	–	–
Sb	–	–	–	0.49	–	–	0.29	52.03	1.65	–	–	–
Bi	–	–	–	–	–	–	–	1.18	44.89	–	–	–
Te	–	–	–	–	–	–	82.24	0.78	27.55	–	–	–
Pd	–	–	–	–	–	–	–	44.76	22.68	–	–	–
Pt	–	–	–	–	–	–	–	–	–	54.27	–	–
Ag	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12.55	–
Au	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	85.52	–
Сумма	100.16	100.19	99.83	101.10	101.80	101.34	100.31	99.22	97.50	98.01	101.40	99.70

Примечание. n – число анализов. Сульфоарсенид никеля принадлежит к минералам леллингит-саффлорит-раммельсбергитового ряда.

2), но количественно он резко уступает по распространенности антимолидам и теллуровисмудидам палладия, являющимися главными минералами металлов платиновой группы рудопроявления Квинум-1.

Самородное золото обычно для сульфидных медно-никелевых руд и приурочено к участкам, обогащенным арсенидами и теллуридами никеля, палладия и висмута. Золото является довольно высокопробным и содержит примеси меди и железа (табл. 2).

Таким образом, для медно-никелевого рудопроявления Квинум-1, относящегося к одному из рудопроявлений Дукук-Кувалорог-Квинумского рудного узла, который является на Камчатке наиболее продуктивным на медно-никелевое оруденение, впервые приведены детальные данные по минералогии сульфидных руд и по распределению в них платиноидной минерализации. Установлено, что жильково-вкрапленные и сплошные медно-никелевые руды приурочены к амфиболовым перидотитам – кортландитам, образуя в перидотит-габброидных массивах невыдержанные по простиранию рудные залежи мощностью от первых десятков сантиметров до 5–20 м. Главные рудные минералы рудных залежей – пирротин, пентландит и халькопирит при резко подчиненном количестве пирита, сфалерита, галенита

и арсенопирита. Кроме пентландита, никельсодержащими минералами в рудах являются сульфоарсениды (герсдорфит), арсениды (никелин) и теллуриды (мелонит) никеля.

Платиноидная минерализация приурочена к краевым частям залежей сплошных сульфидных руд и к зоне перехода от амфиболовых перидотитов к вышележащим габброидам. Она представлена антимолидами (садбериит) и теллуровисмудидами палладия (майченерит), количественно преобладающими в рудах, при резко подчиненном развитии арсенида платины (сперрилита). К рудным интервалам, обогащенным арсенидами и теллуридами никеля, палладия и висмута, приурочено также самородное золото.

Предполагается, что концентрация главных сульфидных минералов и продуктивность платиноидной минерализации рудных залежей определяется сложными процессами магматической дифференциации и сульфуризации дифференциатов ультраосновной магмы под воздействием флюидов, накапливающихся на фронте восходящей кристаллизации массивов и вызывающих расслоение исходных магм [8]. Эта продуктивность в отношении платиноидной минерализации значительно возрастает с усилением во флюидах роли теллура, мышьяка, сурьмы и висмута, к ко-

торым платина и палладий имеют высокое химическое сродство [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зимин С.С.* Формации никеленосных роговообманковых базитов Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1973. 91 с.
2. *Полетаев В. А.* В кн.: Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в. Т. III. Кн. 1. М.: Геоинформмарк, 1999. Т. 3. Кн. 1. С. 76–87.
3. *Полетаев В.А.* В сб.: Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. Материалы Всерос. совещание, Магадан, 3–6 июня 2003 г. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. Т. 3. С. 187–188..
4. Карта полезных ископаемых Камчатской области 1:500000/Под ред. А.Ф. Литвинова, М.Г. Патока, Б.А. Марковскова и др. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999.
5. *Лазаренков В.Г., Петров С.В., Таловина И.В.* Месторождения платиновых металлов. СПб.: Недра, 2002. 298 с.
6. *Маракушев А.А., Безмен Н.И.* Минералого-петрологические критерии рудоносности изверженных пород. М.: Недра, 1992. 317 с.
7. *Ланда Э.А., Марковский Б.А., Беляцкий Б.В. и др.* // ДАН. 2002. Т. 385. № 6. С. 812–815.
8. *Маракушев А.А., Панях Н.А., Русинов В.Л. и др.* // Геология руд. месторождений. 1998. Т. 40. № 3. С. 236–255.