

УДК 553.48

Р.М. Новаков, М.Д. Сидоров

**НИКЕЛЕНОСНОСТЬ МЕДНО-КОЛЧЕДАННЫХ
ПРОЯВЛЕНИЙ В СЕРПЕНТИНИТАХ ВОСТОЧНОЙ
КАМЧАТКИ**

Проведен сравнительный анализ медноколчеданных объектов с никелевой и кобальтовой минерализацией Восточной Камчатки и Южного Урала. Выявлено сходство, которое проявляется в близкой геолого-структурной обстановке, приуроченности к массивам серпентинизированных гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации, параметрах рудных тел, характере рудных и пострудных изменений рудовмещающих образований, минеральном и химическом составе руд. Обогащение никелем и кобальтом связано с гидротермально-метасоматической проработкой вмещающих серпентинитов. По масштабам оруденения объекты могут соответствовать мелким или средним месторождениям меди и мелким – никеля и кобальта.

Ключевые слова: Восточная Камчатка, Южный Урал, медь, никель, кобальт, медноколчеданное рудопроявление.

Промышленное месторождение и перспективные проявления сульфидных кобальт-медно-никелевых руд, связанные с массивами норит-кортландитовой формации, расположены в Камчатской никеленосной провинции, которая охватывает крупный блок метаморфических образований – Камчатский срединный массив в южной части Срединного хребта (рис. 1, а (см. Приложение, стр. 293)) [21]. Кроме того, проявления никеля, связанные с образованиями дунит-гарцбургитовой формации, известны на Восточной Камчатке. На п-ове Камчатский Мыс установлена магматогенная никелевая минерализация в оливиновых вебстеритах, которая пока представляет минералогический интерес [4, 17]. На о-ве Карагинском и восточных полуостровах (Озерной, Камчатский Мыс, Кроноцкий) известны содержащие никель и кобальт проявления медных руд в серпентинизированных гипербазитах (рис. 1, а). Рудопроявления выявлены в ходе геологических съемок различного масштаба, проводившихся под руководством С.А. Мельниковой, Б.К. Долматова, А.М. Садреева, Г.И. Родных, М.Е. Бояриновой, Б.И. Сляднева, А.Ф. Литвинова, а также научных ис-

следований [16]. Наиболее крупные проявления никель и кобальтсодержащих сульфидных медных руд в серпентинитах – Маркеловское и Монолитное находятся на о-ве Карагинском. На п-ове Озерном к подобным объектам относится рудопроявление Рыцарь, представленное обломками серпентинитов с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией и глыбами массивных сульфидных руд в зоне серпентинитового меланжа, а также Гребень, где зоны дробления и милонитизации по серпентинитам содержат сульфидную минерализацию. На п-ове Кроночком с приконтактной частью гипербазитов и габбро связано проявление «Междуречье Большая-Буй» с вкрапленной, прожилковой и шлировой медной с никелем сульфидной минерализацией. Исследование никельсодержащих проявлений меди, связанных с гипербазитами дунит-гарцбургитовой формации является актуальной задачей, решение которой в перспективе может расширить ресурсный потенциал кобальта и никеля в Камчатском крае.

Геолого-структурное положение рудопроявлений никельсодержащих сульфидных медных руд о-ва Карагинского. Рудопроявления расположены в Карагинской прогнозируемой ртутно-меднорудной зоне (рис. 1, а) [19]. Здесь среди палеоцен-эоценовых терригенных отложений распространены зоны серпентинитовых меланжей и тектонические блоки, сложенные серпентинизированными гипербазитами карагинского комплекса дунит-гарцбургитовой формации (рис. 1, б). Наиболее крупные рудопроявления (Монолитное, Маркеловское, Железное) сближены и объединяются в потенциальное Карагинское (Маркеловское) рудное поле. Содержащие никель и кобальт рудопроявления Монолитное и Маркеловское локализованы в серпентинитах. Рудопроявление Железное находится среди алевролитов и песчаников палеоцен-эоценового возраста на удалении от тел ультраосновного состава. Никелевая минерализация здесь не отмечена.

Тела серпентинизированных гипербазитов и серпентинитовых меланжей приурочены к зоне Карагинско-Озерновского глубинного разлома, который разделяет структуры первого порядка – Восточно-Камчатский горст-антиклинорий и Ильпинско-Литкенский прогиб [19]. С точки зрения геодинамиче-

ских построений предполагается, что складчатое основание о-ва Карагинского относится к аккреционно-коллизийным структурам Олюторско-Камчатской области [5]. Для уточнения структурной локализации рудопроявлений о-ва Карагинского проведены исследования глубинного строения земной коры Восточной Камчатки на широте от п-ва Озерной до пос. Оссора и от западного берега пролива Литке до глубоководной впадины Берингова моря, включая континентальный склон (рис. 2 (см. Приложение, стр. 294)).

По результатам количественной интерпретации аномалий силы тяжести построена объемная плотностная модель до глубины 50 км, которая позволила установить морфологию подошвы земной коры и внутрикоровых плотностных неоднородностей. На рис. 2 приведен вертикальный разрез этой модели через район рудопроявлений Маркеловское и Монолитное. Проявления расположены в восточном крыле мощной зоны деструкции земной коры северо-восточного простирания, которая обусловлена зоной глубинного Карагинско-Озерновского разлома. Зона выявляется по аномальному снижению плотности в верхней коре и прослеживается до глубины 20 км, а по широте охватывает восточную часть пролива Литке до центральной части о-ва Карагинский. На поверхности восточный край зоны маркируется полосой интенсивных магнитных максимумов. Западный край также ограничен полосовыми магнитными аномалиями, которые связаны с массивами ультрамафитов карагинского комплекса.

Геологические и минералого-геохимические особенности рудопроявлений о-ва Карагинского. Никельсодержащие медные проявления приурочены к наиболее серпентинизированным частям массивов гипербазитов. Рудные тела расположены вдоль проницаемых зон тектонических нарушений. В пределах рудопроявлений развиты высокотемпературные антигоритовые разности серпентинов, которые к флангам сменяются относительно низкотемпературными хризотилами и лизардитами [16, 19]. По данным геологосъемочных и поисковых работ сульфидные руды представлены прожилково-вкрапленными и массивными разностями, которые интенсивно выщелочены на поверхности. Содержание меди в неокисленных рудах составляет от 5,4 до 10,5 %, в окисленных – от 0,1

до 17,2 %, в среднем 1,38 %. Содержание никеля – от 0,2 до 0,7 %, кобальта от 0,05 до 0,1 %, цинка от 0,13 до 5,26 %. Руды содержат золото и платиноиды от десятых до первых, серебро – от первых до сотен грамм на тонну. Главные минералы рудопроявлений – пирротин, халькопирит, кубанит и сфалерит. Установлены также виоларит, пирит и никелистый пирит, макинавит, борнит, самородное золото. В зоне гипергенеза по рудным минералам развиваются ковеллин, гидроокислы железа, малахит, азурит. Наиболее распространен халькопирит, который образует вкрапленность, гнезда и прожилки в метасоматически измененных гипербазитах. Для халькопирита характерны решетчатые структуры распада с кубанитом ранней генерации и сростания со сфалеритом. По халькопириту и раннему кубаниту развивается кубанит второй генерации. Сфалерит содержит эмульсиевидную вкрапленность халькопирита. Пирротин отмечается в виде самостоятельных выделений неправильной формы, либо в сростании с халькопиритом или кобальтпентландитом. Пентландит образует пламенивидные вроски в пирротине, идиоморфные зерна среди пирротина и кубанита-халькопирита, мелкозернистые таблитчатые агрегаты в пирротине. Пирит встречается в форме мелких выделений неправильной формы среди скоплений магнетита и в массе породы. Сульфидные минералы пересекаются прожилками магнетита [16, 19].

Сульфидные руды проявлений Маркеловское и Монолитное являются эпигенетическими по отношению к вмещающим гипербазитам [16]. Исследования минеральных ассоциаций свидетельствуют о многостадийном характере рудоотложения. Минерализация гидротермально-метасоматического генезиса формировалась в процессе преобразования серпентинизированных гипербазитов под воздействием металлоносных, содержащих цветные металлы и серу флюидов в проницаемых зонах разрывных нарушений и связанных с ними серпентинитовых меланжей [16]. В результате никель, изоморфно входивший в состав породообразующих силикатов и окислов гипербазитов, был перераспределен в форме сульфидов. По данным поисково-съёмочных и разведочных работ прогнозные ресурсы меди по категории P_2 рудопроявления Монолитное оцениваются от 483 до 755 тыс. т, Маркеловского – от 210 до 1000 тыс. т.

Кроме медных, с массивами серпентинитов о-ва Карагинского связан ряд рудопроявлений ртути (Ирнговаямские, гора Шапочка). Рудные тела представляют собой зоны лиственитизации с кварцевыми и карбонатными прожилками. Минерализация представлена киноварью, реже метациннабаритом, самородной ртутью. Отмечена мелкая вкрапленность реальгара и гнезда антимонита. В ряде проявлений содержание золота достигает первых г/т и они относятся к золотортутным [20]. Несмотря на тесную пространственную ассоциацию, исследователи отмечают отсутствие существенного влияния процессов лиственитизации гипербазитов на формирование никельсодержащих сульфидных медных руд [16]. Вместе с тем, характерной чертой массивных медных руд карагинских рудопроявлений является их тесная ассоциация с метасоматитами известково-силикатного состава – родингитами [16].

Объекты-аналоги рудопроявлений о-ва Карагинского. Никельсодержащие проявления Маркеловского рудного поля могут быть сопоставлены с Ивановским и Ишкининским кобальт-медноколчеданными месторождениями Южного Урала, которые содержат также и никель. Объекты расположены в пределах Западно-Магнитогорской хромитоносной марганцево-золото-меднорудной металлогенической зоны и примыкают к Гайскому (Ишкининское) и Баймак-Бурибайскому (Ивановское) цинково-меднорудным районам. Месторождения связаны с телами серпентинитов в западной части Тагило-Магнитогорского мегасинклинория в пределах шовной зоны Главного Уральского разлома. Зону образуют тектонические блоки палеозойских формаций, разделенные участками полимиктового серпентинитового меланжа. Местами образования палеозоя перекрыты мезозойскими и кайнозойскими отложениями наложенной Орско-Таналыкской депрессии [12]. Петрофизические характеристики массивов гипербазитов в зависимости от степени серпентинизации и метаморфизма варьируют в значительных пределах [12].

Предполагается, что первичные руды южноуральских объектов были сформированы на островодужном этапе развития в обстановке аккреционной призмы в придонных условиях [14]. Генезис сульфидных руд гидротермально-метасоматический. Отмечено также кластогенное рудоотложение. Источником

никеля и кобальта в рудах являлись серпентиниты, подвергшиеся гидротермально-метасоматической проработке [7]. На сульфиды наложены более поздние минеральные ассоциации – арсенидная и сульфоарсенидная с золотом и теллуридами. В отличие от медноколчеданных проявлений Восточной Камчатки, вблизи южноуральских объектов не отмечается ртутного оруденения, связанного с листовенитами. При этом их сульфидные руды часто залегают в тальк-карбонатных и хлоритовых метасоматитах, развитых по серпентинитам. Запасы Ивановского месторождения по категории $C_1 + C_2$ составляют 24 млн т руды, которая содержит 210 тыс. т меди, Ишкининского – 1,1 млн т руды [1].

Характерными общими особенностями медноколчеданных с никелем и кобальтом объектов Южного Урала и Восточной Камчатки являются (таблица):

1. Тесная пространственная связь с телами серпентинитов по гипербазитам дунит-гарцбургитовой формации в зонах глубинных разломов.

2. Линзообразная форма рудных тел, протяженность которых составляет десятки-сотни метров, а мощность от первых до десятков метров.

3. Наличие массивных и прожилково-вкрапленных руд.

4. Главными полезными компонентами являются Cu или Cu и Zn, второстепенными – Zn, Ni, Co, а также благородные металлы.

5. Сходный состав рудных минералов и их морфологические особенности. Главные минералы представлены пирротином, халькопиритом, пиритом, а также кубанитом, сфалеритом. Второстепенные – Ni-пирит, пентландит, минералы группы линнеита, макинавит, марказит, сфалерит, валлериит, никелин, самородное золото. Для халькопирита характерны пластинчатые сростки с кубанитом, для сфалерита – включения халькопирита [13, 16, 19]. Пентландит присутствует в виде пламенивидных вростков в пирротине. Встречаются также идиоморфные зерна пентландита среди пирротина, кубанита-халькопирита.

6. Гидротермально-метасоматический генезис. При этом источниками никеля и кобальта в сульфидных рудах являются серпентиниты, подвергшиеся гидротермально-метасоматической проработке.

Таблица

Сравнение особенностей мелноколчеданных объектов Восточной Камчатки и Южного Урала

Регион	Восточная Камчатка		Южный Урал		Характерные общие особенности
	Монолитное	Маркеловское	Рышарь	Ивановское	
Местор и пров.	Зоны глубинных разломов, сопровождаемых серпентинитовым меланжем		Зона Главного Уральского разлома		В зонах глуб. разломов, сопровождаемых серп. меланжем
Геол. условия	Линейно вытянутые зоны влоль проницаемых зон тектонических нарушений		Тект. контакты серпентинитов с базальтовыми блоками		
Особенности морфологии и параметров рудных тел	Неправильная пережатая линза протяженностью 175 м с максимальной шириной 45 м	Линзообр. тело длиной до 500 м, мощностью от 8 до 14 м. По геофизич. данным мощность от 10 до 120 м, протяженность 650 м.	Обломки серпентинитов с прож. — вкрапл. минерализ., глыбы массивных сульф. руд (от 20 см до 5 м). Рудоносные зоны мощностью от 4 до 40 м, протяженность до 240 м.	Установлено 33 рудных тела мощностью 0,3–5,5 м, длиной простиранию от 0,5–2 до 65–163 м, по падению 13–60 м	Линзообр. форма рудн. тел, протяж. десятки-сотни метров, мощн. от первых до десятков метров
Содержания полезных элементов в рудах*	Cu (%) от 0.н до n Zn (%) от 0.н до n Ni (%) до 0.н Co (%) до 0.0 n Ag (г/т) – n×100 Au (г/т) — n	Cu (%) от 0.н до n Zn (%) от 0.н до n Ni (%) – 0.н Co (%) до 0.0n Ag (г/т) – n×10 Au (г/т) – n	Cu (%) от 0.н до n Ni (%) – 0.н Zn (%) – 0.н Ag (г/т) – n Au (г/т) от n до n×10 Te (г/т) – n×10, Se (г/т) – n×10	Cu (%) от 0.н до n Zn (%) – 0.н Co (%) – 0.0n Ni (%) – 0.н Ag (г/т) – n Au (г/т) от 0.н до n	Главный полезный компонент – Cu, или Cu и Zn, вросленные – Ni, Co, (Zn), благородные металлы

Регион	Восточная Камчатка			Южный Урал		Характерные общие особенности
	Монолитное	Маркеловское	Рышарь	Ивановское	Ишкининское	
Местор и прояв.	Ni/Cu ~0.10	~0.10	~0.10	0.13		
	Co/Cu ~0.03	~0.03	~0.03	0.04	0.03	
главные	Cu, Zn, Au	Cu, Zn, Au	Au, Cu	Cu, Ni, Co	Cu, Co	
второст.	Ni, Co, бл. мет.	Ni, Co, бл. мет.	Ni, бл. мет.	благ. мет.	Ni, Zn, бл. мет.	
Минералы	пирротин, халькопирит, кубанит, сфалерит, пирит	пирротин, халькопирит, кубанит и сфалерит, пирит	пирротин, халькопирит	пирротин, халькопирит	пирротин, пирит, халькопирит	пирротин, халькопирит, кубанит пирит, Ni-пирит, пентландит, минералы группы линнеита, макинавит, марказит, сфалерит, валлерит, никелин, самор. Au
	кобальтпентландит, виоларит, Ni-пирит, макинавит, борнит, самор. Au	кобальтпентландит, виоларит, Ni-пирит, макинавит, борнит, самор. Au	пентландит, сфалерит, марказит, валлерит, никелин, франклинит, самор. Au, теллуриды, селениды	пентландит, макинавит, минералы группы линнеита, Ni-пирит, кубанит, сфалерит, марказит, валлерит, арсенопирит, глаукодол, аллоказит, кобальтин	пентландит, виоларит, макинавит, сфалерит, арсенопирит, герсдорфит, сафлорит, никелин, кобальтин, леллингит, самор. Au, раклиджит	
Особенности минералогии	Отмечаются структуры распада сфалерита и халькопирита и кубанита. Пентландит — пламеневидные вростки в пирротине, идиоморфные зерна среди пирротина халькопирита, мелкозернистые таблитчатые агрегаты в пирротине.					

Типы руд	Прожилково-вкрапленные, гнездовые	Массивные, прожилково-вкрапленные	Массивные, прожилково-вкрапленные	Массивные, прожилково-вкрапленные	Массивные, прожилково-вкрапленные, обломочные в терригенных породах	массивные и прожилково-вкрап. разн. руд
Генезис	Гидротермально-метасоматический					
Околорудные изменения	В пределах рудопрояв. – антитермитовые разности серпентинов, которые к флангам сменяются хризотилами и листзардитами. Отмечается лиственитизация	Отмечена карбонизация вдоль зон разрывных нарушений	Тальковые, тальк-карбонатные и тальковые метасоматиты	Карбонатные, тальк-карбонатные апосерпентинитовые метасоматиты	Карбонатные, тальк-карбонатные апосерпентинитовые метасоматиты	Простр. ассоциация с тальк-карбонатными метасоматитами
<p><i>Примечание.</i> Содержание полезных компонентов приведены в порядковых значениях. Использованы данные [8, 9, 14, 16, 19, 20], а также фондовых отчетов: С.А. Мельниковой, Б.И. Сляднева, А.Ф. Литвинова, Ю.М. Щепотьева</p>						

7. Пространственная ассоциация с зонами карбонатного метасоматоза.

Проведенный сравнительный анализ позволяет утверждать, что рудопроявления о-ва Карагинского, как и кобальт-содержащие медные с никелем месторождения в зоне Главного Уральского разлома относятся к медноколчеданной формации. Ряд исследователей относят южноуральские объекты к медноцинково-колчеданному геолого-промышленному типу [6, 9], который включает некоторые залежи современных сульфидных руд на дне океанов [3, 10]. Как месторождения Южного Урала [3, 14], так и проявления Восточной Камчатки сходны с рудопроявлениями гидротермальных полей Логачев и Рейнбоу Срединного Атлантического хребта, которые пространственно и генетически связаны не с вулканитами, а с серпентинитами [2]. Исследования показали, что руды этих полей в наибольшей степени обогащены кобальтом и никелем, а сами поля обладают рядом параметров, которые не свойственны другим гидротермальным полям Мирового океана [2, 11]. Вместе с тем, южноуральские и восточнокамчатские рудопроявления сформировались на островодужном этапе, а образование гидротермальных полей Атлантики связано с процессами рудогенеза в срединно-океаническом хребте.

Выводы

Проведенный анализ указывает на сходство медноколчеданных объектов с никелевой и кобальтовой минерализацией Восточной Камчатки и Южного Урала. Оно проявляется в геолого-структурной обстановке, приуроченности к массивам серпентинитов, параметрах рудных тел, характере рудных и пострудных изменений рудовмещающих образований, минеральном и химическом составе руд. Обогащение никелем и кобальтом связано с гидротермально-метасоматической проработкой вмещающих серпентинитов и переходом этих компонентов из силикатной в сульфидную форму. По масштабу оруденения объекты соответствуют мелким, возможно, средним месторождениям меди. Запасы сопутствующих никеля и кобальта могут соответствовать их мелким месторождениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьев Д.А., Зайков В.В. Тальк-карбонатные метасоматиты и их роль в формировании кобальт-медноколчеданного оруденения в ультрамафитах Главного Уральского разлома // Литосфера. – 2009. – № 1. – С. 47–69.
2. Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г., Леин А.Ю., Сагалевич А.М., Новиков Г.В., Пересыпкин В.И., Бортников Н.С., Викентьев И.В. Гидротермальные рудопроявления полей Логачева и Рэйнбоу (Срединно-Атлантический хребет) – новый тип гидротермальных отложений океанских рифтов // Российский журнал наук о Земле. – Том 2. – № 4. – 2000. URL: <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/rus/v02/rje00048/rje00048.htm>.
3. Богданов Ю.А., Лисицын А.П., Сагалевич А.М., Гурвич Е.Г. Гидротермальный рудогенез океанского дна. – М.: Наука, 2006. – 528 с.
4. Бояринова М.Е., Вешняков Н.А., Коркин А.Г. и др. Объяснительная записка к государственной геологической карте РФ масштаба 1:200000. Серия Восточно-Камчатская, листы О-58-XXVI, XXXI, XXXII. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2002. – 267 с.
5. Вержбицкий В.Е., Шапиро М.Н., Соловьев А.В., Голдырев А.Е. Новые данные о структуре аккреционной призмы острова Карагинский (Берингово море) // Доклады Академии наук. – 2005. – Том 404. – № 6. – С. 1–5
6. Еремин Н.И., Сергеева Н.Е., Дергачев А.Л., Позднякова Н.В. Благородные металлы в вулканогенных колчеданных месторождениях // Вестник Моск. Ун-та. – Сер. 4. Геология. – 2000. – № 2. – С. 52–59.
7. Зайков В.В., Мелекесцева И.Ю. Кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах аккреционной призмы Западно-магнитогорской палеоостровной дуги // Литосфера. – 2005. – № 3. – С. 73–98.
8. Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1:500 000. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализации и ореолов рассеяния полезных ископаемых. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. – 563 с.
9. Контарь Е.С., Либарова Л.Е. Металлогения меди, цинка и свинца на Урале. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. – 233 с.
10. Кривцов А.И., Минина О.В., Волчков А.Г., Абрамова Е.Е., Гричук Д.В., Ельянова Е.А. Модели месторождений благородных и цветных металлов. Месторождения колчеданного семейства. – М.: ЦНИГРИ, 2002. – 282 с.
11. Леин А.Ю., Ульянова Н.В., Ульянов А.А., Черкашев Г.А., Степанова Т.В. Минералогия и геохимия сульфидных руд на подводных гидротермальных полях, связанных с серпентинитовыми протрузиями // Российский журнал наук о Земле. – Том 3. – № 5. – 2001. URL: <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/rus/v03/rje01068/rje01068.htm#chap06>.
12. Лядский П.В., Кваснюк Л.Н., Жданов А.В., Чечулина О.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Уральская серия, лист М-40 (Оренбург) с клапаном М-41. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013.
13. Мелекесцева И.Ю. Гетерогенные кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах зоны Главного Уральского разлома: автореф. дис. ... кандидата геол.-минер. наук : 25.00.11 / Институт минералогии УрО РАН. – Екатеринбург, 2005. – 16 с.

14. Мелекесцева И.Ю., Зайков В.В. Руды Ишкининского кобальт-медноколчеданного месторождения (Южный Урал). – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – 122 с.

15. Мельникова С.А. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Корякская. Листы О-58-VIII, IX, XIV. Объяснительная записка. – М., 1987. – 111 с.

16. Назимова Ю.В. Геохимия, минералогия и генезис медно-никелевого оруденения в альпинотипных гипербазитах острова Карагинского (Восточная Камчатка) : автореф. дис. ... кандидата геол. — минер. наук : 04.00.02 / Гос. ун-т. – СПб, 1992. – 16 с.

17. Новаков Р.М., Иванов В.В., Трухин Ю.П., Панова Е.Г. Медно-никелевая и благороднометалльная минерализация в оливиновых вебстеритах п-ова Камчатский мыс (Камчатка) // Вестник СПбГУ. – Сер. 7. – 2015. – Вып. 4. – С.82–96.

18. Салихов Д.Н. Офиолиты и оруденение в зоне Главного Уральского разлома // Геологический сборник № 7. – Информационные материалы ИГ УНЦ РАН, 2008. URL: http://www2.anrb.ru/geol/PAPERS/E2008/02_08_08.pdf.

19. Сляднев Б.И., Боровцов А.К., Сидоренко В.И., Сапожникова Л.П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист О-58 – Усть-Камчатск. Объяснительная записка. – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. – 256 с.

20. Степанов В.А. Перспективы выявления золотортутных месторождений на Камчатке // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2008. – №1. – С. 29–34.

21. Трухин Ю.П., Степанов В.А., Сидоров М.Д. Камчатская никеленосная провинция // ДАН РФ. –2008. –Т. 418. –№ 6. –С. 802–806. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Новаков Роман Михайлович — старший научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru,
Сидоров Михаил Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru,
Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской Академии наук.



UDC 553.48

NICKEL-COPPER-PYRITE ORE OCCURRENCES IN THE SERPENTINITES OF THE EASTERN KAMCHATKA

Novakov R.M., Senior Research Associate, The Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,
Sidorov M.D., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, nigt@kscnet.ru, The Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

The comparative analysis of copper pyrite objects with nickel and cobalt mineralization of the Eastern Kamchatka and the Southern Urals was carried out. The similarity which is evident by close geological-and-structural situation, confinedness to massifs of serpentized ultrabasites of dunite-harzburgite formation, parameters of ore bodies, nature of ore and post-ore changes of ore-hosting formations, mineral and chemical ores composition was determined. Enrichment by nickel and cobalt is connected with hydrothermal-metasomatic processing of hosting serpentinites. According to the sizes of copper, nickel and cobalt mineralization the objects are small deposits.

Key words: Eastern Kamchatka, the Southern Urals, copper, nickel, cobalt, copper pyrite ore occurrence.

REFERENCES

1. Artemyev D. A., Zaykov V. V. *Talk-karbonatnyye metasomatity i ikh rol v formirovaniy kobalt-mednokolchedannogo orudneniya v ultramafitakh Glavnogo Uralskogo razloma* (Talc-carbonate metasomatites and their role in the formation of cobalt-bearing massive sulphide mineralization associated with ultramafites of the Main Urals fault zone) // *Litosfera*. 2009. no 1. pp. 47–69.
2. Bogdanov Yu. A., Gurvich E. G., Lein A. Yu., Sagalevich A. M., Novikov G. V., Pere-sypkin V. I., Bortnikov N. S., Vikentyev I. V. *Gidrotermalnyye rudoproyavleniya poley Logacheva i Reynbou (Sredinno-Atlanticheskij khrebet) – novyy tip gidrotermalnykh otlozheniy okeanskikh riftov* (Hydrothermal ore fields Logacheva and rainbow (Mid-Atlantic ridge) is a new type of hydrothermal deposits of oceanic rift) // *Rossiyskiy zhurnal nauk o Zemle*. – Vol. 2. no 4. 2000. URL: <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/rus/v02/rje00048/rje00048.htm>.
3. Bogdanov Yu.A., Lisitsyn A.P., Sagalevich A.M., Gurvich E.G. *Gidrotermalnye rudogenez okeanskogo dna* (Hydrothermal ore Genesis of the ocean floor). Moscow: Nauka, 2006. 528 p.
4. Boyarinova M.E., Veshnyakov N.A., Korkin A.G. i dr. *Obyasnitelnaya zapiska k gosudarstvennoy geologicheskoy karte RF masshtaba 1:200000* (Explanatory note for state geological map of Russia of scale 1:200000). Seriya Vostochno-Kamchatskaya. listy O-58-XXVI. XXXI.XXXII. SPb.: VSEGEI, 2002. 267 p.
5. Verzhbitskiy V. E., Shapiro M. N., Solovyev A. V., Goldyrev A. E. *Novyye dannyye o strukture akkretionnoy prizmy ostrova Karaginskiy (Beringovo more)* (New data on the structure of the accretionary prism of the island Karaga (Bering sea)) // *Doklady Akademii nauk*. 2005. Vol. 404. no 6. pp. 1–5.
6. Eremin N.I., Sergeyeva N.E., Dergachev A.L., Pozdnyakova N.V. *Blagorodnyye metally v vulkanogennykh kolchedannykh mestorozhdeniyakh* (Precious metals in volcano-genic massive sulfide deposits) // *Vestnik Mosk. Un-ta. Ser. 4. Geology*. 2000. no 2. pp. 52–59.
7. Zaykov V.V., Melekestseva I.Yu. *Kobalt-mednokolchedannyye mestorozhdeniya v ultramafitakh akkretionnoy prizmy Zapadno-magnitogorskoy paleoostrovnoy dugi* (Cobalt-bearing massive sulphide deposits associated with ultramafites of the accretionary prism West of the Magnitogorsk arc paleoastronomy) // *Litosfera*. 2005. no 3. pp. 73–98.
8. *Karta poleznykh iskopayemykh Kamchatskoy oblasti masshtaba 1:500 000. Kratkaya obyasnitel'naya zapiska* (Mineral resources map of the Kamchatka region, scale 1:500 000. A brief explanatory note). Katalog mestorozhdeniy. proyavleniy. punktov mineralizatsii i oreolov rasseyaniya poleznykh iskopayemykh. SPb.: VSEGEI, 1999. 563 p.

9. Kontar E. S., Libarova L. E. *Metallogeniya medi. tsinka i svintsa na Urale* (Metallogeny of copper, zinc and lead in the Urals). Ekaterinburg: Uralgeolkom, 1997. 233 p.
10. Krivtsov A.I., Minina O.V., Volchkov A.G., Abramova E.E., Grichuk D.V., Elianova E.A. *Modeli mestorozhdeniy blagorodnykh i tsvetnykh metallov* (Model for deposits of precious and non-ferrous metals). Mestorozhdeniya kolchedannogo semeystva. Moscow: TsNIGRI, 2002. 282 p.
11. Lein A.Yu., Ulianova N.V., Ulianov A.A., Cherkashev G.A., Stepanova T.V.. *Mineralogiya i geokhimiya sulfidnykh rud na podvodnykh gidrotermalnykh polyakh. svyazannykh s serpentinitovymi protruziyami* (Mineralogy and Geochemistry of sulfide ores in underwater hydrothermal fields associated with serpentine protrusions) // Rossiyskiy zhurnal nauk o Zemle. Vol. 3. no 5. 2001. URL: <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/rus/v03/rje01068/rje01068.htm#chap06>.
12. Lyadskiy P.V., Kvasnyuk L.N., Zhdanov A.V., Chechulina O.V. i dr. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tretye pokoleniye)* (State geological map of Russian Federation. Scale of 1:1 000 000 (third generation)). Uralskaya seriya. list M-40 (Orenburg) s klapanom M-41. SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2013.
13. Melekestseva I. Yu. *Geterogennyye kobalt-mednokolchedannyye mestorozhdeniya v ultramafitakh zony Glavnogo Uralskogo razloma* (Heterogeneous cobalt-bearing massive sulphide deposits associated with ultramafites of the zone of the Main Uralian fault): avtoref. dis. ... kandidata geol.-miner. nauk : 25.00.11 / Institut mineralogii UrO RAN. Ekaterinburg, 2005. 16 p.
14. Melekestseva I.Yu., Zaykov V.V. *Rudy Ishkininskogo kobalt-mednokolchedannogo mestorozhdeniya (Yuzhnyy Ural)* (Ore Iskininskiy cobalt-bearing massive sulphide Deposit (South Urals)). Miass: IMin UrO RAN, 2003. 122 p.
15. Melnikova S.A. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR m-ba 1 : 200 000* (State geological map of USSR m-BA 1:200000). Seriya Koryakskaya. Listy O-58-VIII. IX. XIV. Obyasnitelnaya zapiska. Moscow, 1987. 111 p.
16. Nazimova Yu.V. *Geokhimiya. mineralogiya i genesis medno-nikelevogo orudneniya v alpinotipnykh giperbazitakh ostrova Karaginskogo (Vostochnaya Kamchatka)* (Mineralogy and Genesis of copper-Nickel mineralization in Alpine-type ultrabasites of the trip to the island (Eastern Kamchatka)): avto-ref. dis. ... kandidata geol.-miner. nauk : 04.00.02 / Gos. un-t. SPb, 1992. 16 p.
17. Novakov R.M., Ivanov V.V., Trukhin Yu.P., Panova E.G. *Medno-nikelevaya i blago-rodnometallnaya mineralizatsiya v olivinovykh vebsteritakh p-ova Kamchatskiy mys (Kamchatka)* (Copper-Nickel and precious-metal mineralization in the olivine websterites Peninsula of the Kamchatka Cape (Kamchatka)) // Vestnik SPbGU. Ser. 7. 2015. Is. 4. pp. 82–96.
18. Salikhov D.N. *Ofiolity i orudneniye v zone Glavnogo Uralskogo razloma* (Ophiolite and mineralization in the zone of the Main Uralian fault) // Geologicheskii sbornik. no 7. Informatsionnyye materialy IG UNTs RAN. 2008. URL: http://www2.anrb.ru/geol/PAPERS/E2008/02_08_08.pdf.
19. Slyadnev B.I., Borovtsov A.K., Sidorenko V.I., Sapozhnikova L.P. i dr. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tretye pokoleniye)* (State geological map of Russian Federation. The scale of 1:1,000,000 (third generation)). Seriya Koryaksko-Kuril'skaya. List O-58 Ust-Kamchatsk. Obyasnitelnaya zapiska. SPb: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2013. 256 p.
20. Stepanov V.A. *Perspektivy vyavleniya zolotortutnykh mestorozhdeniy na Kamchatke* (Prospects zolotorudnykh deposits on the Kamchatka Peninsula) // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka. 2008. no1. pp. 29–34.
21. Trukhin Yu.P., Stepanov V.A., Sidorov M.D. *Kamchatskaya nikelenosnaya provintsia* (Nickel the province of Kamchatka) // DAN RF. 2008. Vol. 418. no 6. pp. 802–806.