

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ВИСМУТА И СЕРЕБРА  
В РУДАХ И КОНЦЕНТРАТАХ НИКОЛАЕВСКОГО СКАРНОВО-  
ПОЛМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ДАЛЬНЕГОРСК, ПРИМОРЬЕ)**

**Л.И. Рогулина\*, В.А. Кропотин\*\*, Е.Н. Воропаева\***

*\*Институт геологии и природопользования ДВО РАН*

*675000, г. Благовещенск, пер. Релочный, 1*

*E-mail: rogulina@mail.ru*

*\*\*ОАО ГМК Дальполиметалл*

*692442, г. Дальнегорск, пр-т 50 лет Октября, 93*

*Поступила в редакцию 30 октября 2006 г.*

Николаевское скарново-полиметаллическое месторождение расположено в Восточно-Сихотэ-Алинском вулканогенном поясе, в пределах Дальнегорского рудного района Приморья, известной серебро-полиметаллической, оловянно-полиметаллической и боросиликатной минерализацией. Основную экономическую значимость района составляют скарново-полиметаллические месторождения, из которых Николаевское – наиболее крупное. Сульфидное оруденение наложено на основную скарновую залежь Восток-1, расположенную на глубине 700-1300 м от поверхности, и «глыбовые», образованные в результате частичного или полного замещения крупных обломков известняков, на расстоянии 100-200 м выше основной. Рудные залежи имеют сложное внутреннее строение и состоят из зон, отличающихся по минеральному составу, содержанию основных и попутных компонентов (редких элементов). Исследованиями установлено распределение серебра, висмута, селена, таллия, индия и кадмия (РЭ) в различных минералах, типах руд и рудных телах Николаевского месторождения. Главным минералом-концентратором Ag, Bi, Te, Se, Tl является галенит, а In и Cd – сфалерит. В кварц-карбонат-сульфидных рудах, расположенных на верхних горизонтах скарновых рудных тел и в целом месторождения, содержание РЭ в 2 и более раз выше, чем в сульфидно-геденбергитовых, слагающих нижние горизонты оруденения. Статистически установлена геохимическая ассоциация висмута с серебром, теллуrom, селеном для верхнего, а висмута со свинцом – для нижнего горизонта скарновых рудных тел. Проведен анализ поведения элементов в технологическом процессе и возможность их комплексного извлечения. Свинцовый концентрат характеризуется значительным содержанием Ag, Bi, Se, Te; цинковый – In, Cd, Ag.

Ключевые слова: *скарны, руда, минералы, серебро, висмут, селен, теллур, индий, кадмий.*

**THE DISTRIBUTION OF RARE ELEMENTS, BISMUTH, SILVER IN ORES  
AND CONCENTRATES OF NIKOLAEVSKOE SKARN-POLYMETALLIC DEPOSIT  
(DALNEGORSK, PRIMORYE)**

**L.I. Rogulina\*, V.A. Kropotin\*\*, E.N. Voropaeva\***

*\*\*Institute of Geology and Nature Management, Far East Branch of RAS*

*\*\*JSC «Dalpolimetal»*

The Nikolaevskoe skarn-polymetallic deposit is situated at the East-Sikhote-Alin volcanic belt within of Dalnegorsky ore region, well-known with silver-polymetallic, tin-polymetallic and borosilicate mineralization. Skarn-polymetallic deposits are of particular concern in the region, and the Nikolaevskoe deposit is the biggest among them. Sulfide mineralization juxtaposes on the main skarn body Vostok-1, situated at the depth of 700-1300 m from the surface, and on the «block» ore bodies formed as a result of partial and full substitution of big limeclasts situated at 100-200 m upper the main skarn body. Ore bodies have a complex internal structure and consist of different mineral zones. The distribution of silver, bismuth, tellurium, selenium, thallium, indium and cadmium in different minerals, types of ores and ore bodies of the Nikolaevskoe deposit was determined. Galena is the main mineral-concentrator

of Ag, Bi, Te, Se and Tl, and sphalerite contains In and Cd. In quartz-carbonate-sulphide ores, which situated at the upper levels of the skarn ore bodies and whole deposit, the content of rare minerals is twice and more higher than in sulfide-hedenbergite ores, on the bottom levels of mineralization. The geochemical association of bismuth with silver, tellurium and selenium in the upper level of skarn ore bodies and bismuth with lead in the bottom level of them was statistically determined. The behavior of components in technological process and opportunity of their complex extraction was thoroughly analyzed. Lead concentrate is characterized by considerable content of Ag, Bi, Se and Te; and zinc one by In, Cd, Ag.

Key words: *skarn, ore, minerals, silver, bismuth, selenium, thallium, indium, cadmium.*

Николаевское скарново-полиметаллическое месторождение расположено в пределах Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса Дальнегогорского рудного района Приморья, известного своей серебро-полиметаллической, оловянно-полиметаллической и боросиликатной минерализацией. Основную экономическую значимость района составляют скарново-полиметаллические месторождения, наиболее крупное из которых – Николаевское является одним из основных источников минерального сырья для ОАО ГМК «Дальполиметалл». До недавнего времени на баланс этого предприятия ставилось только серебро, извлекаемое в свинцовый концентрат. При этом предполагалось, что серебро на 90 % коррелирует с галенитом и изоморфно входит в его кристаллическую решетку. Однако при подсчете запасов нами установлено, что в свинцовый концентрат попутно извлекается только 69 % Ag, а около 23 % уходит в цинковый концентрат. Парный коэффициент корреляции Pb-Ag составил 0,70, при уровне значимости 0,2 [Рогулина, 2002].

В данном исследовании нами изучен уровень концентраций и закономерности распределения ряда халькофильных элементов (Se, Te, In, Cd, Ag, Bi и др.) в рудных телах и концентратах Николаевского месторождения с целью оценки возможности их попутного извлечения. Концентрации элементов определены методами химического анализа в лабораториях Приморского геологического управления, Хрустальненского ГОКа и Тульского отделения ЦНИГРИ с чувствительностью:  $10^{-3}$  % для селена, теллура, висмута;  $2-3 \times 10^{-4}$  % для таллия, индия, серебра;  $10^{-2}$  % для кадмия. Всего проанализировано 712 групповых, 400 мономинеральных и 16 минералогических проб. При статистической обработке результатов анализа использовалась программа «Геохимия-1».

Скарново-полиметаллические месторождения Дальнегогорского рудного района, в том числе изученное нами Николаевское месторождение в его северной части, парагенетически связаны с поздними фациями гранитоидов дальнегогорского вулканно-плутонического комплекса [Баскина, 1982]. Для них характерна схожесть вещественного состава руд и скарнов, текстурно-структурные особенности и условия образования [Добровольская, 1993]. Многочисленные исследователи месторождений (Л.Н. Хеччиков, М.Г. Руб, Ф.И. Ростовский, М.А. Фаворская, Л.И. Храмцова, С.П. Гарбузов, Л.И. Рогулина, М.Г. Добровольская, В.В. Раткин, Н.Н. Мозгова, Р.Н. Томсон, В.А. Баскина и др.) единодушны в том, что свинцово-цинковое оруденение наложено на скарны, являясь в то же время единой рудно-метасоматической системой, образованной вследствие поступления гидротермальных растворов (горячих мантийных струй) в рудоконцентрирующие системы нарушений [Добровольская, 1990; Баскина, 2005]. Основным минералом скарнов является геденбергит. В подчиненном количестве присутствуют гранат, волластонит, ильваит, аксинит и сульфиды – галенит, сфалерит, реже арсенопирит, халькопирит, пирротин, пирит и станин.

На Николаевском месторождении сульфидное оруденение наложено на основные пластообразные (плащеобразные) скарновые залежи Восток-1 и Харьковская, расположенные на глубине 700-1300 м от поверхности, а также на «глыбовые» залежи (Шокуровская, Сафроновская, Марьевская, Жерловая), залегающие гипсометрически на 100-200 м выше. Последние образованы в результате частичного или полного замещения скарнами крупных обломков известняков. Выделены три минералогических типа свинцово-цинковых руд – сульфидно-геденбергитовые, кварц-карбонат-сульфидные,



Содержание элементов-примесей в минералах Николаевского месторождения

Наименование минерала	г/т								мас. %	
	In	Se	Te	Tl	Ag	Ga	Ge	Cd	Bi	Sn
Сфалерит	55,2/154	4,4/133	3,0/138	0,6/61	49,1/20	1,1/25	2,2/95	3033/130	0,01/46	0,36/30
Галенит	5,1/90	25/101	36,9/104	2,3/45	1799,3/27	1,05/21	4,0/59	55,4/26	0,16/77	0,016/5
Пирротин	4,9/40	5,1/43	2,6/43	0,6/19	114/10	0,9/4	1,6/21	56,7/12	0,01/10	—
Халькопирит	52/15	3,2/15	1,7/16	0,5/1	—	—	0,5/4	90/2	0,008/1	—
Пирит	3,4/11	19,1/14	5/14	0,5/1	14,3/1	1,2/2	1,3/7	23/3	0,01/1	—
Арсенопирит	2,3/3	64,8/2	2,5/2	0,5/1	47,7/2	—	3/1	36,6/3	0,025/1	—
Геденбергит	3,2/23	6,8/24	2,5/24	0,8/13	69,1/5	3,5/11	11,9/16	35,4/11	0,009/13	—
Кварц	3,7/14	3,8/10	2,6/10	1/4	11,4/1	1/1	2,6/7	35/1	0,003/3	—
Кальцит	4,1/8	6,2/7	2,2/7	0,5/1	—	—	0,7/3	20/3	0,0025/4	—
Ильваит	6/1	7/1	1/1	—	—	—	—	—	—	—
Флюорит	4/1	2,5/2	32/2	—	—	—	4,5/2	—	—	—
Стильпноmelан	10,6/3	2,5/3	3,5/3	—	—	—	33/1	—	—	—

Примечание. В числителе – среднее содержание, в знаменателе – количество проанализированных проб; прочерк – содержание элемента ниже предела чувствительности анализа.

ренно измененного скарна. В этих участках, содержащих также 3,5-5,5 % MnO и 15,0-18,5 % FeO, минералы скарнов замещены стильпноmelаном, гизингеритом, амфиболами, хлоритом, серицитом, кварцем, карбонатами, которые составляют 30-70 % объема руды. Развиты текстуры метасоматического замещения, преобладают вкрапленные [Исаенко, 1975]. Осаждение сульфидов, следовательно, происходит на фоне выщелачивания скарнов и нейтрализации гидротермального раствора.

**Кварц-карбонат-сульфидные руды** занимают 15-20 % от общего объема руды на месторождении. Они развиты на границе скарнов с алюмосиликатными породами (туфы риолитов) в верхней части основной рудной залежи Восток-1 и слагают более 50 % «глыбовых» рудных тел. Преобладают пятнистые и вкрапленные текстуры руд, реже встречаются массивные. Содержание геденбергита колеблется от 1 до 5 %, кварца и карбоната – от 10 до 80 %. Сульфиды средне- и крупнокристаллические, отмечаются хорошо образованные друзовидные кристаллы в минерализованных полостях. Содержание свинца и цинка в рудах варьирует от 0,3 до 15 % (чаще около 10 %). Несколько повышенные содержания полезных компонентов в кварц-карбонат-сульфидных рудах объясняются их обогащением за счет частичного перетложения из зон выщелачивания нижерасположенных сульфидно-геденбергитовых руд.

**Сульфидные руды** массивной текстуры образуют гнезда и линзы мощностью 2-20 м

среди тел сульфидно-геденбергитовых и, реже, кварц-карбонат-сульфидных руд, составляя 3-5 % их объема. Наблюдаются постепенные переходы сульфидных руд в геденбергит-сульфидные, реже их контакты резкие. Мы полагаем, что массивные руды отлагались в пустотах (полостях), образованных в результате растворения скарновых минералов, или в тектонических трещинах. В этом случае осаждаются все переыщающие гидротермы минералы, чем и объясняется их полифазность [Коржинский, 1993]. Сульфиды составляют до 70 % объема руды и представлены средне- мелкокристаллическими галенит-сфалеритовыми и халькопирит-галенит-сфалеритовыми агрегатами. Содержание свинца и цинка изменяется от 10-15 % до 30-40 %. Учитывая то обстоятельство, что сульфидные руды составляют незначительный процент в общем объеме руд, распределение редких элементов в них не изучалось.

Оптическими методами и рентгеноспектральным микроанализом в рудах выявлены собственные минералы Ag, Bi, Te – самородное серебро, аргентит, пираргирит, прустит, фрейбергит, самородный висмут, висмутин, галенобисмутит, матильдит, теллуrowисмутит, гессит. Можно предположить также присутствие в них минералов индия и селена, на что указывает неравномерный характер распределения этих элементов в рудах и минералах, а также значительные потери при обогащении – в отвал уходит 40,8 % In и 63,9 % Se. Наиболее распространены минералы серебра, в меньшей степени –

Среднее содержание РЭ в минералах-концентраторах различных минералогических типов руд

Элементы	г/т						
	Ag	Bi	Se	Te	Tl	In	Cd
Типы руд	В галените					В сфалерите	
Сульфидно-геденбергитовый	650,0	280,0	10,8	7,4	1,2	51,0	3002,0
Кварц-карбонат-сульфидный	2078,0	332,0	40,8	58,8	3,0	72,4	3093,0

Примечание. Данные приведены по результатам химического анализа.

минералы висмута и теллура. Общим для всех вышеперечисленных минералов является чрезвычайно мелкий размер их частиц (1-2 мкм). Минералы серебра встречаются часто и образуют микровключения в галените, сфалерите и халькопирите. Минералы висмута и теллура в виде включений в галените обнаруживаются реже, вероятно из-за чрезвычайно мелких их размеров. Можно предположить, что наиболее крупные включения минеральных фаз Bi и Te образованы при перераспределении их мелких частиц в процессе перекристаллизации галенита. По-видимому, в связи с этим минералы Te и Bi нередко наблюдаются по направлениям плоскостей спайности и в межзерновом пространстве агрегатов перекристаллизованного галенита кварц-карбонат-сульфидной ассоциации. Характерно, что минералы Bi и Ag установлены во всех скарново-полиметаллических месторождениях Дальнегорского рудного района и представлены теми же минеральными фазами. В частности, в рудах Больничной залежи Партизанской группы месторождений впервые отмечены микровключения висмутсодержащего фрейбергита (12,4-12,7 % Ag, 1,1-1,6 % Bi) в клейофане [Коренева, Колесников, 1987]. Позднее, включения фрейбергита в сфалерите, а также минералы висмута были обнаружены в других скарновых рудных телах этого месторождения [Симоненко, 1998].

Основные закономерности распределения редких элементов в минералах и типах руд следующие: 1) основным минералом-концентратором Ag, Bi, Se, Te и Tl является галенит, кроме того, серебро концентрируется в сфалерите, а Se – в арсенопирите; 2) Bi в количествах до 10 г/т концентрируется в сфалерите, пирротине; 3) носителем In и Cd является сфалерит (табл. 1); 4) в галените и сфалерите кварц-карбонат-сульфидных руд содержания Ag, Bi, Se,

Te, Tl и In выше, чем в сульфидно-геденбергитовых; 5) Cd в рудах распространен сравнительно равномерно (табл. 2).

Приведенные данные по распределению РЭ в различных минералогических разновидностях руд месторождения отражают стадийность рудообразования. В галените поздней стадии рудообразования (кварц-карбонат-сульфидной) содержание Ag, Se, Te, Tl в 3 и более раз выше, чем в раннем галените из сульфидно-геденбергитовых руд. Эта зависимость проявлена наиболее ярко для Te и Se в галените залежей верхних горизонтов месторождения. В раннем сфалерите содержание In гораздо ниже, чем в позднем сфалерите. Среднее содержание Cd в сфалеритах разных генераций сопоставимо.

Химический анализ 130 проб сфалерита, отобранных из различных рудных тел и руд, показал, что содержание Cd в нем варьирует от 2800 до 3400 г/т (среднее 3033 г/т). Отсутствие самостоятельных минералов этого элемента и относительно равномерное его распределение позволяет говорить об изоморфной примеси Cd в сфалерите. Среднее содержание In в сфалерите – 55,22 г/т, халькопирите – 52,0 г/т, руде – 6,0 г/т. Химический анализ 54 мономинеральных фракций сфалерита показал следующий средний состав: Zn – 50-56 %, Pb – 1,47 %, Sb – 0,36 %, Fe – 16,5 %, Mn – 0,19 % Cu – 0,8 %, S – 33,4 %. В сфалерите концентрируется 65 % In, 87 % Cd, 13 % Ag, и 6 % Bi.

Содержание Ag в галените сильно варьирует – от 57 до 5791 г/т (среднее 1733,3 г/т), что указывает на крайне неравномерное распределение микровключений серебросодержащих минералов. В галените также концентрируются Se (от 1 до 330 г/т, среднее – 25,0 г/т) и Te (от 2,5 до 400 г/т, среднее – 36,9 г/т). Значительные колебания содержания Te и Se в галените косвенно указывают на наличие самостоя-

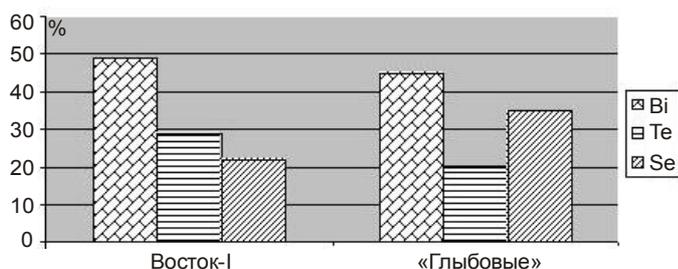


Рис. 2. Соотношение Bi, Se и Te в рудных телах Восток-I (горизонт –320 м) и «глыбовых» (горизонт –220 м).

тельных фаз этих элементов, хотя последние пока не обнаружены. Химический состав галенита по имеющимся анализам не однороден: Pb – 85,6 %, Bi – 0,95 %, Ag – 0,47 %, Se – 0,06 %, S – 13,4 % (аналитик В.С. Малов, ИГЕМ РАН, MS-46 Cameca); Pb – 78,59 %, Bi – 2,49 %, Ag – 4,33 %, As – 1,39 %, S – 14,1 % (аналитик В.И. Сапин, ДВГИ ДВО РАН, JXA-5A). В нем зафиксирована фаза с содержанием серебра 89,9 %, видимо самородное серебро. Расчет баланса распределения РЭ по минералам показал, что с галенитом связано 69 % Ag, 56 % Bi, 34 % Te, 15 % Se. Наиболее обогащены этими элементами галениты залежи Шокуровской, расположенной в центральной части месторождения на верхнем горизонте (–220 м) и сложенной кварц-карбонат-сульфидными рудами, что может говорить об их наибольшей близости к подводющему рудному каналу.

Статистическая обработка результатов химического анализа проб галенита и сфалерита из различных горизонтов месторождения выявила ведущие геохимические ассоциации элементов: Pb-Zn-Cd с высокими парными коэффициентами корреляции (0,90-0,86) и Cu-Ag-Bi со значимыми – (0,56-0,30). Элементами-антагонистами с высокой отрицательной связью (–0,75) являются Ag и Cd, привнесенные, вероятно, одновременными минерализующими растворами. Для нижнего горизонта рудных тел характерна тесная геохимическая ассоциация Pb-Bi, для верхнего – Ag-Bi, что подтверждается минераграфическими исследованиями. В галенитах геденбергит-сульфидных руд, распо-

ложенных на значительной глубине, чаще отмечается галенобисмутит, а в кварц-карбонат-сульфидных, слагающих «глыбовые» рудные тела, – матильдит. Наиболее значимая корреляционная зависимость РЭ в галените установлена между парами: Bi-Te (0,86), Bi-Se (0,85), Ag-Bi (0,75) и меньше – Ag-Te (0,56). В то же время все эти элементы имеют отрицательную значимую связь со свинцом, что указывает, вероятно, на наличие самостоятельных фаз этих элементов, а также их разностадийность с минералом-концентратором.

Оценка значимости парного коэффициента корреляции и дендрограммы кластер-анализа выделяет одну из ведущих ассоциаций в рудах: Ag-Bi-Te. О близости поведения Te, Bi и Se в рудах свидетельствует сходство диаграмм их распределения в рудных телах, построенных по результатам химического анализа групповых проб, из которых также видно, что содержание селена резко увеличивается в верхних частях месторождения (рис. 2).

Анализ содержания редких элементов в руде и продуктах обогащения минералого-технологических проб (табл. 3) показал, что цинковый флотационный концентрат обогащен In и Cd. Экономически выгодными для извлечения In из цинковых концентратов Дальнего Востока являются содержания 30,2-32,5 г/т (методические рекомендации ВИМЭС, 1981). Содержание этого элемента в Николаевском месторождении выше указанных значений – 62,6 г/т. Дополнительная возможность извлечения из цинкового концентрата также Ag и Bi повыша-

Таблица 3

Содержание РЭ в руде и продуктах обогащения

Элементы	г/т					
	In	Cd	Se	Te	Ag	Bi
Руда	7,5	213,4	6,0	3,8	91,8	10,0
Свинцовый концентрат	5,9	170,0	28,0	30,0	1444,5	110,0
Цинковый концентрат	62,6	2930,0	3,3	3,2	80,1	40,0
Отвальные хвосты	5,0	8,0	2,8	2,5	5,9	1,0

Примечание. Данные приведены по результатам химического анализа.

ет его рентабельность. Свинцовый концентрат характеризуется значительным содержанием Ag, Bi, а также концентрирует Se, Te. Содержание Ag в галените выше, чем в свинцовом концентрате, а в сфалерите ниже, чем в цинковом, следовательно, часть серебросодержащих минералов при существующей схеме обогащения уходит в цинковый концентрат. Сравнение результатов анализа продуктов технологической переработки с анализами мономинеральных фракций показало, что в галените содержание висмута выше, чем в соответствующем концентрате. Следовательно, висмутсодержащие минералы при обогащении частично уходят в цинковый концентрат и отвальные хвосты. Извлечение РЭ из свинцового концентрата составило: Ag – 69 %, Bi – 82 %, Te – 32 %, Se – 24 %; из цинкового: Cd – 95 %, In – 57 %, Ag – 23 %, Se – 12 %. Таким образом, руды Николаевского скарново-полиметаллического месторождения являются комплексными.

### Выводы

Выявлена сложная картина распределения элементов в минералах, рудах, рудных телах Николаевского скарново-полиметаллического месторождения, обусловленная неравномерным развитием зон метасоматической колонки. В кварц-карбонат-сульфидных рудах, расположенных на верхних горизонтах скарновых рудных тел и в целом месторождения, содержание РЭ в 2 и более раз выше, чем в сульфидно-геденбергитовых, слагающих нижние горизонты оруденения. Установлена геохимическая ассоциация висмута с серебром, теллуrom, селеном для верхнего, а висмута со свинцом – для нижнего горизонта скарновых рудных тел.

Основная часть Ag, Bi, Te, вероятно также Se и In, в рудах присутствует в виде микровключений минералов этих элементов, а Cd в изоморфной форме – в сульфидах. Размер включений минералов редких элементов большей частью менее 1 мкм. Можно предположить, что более крупные микровключения в сульфидных минералах образовались в результате перекристаллизации последних. Главным минералом-

концентратом Ag, Bi, Te, Se, Tl является галенит, а In и Cd – сфалерит.

Полученные данные по распределению РЭ могут быть использованы при оценке перспектив скарнового оруденения на других подобных месторождениях. Извлечение их из руд и продуктов обогащения с использованием новых технологий является одной из задач комплексного освоения скарново-полиметаллических руд Дальнегорского рудного узла.

### Список литературы

- Баскина В.А.* Магматизм рудоконцентрирующих структур Приморья. М.: Наука, 1982. 251 с.
- Баскина В.А., Лебедев В.А., Томсон И.Н.* Внутриплитные вулканы в мезозойских складчатых толщах Сихотэ-Алиня // Докл. РАН. 2005. Т. 404. № 6. С. 788-792.
- Добровольская М.Г., Баскина В.А., Балашова С.П. и др.* Последовательность формирования руд и базитовые дайки Николаевского месторождения (Южное Приморье) // Геология рудных месторождений. 1990. Т. 32. № 1. С. 85-97.
- Добровольская М.Г., Балашова С.П., Заозерина О.Н., Голованова Т.И.* Минеральные парагенезисы и стадии рудообразования в свинцово-цинковых месторождениях Дальнегорского рудного района (Южное Приморье) // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 6. С. 493-519.
- Исаенко М.П.* Определитель текстур и структур руд. М: Недра, 1975. 230 с.
- Коренева (Роголина) Л.И., Колесников В.Н.* Некоторые минералого-геохимические особенности скарново-полиметаллического оруденения залежи Больничной (Дальнегорский рудный район) // Новые данные по минералогии Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. 164 с.
- Коржинский Д.С.* Основы метасоматизма и метамагматизма. М: Наука, 1993. 236 с.
- Роголина Л.И.* Использование вероятностно-статистического и корреляционного анализов при изучении геохимических связей в свинцово-цинковых рудах Николаевского месторождения (Дальнегорский район, Приморский край) // Вестник Амурского НЦ. 2002. Сер. 2. Вып. 3. С. 10-12.
- Симоненко Л.Ф.* Висмутовые и висмутсодержащие минералы в полиметаллических рудах Дальнегорского рудного района // Новые данные по магматизму и металлогении Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1998. 171 с.

*Рецензент доктор геол.-мин. наук В.В. Мурзин*