

УДК 550.8.053

**ЗОНАЛЬНОСТЬ МНОГОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КУМИРНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕРЕБРА (СЕВЕРНОЕ ПРИМОРЬЕ)****Ивин В.В., Медведев Е.И., Фатьянов И.И.***Федеральное агентство научных организаций, ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: Cage21@mail.ru*

В работе рассмотрены результаты минералого-геохимического изучения рудных зон Кумирного месторождения серебра (Приморский край), пространственно связанных с Малиновским позднемеловым-палеогеновым гранитоидным массивом. Для каждой рудной зоны были определены средние содержания элементов, полученные данные использовались при создании круговых диаграмм, анализ которых позволил выделить количественно преобладающие элементы (Ag, Au, Cu, Zn, Pb, Sn) и минеральные ассоциации для каждой из рудных зон. Дальнейшее сопоставление полученных результатов позволило выделить на территории месторождения три геохимических типа руд: олово-медно-серебряный (Sn-Cu-Ag), полиметалльно-серебряный (Zn-Pb-Ag) и золото-серебряный (Au-Ag). Особенностью первого является присутствие значительных количеств микровключений серебросодержащих минералов в халькопирите, второго – концентрирование основных количеств серебра в акантите, третьего – широкий спектр минеральных форм серебра. В размещении оруденения отмечается вертикальная и латеральная зональность. Вертикальная зональность выражена в развитии олово-медно-серебряного оруденения преимущественно на отметках 150–300 м, полиметалльно-серебряного – 300–500 м, золото-серебряного – выше 500 м. Латеральная зональность является следствием развития вертикальной: с возрастанием гипсометрических отметок от Малиновского массива со 150 м до 750 м в юго-западном направлении также отмечается последовательная смена геохимических типов руд.

**Ключевые слова:** серебро, золото, полиметаллы, олово, акантит, типизация, зональность**MINERALIZATION ZONING MNOGOMETALNOGO KUMIRNOE SILVER DEPOSIT (NORTHERN PRIMORYE)****Ivin V.V., Medvedev E.I., Fatyanov I.I.***Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: Cage21@mail.ru*

Kumirnoe silver deposits are spatially associated with Malinowski Late Cretaceous-Paleogene granitoid massifs, characterized poly-metal mineralization. It is indicative that of poorly and moderately-sulphide mineralization – the presence of cassiterite and native gold. Provided three geochemical types of ores: tin-silver-copper (Sn-Cu-Ag), silver-polymetal (Zn-Pb-Ag) and gold-silver (Au-Ag). A feature of the first is the presence of significant amounts of silver micro-minerals chalcopyrite, the second – the concentration of major amounts of silver in the acanthus, the third – a wide range of mineral forms of silver. The placement of mineralization observed lateral and vertical zonation. Vertical zonation is expressed in the development of tin-copper-silver mineralization primarily at elevations of 150–300 m, silver-polymetal – 300–500 m, gold-silver – above 500 m. Lateral zoning is a consequence of the vertical: with increasing hypsometric marks from Malinowski array from 150 m to 750 m in the south-west also noted a succession of geochemical ore types.

**Keywords:** silver, gold, polymetal, tin, typification, zoning

Кумирное месторождение серебра расположено в северной части Приморского края, по содержанию основного полезного компонента (серебра) является одним из наиболее перспективных и малоизученных объектов. Исследования минералого-геохимического состава рудных зон месторождения (отбор проб из рудных тел и вмещающих их пород, шлиховое опробование протолокчек) проводилось во время проведения полевых работ 2011–2012 гг. на площади месторождения из серии рудных тел, вскрытых разведочными канавами и расчистками. В них помимо основного компонента серебра обнаружены: олово, медь, цинк, свинец и золото. Многометалльность оруденения является характерной особенностью месторождения, в связи с чем основной целью данной работы является выявление мине-

ралого-геохимической и пространственной зональности в размещении минерализации на территории месторождения. Зональность благороднометалльного оруденения является характерным признаком многих гидротермальных месторождений [1, 4–6], исследования пространственного распределения минералого-геохимических типов руд на Кумирном месторождении откроют дополнительные перспективы для выявления новых геохимических типов руд и позволят наметить перспективные участки поисковых работ, а возможно, и обнаружения новых типов золотого оруденения на его территории.

**Геологическое строение месторождения**

Кумирное месторождение входит в состав Нижнетаежного рудного узла, располо-



Химический состав сербросодержащих минералов Кумирного месторождения (мас. %)

Рудные зоны	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Sn	Ag	Au
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Неясная	14,70	–	–	–	–	–	22,88	19,60
Знойная	16,87	–	–	–	–	2,43	73,76	–
Зона № 2	–	–	–	–	–	–	1,24	98,49
Зона № 2	–	–	–	–	–	–	78,62	20,63
Кумирная	12,29	0,30	–	–	–	–	85,50	–
Водораздельная	13,04	0,50	–	–	–	–	84,04	–
Заманчивая	21,22	3,50	15,7	3,80	0,21	–	28,98	–
Заманчивая	20,71	4,50	14,4	2,30	–	–	34,35	–
Кумирная	17,23	–	–	–	–	0,82	59,36	1,89
Кумирная	15,20	–	0,16	–	–	–	69,49	–

Окончание таблицы							
Sb	As	Ge	Se	Te	In	S	Минерал
10	11	12	13	14	15	16	17
40,37	–	–	–	–	–	97,54	Матильдит
–	–	6,10	–	–	–	99,19	Аргиродит
–	–	–	–	–	–	99,73	Золото
–	–	–	–	–	–	99,25	Электрум
–	0,48	–	0,50	–	–	99,66	Акантит
–	–	1,40	–	–	–	98,95	Акантит
26,62	0,67	–	–	0,10	–	100,78	Фрейбергит
24,63	–	–	–	–	–	100,88	Фрейбергит
20,05	–	–	0,13	–	–	99,50	Пираргирит
13,61	1,47	–	0,55	–	–	100,48	Стефанит

Примечание. Составы минералов определялись на рентгеноспектральном микроанализаторе JEOL JXA – 8100 в лаборатории рентгеновских методов исследований в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН (аналитик Г.Б. Молчанова). – элемент не обнаружен.

### Минералого-геохимическая характеристика рудных зон

На месторождении известно 19 рудных зон северо-западной, реже субширотной ориентировки протяженностью до 1,5 км, мощностью до 15 м. Исследования образцов из рудных зон Кумирного месторождения проводились в центре коллективного пользования Дальневосточного геологического института (ЦКП ДВГИ ДВО РАН). Образцы распиливались, а затем из них были сделаны серии рудных аншлифов и шлифов. Полученные материалы исследовались на микроскопе фирмы CARL ZEISS – AXIOPLAN 2. Составы выделенных из протолочек горных пород сульфидных, сульфосольных, в том числе впервые установленных сербросодержащих минералов, а также самородного серебра и золота выполнялись на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-8100 (аналитик Г.Б. Молчанова). В результате проведенных исследований выяснилось следующее.

Зоны состоят из серии крутопадающих сложноветвящихся серицит-гидрослюди-сто-кварцевых жил, осевые части которых нередко сложены полупрозрачным кварцем, иногда гребенчатого строения. Руды относятся к мало- и умеренносурьфидному типу. Прожилково-вкрапленная минерализация распространена весьма неравномерно, в отдельных частях жил доля рудных минералов может достигать 20%. Зоны, по данным ОАО «Приморгеология», сопровождаются геохимическими ореолами, состоящими из Ag, Cu, Zn, Pb, Sn, Au, Sb, As, Bi, Mo, Mn, Cr, Ni, V, Cd, Te, Se, Ga, Ge.

Рудные минералы представлены сульфидами, сульфосолями, благородными металлами и оксидами. Сульфиды – пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, акантит, матильдит, аргиродит, канфильдит; сульфосоли – фрейбергит, пираргирит, полибазит, стефанит; благородные металлы – самородные серебро, золото и их интерметаллические соединения (кюстелит, электрум);

оксиды – касситерит, магнетит, гематит. В таблице приводится химический состав некоторых серебросодержащих минералов.

Промышленную значимость руд месторождения определяет серебро-акантит-сульфосольная ассоциация. Ниже приводится краткая характеристика некоторых серебросодержащих минералов продуктивной ассоциации.

Акантит – основной серебросодержащий минерал рудных зон Кумирного месторождения. Он ассоциирует с пиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, иногда образует в них мелкие микровростки или их замещает. Особенно показательно замещение акантитом ромбовидных зерен арсенопирита с образованием псевдоморфоз. Его сростания с сульфосолями серебра свидетельствуют о длительном периоде кристаллизации минерала. Отмечаются как близсинхронные с пираргиритом и полибазитом, так и более поздние его выделения – в виде кайм вокруг сульфосолей с признаками их коррозии. Из элементов-примесей в составе акантитов зафиксированы Cu, Fe, Sb, As, Bi, Ge, Te, Se, Cd.

Аргиродит ассоциирует с акантитом и полибазитом, образуя в них микровключения, реже находясь в тесном с ними сростании. В одной из рудных зон в его составе обнаружены Sn и Ge (см. таблицу).

Пираргирит, как и акантит, является одним из основных минералов серебра. Приурочен к интерстициям и микротрещинам в кварце, что обусловило ксеноморфную форму его выделений, размер которых ко-

леблется от сотых долей до первых мм. Отмечается также в составе сложных полиминеральных агрегатов, состоящих из пирита, халькопирита, арсенопирита, галенита, сфалерита, фрейбергита, полибазита, стефанита, акантита, электрума. В пираргиритах обнаружены As, Cu, Fe, Zn, Se и Au.

Фрейбергит отмечается в сростаниях с другими сульфосолями серебра или образует мелкую вкрапленность ксеноморфных зерен в кварцевом матриксе. Реже наблюдается в виде тонких прожилков в полиминеральных скоплениях пирита, галенита, сфалерита и оторочек вокруг зерен сульфидов. Характер сростаний фрейбергита с другими минералами серебра показывает, что он является одним из ранних в серебро-акантит-сульфосольной ассоциации. В составе фрейбергита отмечен дефицит серы и присутствие As, Fe, Zn, Pb и Te.

Полибазит в кварцевом матриксе образует как мономинеральные выделения таблитчатой и интерстициальной формы, так и сростания с пираргиритом и акантитом. В его составе отмечаются Pb, Te и Se.

Стефанит присутствует в виде тонких прожилков в кварце в ассоциации с халькопиритом, акантитом и пираргиритом. В составе стефанита присутствуют Cu, As, Te и Se.

Самородное серебро в рудных телах представлено микровключениями в сульфидах. Размерность зерен колеблется от сотых до десятых долей миллиметра. В зоне гипергенеза встречается вторичное самородное серебро, ассоциирующее с гидроокислами железа.

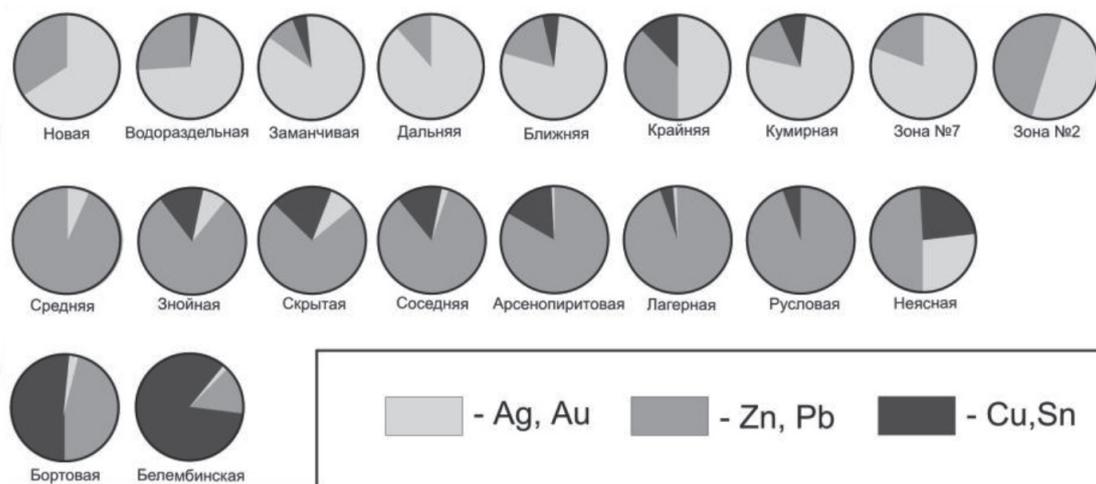


Рис. 2. Круговые диаграммы распределения рудопрофилирующих элементов в рудных зонах Кумирного месторождения, построены с помощью программного комплекса Matlab

Самородное золото в виде лапчатых, гребенчатых и комковидных форм размером от сотых до первых десятых мм, наблюдается в ассоциации с арсенопиритом и сульфосолями серебра. Его состав колеблется в широких пределах от низко- до высокопробных значений. В рудах присутствуют кюстелит и электрум. Средняя проба золота на месторождении –  $831 \frac{0}{00}$  [3].

**Типы руд и зональность их размещения на Кумирном месторождении**

Оруденение Кумирного месторождения, расположенного в бассейне руч. Носырев в юго-западном экзоконтактовом ореоле Малиновского гранитоидного массива. Минералого-геохимические исследования рудной минерализации позволили выделить шесть рудопрофилирующих элементов, определяющих металлогеническую специфику месторождения – Ag, Au, Cu, Zn, Pb, Sn. По данным геохимического опробования рудных зон, выполненного ОАО «Примгеология», нами рассчитаны средние содержания этих элементов в каждом рудном теле и построены круговые диаграммы их распределения. Анализ круговых диаграмм показал, что на месторождении проявлено три геохимических типа руд (рис. 2): олово-медно-серебряный (Sn-Cu-Ag), поли-

металльно-серебряный (Zn-Pb-Ag) и золото-серебряный (Au-Ag).

Наблюдается зональное размещение выделенных типов руд на площади месторождения. Рудные тела с олово-медно-серебряной (Sn-Cu-Ag) и полиметалльно-серебряной (Zn-Pb-Ag) минерализацией тяготеют к юго-восточному экзоконтакту Малиновского гранитоидного массива, а золото-серебряное (Au-Ag) оруденение располагается на периферии экзоконтактового ореола (рис. 3). Появление в поле золото-серебряного оруденения блока с полиметалльно-серебряной минерализацией связано с тектоно-магматическими процессами, приведшими к эрозионному срезу верхней (золото-серебряной) части рудной колонны.

Установленная последовательная смена геохимических типов руд от Малиновского массива в юго-западном направлении соответствует латеральной зональности, которая в свою очередь является отражением вертикальной, когда олово-медно-серебряная минерализация (Sn-Cu-Ag) на отметках 150–200 м в долине р. Таежной сменяется на полиметалльно-серебряную (Zn-Pb-Ag) на отметках 200–500 м, а затем вблизи водоразделов с отметками 500–700 м на золото-серебряную (Au-Ag).



Рис. 3. Зональное размещение многометалльной рудной минерализации в пределах Кумирного месторождения. 1 – четвертичные отложения; 2 – Малиновский гранитоидный массив (δ-γ К<sub>2</sub>-Р); 3 – тектонические нарушения; 4 – рудные тела; 5–7 – геохимические типы руд: 5 – олово-медно-серебряный (Sn-Cu-Ag); 6 – полиметалльно-серебряный (Zn-Pb-Ag); 7 – золото-серебряный (Au-Ag)

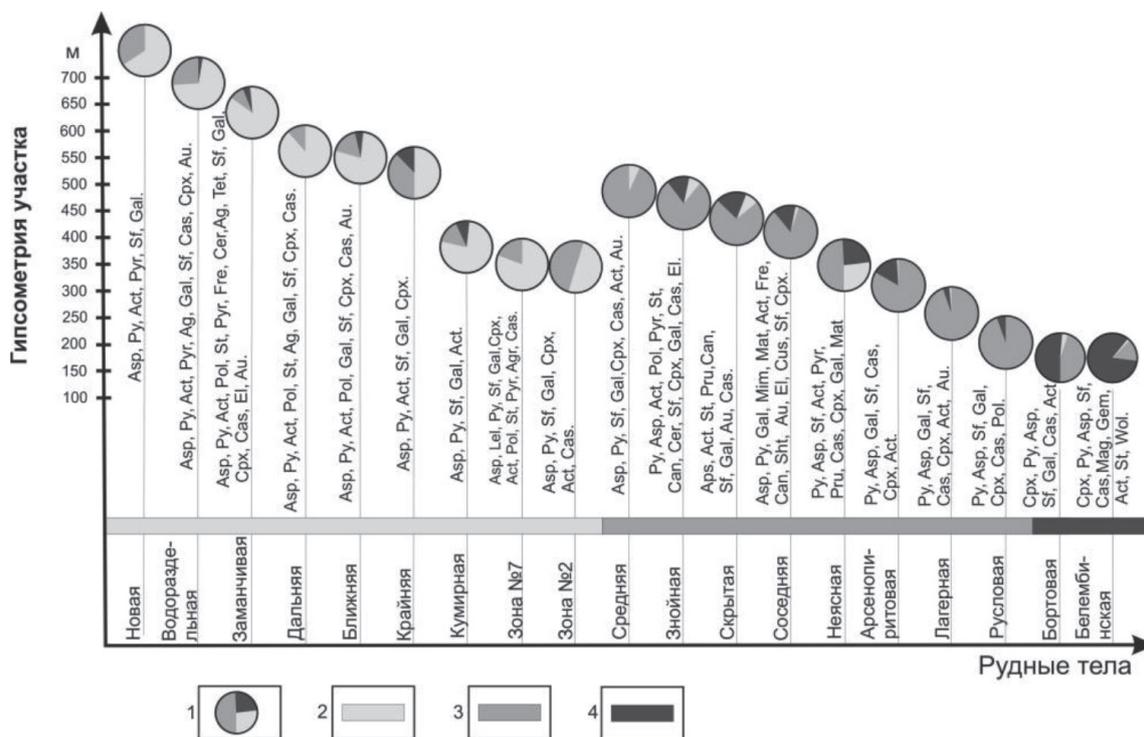


Рис. 4. Схема вертикальной зональности многометалльного оруденения на Кумирном месторождении. 1 – соотношение рудопрофилирующих элементов в рудных телах; 2–4 геохимические типы руд: 2 – золото-серебряный (Au-Ag), 3 – полиметалльно-серебряный (Zn-Pb-Ag), 4 – олово-медно-серебряный (Sn-Cu-Ag). Рудные минералы: Py – пирит, Pyr – пирротин, Mag – магнетит, Gem – гематит, Asp – арсенопирит, Lel – леллингит, Sf – сфалерит, Gal – галенит, Mat – матильдит, Cpx – халькопирит, Cas – касситерит, Wol – вольфрамит, Act – акантит, Pol – полибазит, St – стефанит, Pyr – пираргирит, Can – канфилдит, Cer – кераргирит, Fre – фрейбергит, Pru – прустит, Arg – аргиродит, Ag – самородное серебро, Au – самородное золото, El – электрум, Cys – кюстелит

Таким образом, на Кумирном месторождении серебра в 500-метровом интервале проявлена вертикальная геохимическая зональность оруденения (рис. 4). Установленное распределение многометалльной минерализации по вертикали рудной колонны в целом соответствует зональности на уникальном серебряном месторождении Гуанохуато [9, 10], однако вертикальный размах ее распространения значительно меньше.

### Заключение

Для Кумирного месторождения серебра характерна многометалльность оруденения. Выделено три геохимических типа руд: олово-медно-серебряный (Sn-Cu-Ag), полиметалльно-серебряный (Zn-Pb-Ag) и золото-серебряный (Au-Ag). В размещении многометалльного оруденения установлена вертикальная и латеральная зональность.

Вертикальная обусловлена развитием выделенных типов руд на различных гипсометрических уровнях: олово-медно-серебряного в интервале 150–300 м, полиметалльно-серебряного – 300–500 м, и золото-серебряного – 500–700 м. Латеральная зональность оруденения является отражением вертикальной, и смена типов руд связана с гипсометрическими отметками поверхности рудного поля, а также его блоковым строением.

### Список литературы

1. Гричук Д.В. Отношение Cd/Zn как индикатор вклада магматических флюидов в питание гидротермальных систем / Д.В. Гричук // Новые идеи в науках о Земле. – Москва: Изд-во МГУ, 2005. – Т. 2. – 83 с.
2. Ивин В.В., Родионов А.Н., Хомич В.Г., Симаненко Л.Ф., Борискина Н.Г. Геологическое строение и типы эндогенной минерализации Нижне-Тажского рудного узла (Приморье) / В.В. Ивин, А.Н. Родионов, В.Г. Хомич, Л.Ф. Симаненко, Н.Г. Борискина // Тихоокеанская геология. – 2006. – Т. 25, № 3. – С. 81–87.
3. Ивин В.В., Медведев Е.И. Минералого-геохимические особенности полиметалльно-олово-серебряного Ку-

мирного месторождения (Северное Приморье) // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8–5. – С. 1100–1106.

4. Константинов М.М., Варгулина Н.П., Косовец Т.Н. Минералого-геохимическая зональность золоторудных месторождений / М.М. Константинов, Н.П. Варгулина, Т.Н. Косовец // *Геология рудных месторождений*. – 1998. – № 1. – С. 20–34.

5. Рафаилович М.С., Алексеева Л.К., Алексеев В.А. Золотоносные метасоматические формации Казахстана. / М.С. Рафаилович, Л.К. Алексеева, В.А. Алексеев // *Уральский геологический журнал*. 2000. – № 5. – С. 41–83.

6. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А. Вертикальная метасоматическая зональность и ее значение для прогнозирования слепого оруденения и оценки перспектив обрабатываемых месторождений на глубину (на примере золоторудных и золотополиметаллических месторождений) / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, Ю.А. Поленов // *Литосфера*. – 2008. – № 1. – С. 77–89.

7. Степанов В.А. Металлогения золота Приморья / В.А. Степанов // *Вестник Амурского государственного университета*. Серия: естественные и экономические науки. – 2012. – № 59. – С. 112–119.

8. Хомич В.Г., Ивин В.В., Борискина Н.Г. Новые определения возраста (К-Аг метод) интрузивных образований Нижнетаежного рудного узла (Северное Приморье) / В.Г. Хомич, В.В. Ивин, Н.Г. Борискина // *Вестник ТГУ*. – 2010. – № 331. – С. 214–218.

9. Gross W.H. New Ore Discovery and Source of Silver-Gold Veins, Guanajato, Mexico // *Economic Geology*. – 1975. Vol. 70, P. 1175–1189.

10. Martínez-Reyes J.J., Camprubí A., Tonguç Uysal et al. Geochronology of Mexican mineral deposits. II: Veta Madre and Sierra epithermal vein systems, Guanajuato district // *5 Boletín Sociedad Geológica Mexicana*. – 2015. Vol. 67, № 2. – P. 349–355.