

УДК 550.8.053

## МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И ЗОНАЛЬНОСТЬ МНОГОМЕТАЛЛЬНО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ НИЖНЕ-ТАЕЖНОГО РУДНОГО УЗЛА (СЕВЕРНОЕ ПРИМОРЬЕ)

**Ивин В.В., Медведев Е.И., Фатьянов И.И.**

*ФАНО ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток,  
e-mail: Cage21@mail.ru*

В данной работе впервые для Нижне-Таежного рудного узла (НТРУ) (Приморский край) авторами представлены результаты минералогического и геохимического изучения перспективных участков на серебряное оруденение, на территории которых выявлено более 30 рудных зон с полиметалльно-серебряной минерализацией. Минералогически состав зон довольно разнообразен и представлен: Сульфидами (пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, аргентитом, акантитом), сульфосолями (стефанитом, фрейбергитом, пираргиритом, полибазитом, штрмейеритом) и самородными металлами (золотом и серебром). Металлогеническую специфику узла определяют шесть основных элементов – Ag, Au, Cu, Zn, Pb, Sn, их распределение в рудных зонах позволило установить три главных геохимических типа рудной минерализации: олово-медно-серебряный, полиметалльно-серебряный и золото-серебряный. На участке Кумирном в вертикальном интервале от 200 до 700 м вскрыты практически все геохимические типы рудной минерализации узла. Участок Кабаний характеризуется развитием полиметалльно-серебряной и золото-серебряной минерализации. На участке Сухой проявлено олово-медно-серебряное, полиметалльно-серебряное и золото-серебряное оруденение. На участке Левобережном преобладающим типом оруденения является полиметалльно-серебряный и олово-медно-серебряный. Положение участков рудного узла на различных гипсометрических уровнях позволило выявить вертикальную зональность в распределении геохимических типов руд. На нижних уровнях рудоносной колонны проявлена олово-медно-серебряная минерализация, выше размещается полиметалльно-серебряная и завершает вертикальную зональность золото-серебряная. В размещении оруденения установлена также латеральная зональность, являющаяся отражением вертикальной, обусловленная блоковым строением территории и различным уровнем эрозионного среза участков.

**Ключевые слова:** медь, серебро, полиметаллы, олово, руда, минерализация, уровень

## MINERAL -GEOCHEMICAL TYPESIZATION AND ZONALITY OF MULTIMETAL SILVER MINERALIZATION OF THE LOWER-TAIGA ORE CLUSTER (NORTHERN PRIMORYE)

**Ivin V.V., Medvedev E.I., Fatyanov I.I.**

*Far East Geological Institute Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy  
of Sciences, Vladivostok, e-mail: Cage21@mail.ru*

In this paper, for the first time for the Lower-Taiga ore cluster (LTOC) (Primorsky Krai), the authors present the results of mineralogical and geochemical study of promising areas for silver mineralization. On the territory, which revealed more than 30 ore zones with multimetal silver mineralization. Mineralogically, the composition of the zones is quite diverse and is represented by: Sulfides (pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, argentite, acanthite), sulfosalts (stephanite, freibergite, pyargyrite, polybasite, tromeyerite) and native metals (gold and silver). The six basic elements – Ag, Au, Cu, Zn, Pb, Sn – are determined by the metallogenic specificity of the unit; their distribution in ore zones allowed the establishment of three main geochemical types of mineralization ore: tin-copper-silver, polymetallic-silver and gold-silver. Almost all geochemical types of ore mineralization of the site have been discovered in the area of Kumirmoe in the vertical interval from 200 to 700 m. The Kabaniya site is characterized by the development of polymetallic silver and gold-silver mineralization. In the section Dry is shown tin-copper-silver, polymetallic-silver and gold-silver mineralization. On the Levoberezhny site, the predominant type of mineralization is polymetallic silver and tin-copper-silver. The position of the sections of the ore site at various hypsometric levels made it possible to reveal vertical zoning in the distribution of geochemical types of ores. At the lower levels of the ore-bearing column, tin-copper-silver mineralization is manifested, the polymetallic-silver mineralization is higher and the gold-silver zoning is completed. The lateral zoning is also established in the mineralization location, which is a reflection of the vertical zone, due to the block structure of the territory and different levels of erosion cut of the plots.

**Keywords:** copper, silver, polymetals, tin, ore, mineralization, level

Территория Приморского края РФ относится к одной из наиболее перспективных площадей для отработки собственно серебряных и полиметалльно-серебряных месторождений и рудопроявлений. Так, на его территории известно более 15 перспективных участков на серебро. В данной работе мы остановимся на одном из наименее из-

ученных и описанных в литературе Нижне-Таежном рудном узле. Рассмотрим детально его геохимическую, минералогическую характеристику и распределение в пределах узла. Нижне-Таежный рудный узел (НТРУ) расположен в прибрежной зоне Восточно-Сихотэ-Алиньского вулcano-плутонического комплекса (рис. 1). Площадь сложена

различными по составу, возрасту, эффузивными, пирокластическими, субвулканическими и интрузивными породами верхнего структурного этажа (верхний мел – палеоген). Отложения нижнего этажа известны севернее и представлены нижнемеловыми терригенными образованиями [1, 2].

В пределах узла выделены следующие рудоносные участки – Кумирный, Кабаний, Сухой и Левобережный, в которых установлено более 30 рудных зон преимущественно субмеридиональной, реже субширотной ориентировки с полиметалльно-серебряной минерализацией. Мощность этих зон от 0,5 до 20 м, протяженность от 250 м до 1500 м. Рудные зоны сложены кварцевыми жилами с сульфидной, сульфосолевой и благороднометалльной минерализацией. Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, аргентитом, акантитом, сульфосоли – стефанитом, фрейбергитом, пираргиритом, полибазитом, штроейеритом, благородные металлы – золотом и серебром [3–5].

#### Материалы и методы исследования

На основании минералого-геохимических исследований полиметалльных рудных зон авторами установлено шесть главных элементов указывающих на металлогеническую особенность узла – Pb, Zn, Au, Cu, Ag, Sn. Нами рассчитаны средние содержания этих элементов в рудных зонах перспективных участков – Кумирного, Кабаньего, Сухого и Левобережного. Полученные результаты применялись при создании круговых диаграмм, в которых учитывалось процентное соотношение рудных элементов. Интерпретация этих диаграмм указывает, что в пределах узла наблюдаются три основных геохимических типа минерализации: олово-медно-серебряный, полиметалльно-серебряный и золото-серебряный [6, 7]. Рассмотрим распределение геохимических типов руд на каждом из выделенных перспективных участков.

*Кумирный участок.* На площади участка выявлено 19 рудных зон преимущественно северо-западного, иногда субширотного направления протяженностью от 250 до 1500 м, мощностью от 0,5 до 20 м. Рудные зоны представлены сложными ветвящимися крутопадающими кварц-сульфидными (с серицитом и гидрослюдой) жилами участками, переходящими в зоны замещения, сравнительно простого строения и близсинхронным отложением различных сульфидов,

сульфосолей, оксидов и благородных металлов [6, 2]. Интерпретация диаграмм распределения рудопрофилирующих элементов указывает, что на участке проявлено три геохимических типа руд: олово-медно-серебряный, полиметалльно-серебряный и золото-серебряный.

*Участок Кабаний.* Большинство продуктивных рудных зон залегают среди пород приморской толщи. Рудные зоны представлены грейзенами, кварцевыми и кварц-лимонитовыми жилами и прожилковыми зонами, которые пространственно ассоциируют с Малиновским массивом. Среди них количественно преобладают грейзены, образующие многочисленные и часто сближенные зоны северо-западного и субширотного направлений. Рудная минерализация бедная. Кроме преобладающих пирита и арсенопирита в незначительных количествах отмечаются галенит, сфалерит, халькопирит, акантит и пираргирит, редко касситерит. Распределение рудопрофилирующих элементов на диаграммах позволило выделить два основных геохимических типа руд – полиметалльно-серебряный и золото-серебряный.

*Участок Сухой.* Основная часть продуктивных рудных зон и жил расположена среди вулканитов самаргинской толщи. Преобладают различные по протяженности и мощности зоны прожилкования, брекчирования и метасоматического окварцевания с убогой рудной минерализацией. Рудные минералы – пирит, халькопирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, пираргирит, акантит, фрейбергит и самородное серебро. Анализ распределения рудопрофилирующих элементов на диаграммах указывает, что полиметалльно-серебряный геохимический тип оруденения является основным в рудных зонах участка, в подчиненных количествах в рудах присутствуют золото-серебряный и олово-медно-серебряный типы.

*Участок Левобережный.* Здесь рудные зоны выявлены среди вулканитов приморской и богопольской толщ. Они представлены субширотными кварцевыми жилами сложного строения мощностью от 1 до 3 м. Рудные минералы – пирит, халькопирит, пирротин, арсенопирит, сфалерит, галенит, кестерит, фрейбергит, акантит, касситерит, самородное серебро. Анализ круговых диаграмм показал, что на участке Левобережном преобладают полиметалльно-серебряный и олово-медно-серебряный типы оруденения.

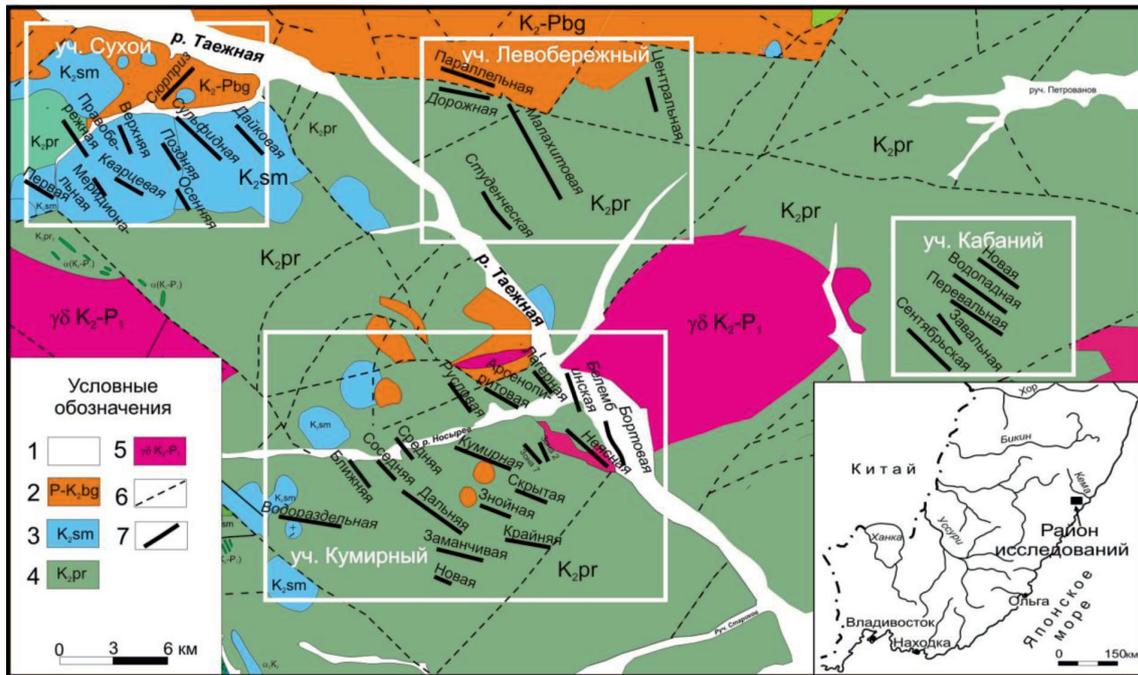


Рис. 1. Карта-схема геологического строения Нижне-Таежного рудного узла (по материалам АО «Дальневосточное ПГО»): 1) аллювиальные отложения, 2) богопольская толща (P-K<sub>2</sub>bg), 3) самаргинская толща (K<sub>2</sub>sm), 4) приморская толща (K<sub>2</sub>pr), 5) гранитоидные массивы (γδK<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>), 6) тектонические нарушения, 7) рудные тела

### Результаты исследования и их обсуждение

Эталонным для изучения зональности многометалльно-серебряного оруденения НТРУ является уч. Кумирный, где в вертикальном интервале от 200 до 700 м наблюдаются по существу все геохимические типы рудной минерализации. На уровне отметок 150–200 м зафиксированы олово-медно-серебряные и полиметалльно-серебряные типы оруденения (зоны Белембинская и Бортовая). Выше по вертикали вскрыты интервалы развития полиметалльно-серебряных руд на уровне 200–250 и 400–500 м, а золото-серебряные руды на уровне 250–350 и 500–700 м.

Таким образом, на участке установлена вертикальная зональность в размещении геохимических типов руд: на отметках 150–200 м – олово-медно-серебряного, 200–250 и 400–500 м – полиметалльно-серебряного, 250–350 и 500–700 м – золото-серебряного. Наличие двух интервалов развития полиметалльно-серебряного и золото-серебряного типов оруденения связано с различным уровнем эрозионного среза отдельных блоков НТРУ (рис. 2). Сходная вертикальная зональность оруденения отмечается и на участке Кабаньем. Здесь также фиксируется развитие

полиметалльно-серебряной минерализации на абсолютных отметках 50 и 250 м, а золото-серебряной – 150 и 350 м. На участке не выявлено олово-медно-серебряного оруденения (рис 3). Возможно, данный тип руд на участке Кабаньем еще не вскрыт эрозией.

Аналогичные признаки вертикальной зональности оруденения отмечены на участке Сухой. Здесь основным геохимическим типом является полиметалльно-серебряный, фиксирующийся во всем вертикальном диапазоне от 200 до 500 м. Слабо проявленные олово-медно-серебряный и золото-серебряный типы оруденения отмечены на уровне 200–220 м. Подобное положение геохимических типов оруденения в вертикальном диапазоне обусловлено блоковым строением участка (рис. 3).

На участке Левобережном руды золото-серебряного типа не обнаружены, вероятнее всего, они здесь денудированы (рис. 3). Преобладающим типом оруденения здесь является полиметалльно-серебряный, расположенный в интервале 320–650 м. Олово-медно-серебряная минерализация проявлена на отметках от 380 до 450 м. Положение геохимических типов минерализации соответствует вертикальной зональности, проявленной на вышеописанных участках НТРУ.

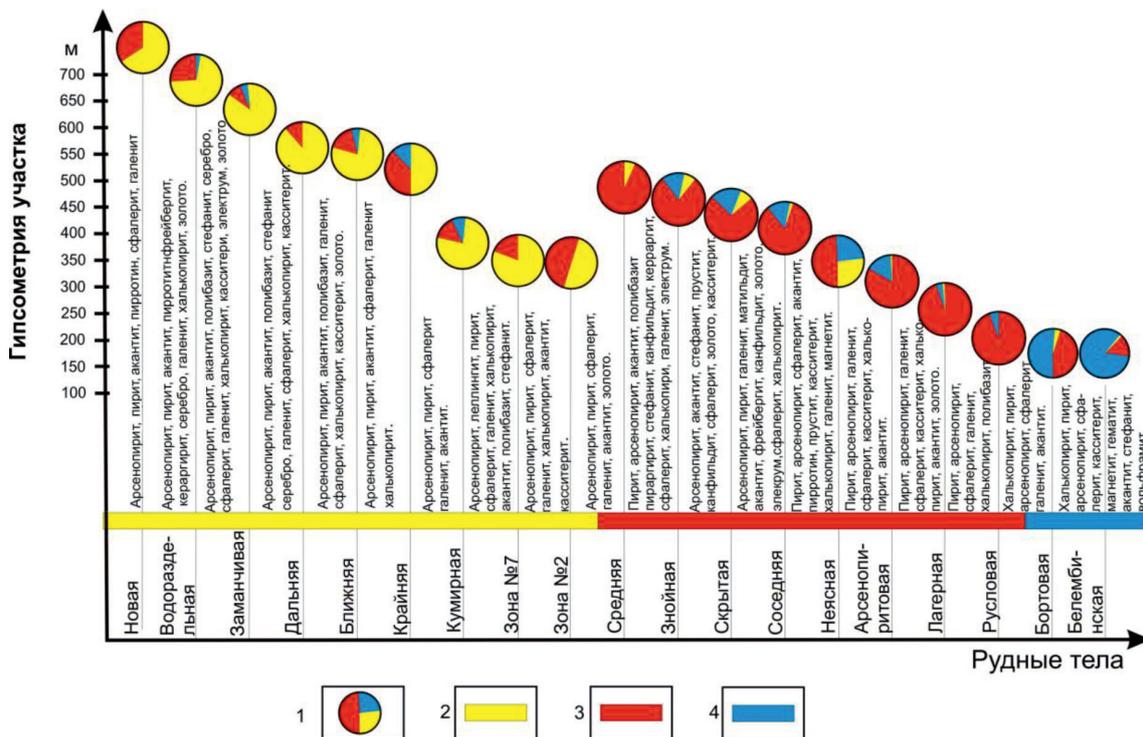


Рис. 2. Схема вертикальной зональности многометалльного оруденения на участке Кумирном: 1 – пропорция рудопрофилирующих элементов в рудных зонах; 2–4 – геохимические типы руд: 2 – золото-серебряный, 3 – полиметалльно-серебряный, 4 – олово-медно-серебряный

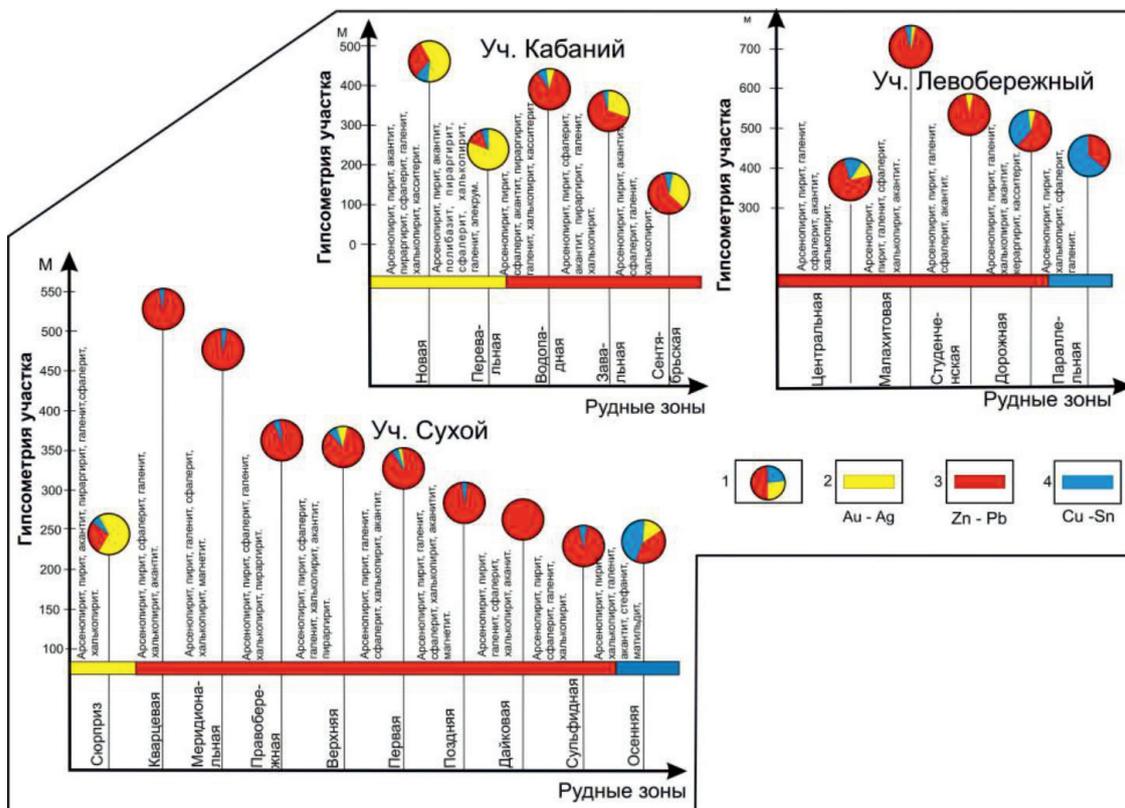


Рис. 3. Схема вертикальной зональности многометалльного оруденения НТРУ на участках Кабаньем, Левобережном и Сухом. Условные обозначения см. рис. 2

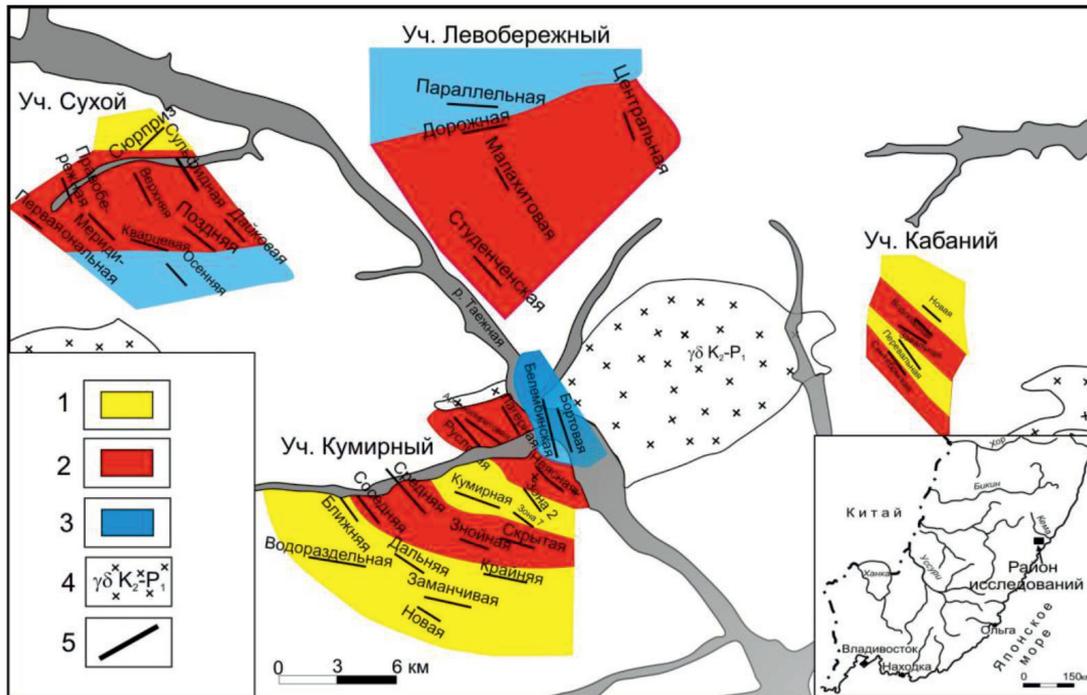


Рис. 4. Карта-схема латеральной зональности минералого-геохимических типов минерализации НТРУ. 1–3 – типы руд: 1) золото-серебряный, 2) полиметалльно-серебряный; 3) олово-медно-серебряный; 4) гранитоидные массивы ( $\gamma\delta K_2-P_1$ ); 5) рудные тела

Таким образом, в пределах НТРУ авторами установлена вертикальная зональность распределения геохимических типов оруденения. На нижних уровнях рудоносной колонны проявлена олово-медно-серебряная минерализация, выше размещается полиметалльно-серебряная и завершает вертикальную зональность золото-серебряная. В размещении оруденения установлена также латеральная зональность, являющаяся отражением вертикальной, обусловленная блоковым строением территории и развитием эрозионных процессов (рис. 4).

### Выводы

1. Минералого-геохимическими исследованиями многометалльных рудных зон НТРУ выделено шесть основных элементов (Ag, Au, Cu, Zn, Pb, Sn), определяющих металлогеническую специфику узла.

2. Анализ распределения основных элементов позволил выделить три геохимических типа руд: олово-медно-серебряный, полиметалльно-серебряный и золото-серебряный.

3. В распределении геохимических типов руд установлена вертикальная зональность. На нижних уровнях рудоносной колонны проявлена олово-медно-серебряная

минерализация, выше – полиметалльно-серебряная и завершает – золото-серебряная.

4. В размещении оруденения установлена латеральная зональность, являющаяся отражением вертикальной. Она обусловлена блоковым строением территории и развитием эрозионных процессов.

### Список литературы

1. Сидоров А.А. Рудные формации и металлогеническая зональность Тихоокеанского пояса / А.А. Сидоров // Тихоокеанская геология. – 2002. – Т. 21. – № 3. – С. 3–13.
2. Ивин В.В. Минералого-геохимические особенности полиметалльно-золото-серебряного Кумирного месторождения (Северное Приморье) / В.В. Ивин, Е.И. Медведев // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–5. – С. 1100–1106.
3. Степанов В.А. Металлогения золота Приморья / В.А. Степанов // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2012. – № 59. – С. 112–119.
4. Гричук Д.В. Отношение Cd/Zn как индикатор вклада магматических флюидов в питание гидротермальных систем / Д.В. Гричук // Новые идеи в науках о Земле. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – Т. 2. – 83 с.
5. Файзиев А.Р. Рудноформационные типы серебряных месторождений Таджикистана / А.Р. Файзиев, Ф.А. Файзиев // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2015. – № 3 (160). – С. 92–99.
6. Ивин В.В. Зональность многометалльного оруденения Кумирного месторождения серебра (Северное Приморье) / В.В. Ивин, Е.И. Медведев, И.И. Фатянов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 3. – С. 85–91.

7. Кравцова Р.Г. Особенности состава самородного серебра золото-серебряного месторождения Роговик (Северо-Восток России) / Р.Г. Кравцова, В.Л. Таусон, Г.А. Пальянова, А.С. Макшаков, Л.А. Павлова // Геология рудных месторождений. – 2017. – Т. 59. – № 5. – С. 385–400. DOI: 10.7868/S0016777017050045.

### References

1. Sidorov A.A. Ore formations and metallogenic zoning of the Pacific Belt [Rudnye formatsii i metallogenicheskaia zonal'nost' Tikhookeanskogo poiasa]. Tikhookeanskaia geologiya. – Russian Journal of Pacific Geology, 2002, vol. 21, no. 3, pp. 3–13.

2. Ivin V.V., Medvedev E.I. Mineralization zoning mnogometal'nogo kumirnoe silver deposit (northern primorye) [Mineralogo-geokhimicheskie osobennosti polimetal'no-zoloto-serebriano Kumirnogo mestorozhdeniia (Severnoe Primor'e)]. Fundamental'nye issledovaniia – The successes of modern natural science, 2014, vol. 5, no. 8, pp. 1100–1106.

3. Stepanov V.A. Metallogeny of gold Primorye [Metallogeniia zolota Primor'ia]. Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta – Vestnik of Samara State University, 2012, no. 59, pp. 112–119.

4. Grichuk D.V. Otnoshenie kadmii i tsinka kak indikator vkladа magmaticeskikh fluidov v pitanii gidrotermal'nykh sistem [The ratio of cadmium and zinc as an indicator of the contribution of magmatic fluids in the supply of hydrothermal systems]. Moscow, Izdatel'stvo MGU, 2005, vol. 2, 82.

5. Faiziev A.R. Rudnoformatsionnye types of silver deposits of Tajikistan [Rudnoformatsionnye tipy serebrianykh mestorozhdenii Tadjikistana]. Izvestiia Akademii nauk Respubliki Tadjikistan – Journal of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan., 2015, vol. 160, no. 3, pp. 92–99.

6. Ivin V.V., Medvedev E.I., Fat'ianov I.I. Mineralization zoning mnogometal'nogo kumirnoe silver deposit (Northern primorye) [Zonalnost mnogometal'nogo orudneniia kumirnogo mestorozhdeniia serebra (Severnoe primor'e)]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia. – The successes of modern natural science, 2017, no. 3, pp. 85–91.

7. Kravtsova R.G., Tauson V.L., Pal'ianova G.A., Makshakov A.S., Pavlova L.A. Features of the composition of native silver of the gold and silver deposit Rogovik (North-East of Russia) [Osobennosti sostava samorodnogo serebra zoloto-serebriano mestorozhdeniia Rogovik (Severo-Vostok Rossii)]. Geologiia rudnykh mestorozhdenii. – Geology of Ore Deposits, 2017, vol. 59, no. 5, pp. 385–400. DOI: 10.7868/S0016777017050045.